

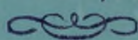




1.25
2/p 75

נחום בר. העלמאן

יאקאבזאן



29

Hadziemowskaja 2 kw 9

Anne Jakubowa

29

יסודי חכמת הטבע הכללית

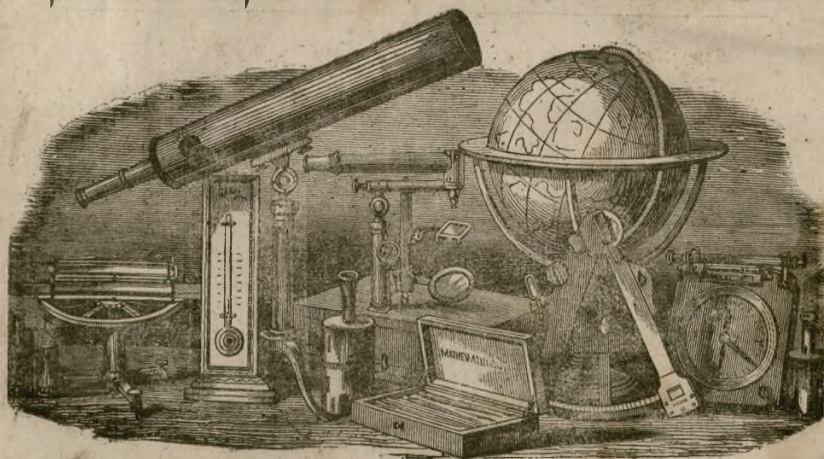
בשלשה סדרים

הסדר הראשון, יכלול חכמת הטבע הבחינת Experimentalphysik.
הסדר השני, חכמת הכעמי Chemie וחכמת מדידת היסודות הכימיים Stechiometrie.
הסדר השלישי, חכמת הטבע השמימית Kosmische physik. יכלול חכמת התכונה
וחכמת אותות השמים Astronomie und Meteorologie.

עם יוחר משני אלפים תמונות פתוחי־עץ בפנים הספרים

מאת

צבי הירש בחרב הג' מוהר"ר מאיר הכהן ראבינאוויץ.



וויילנא

ברפוס של ר' שמואל יוסף פין, ור' אברהם צבי ראזענקראנץ.

שנת תרכ"ז לפ"ק

ІЕСОДЕ ХАХМАТЬ ГАТЕВА ТАКЛАЛИТЬ

т. е. Общія основанія естествовѣдѣнія. Томъ І.

ВІЛ Ъ НА. Въ типографіи С. І. Фина и А. Г. Розенкранца 1867.

Дозволено Ценсурою 21 Декабря 1865 года Вильна.

ש"כ 1100
מחשבות
ספר

יסודי חכמת הטבע הכללית

ספר

המנוחה והתנועה

יכלול בקרבו

יסודי חכמת המעכאניק וחכמת השמע

לתועלת המתחילים בחכמה מבלי עזרת מורה וגם החכמים יוסיפו לקח.
ללמד לאחי בשפה הקדושה חכמה ותבונה, למען דעת כל עמי לשפוט מפעולות
היצורים על חכמת יוצרם הבלתי תכליתית.

מהדפנו ו מעשיר ו יהיה גלם בחכמה עשית (תחלים קיר)
יהיה בחכמה יסד ארץ פלגן שמים בתבונה (משלי ג')

מאשר ומקום על ידי המיניסטר אשר להשכלת העם אחר בקרת חכמי הקאמיטעט
לבקר ספרי החכמה, ובהסכמת החכמים המפוארים הפראפעסארען באוניווערזיטעט
של הקיסר ירום הודו, בסיס פעטערסבורג.

עם שש מאות וחמש תמונות פתוחי עץ-מצוירות על מקומן בפנים הספר

מאת

צבי הירש בחרם ה"י מוהר"י מאיר הכהן ראבינאוויץ.

חבר לחברת סרי-ההשכלה בישראל שבירוסיא, מושבה בס"ט פעטערסבורג.

ІЕСОДА ХАХМАТЬ ГАТЕВА ГАКЛАЛИТЬ,

т. е.

О Б Щ І Я

ОСНОВАНІЯ ЕСТЕСТВОВѢДѢНІЯ

ТОМЪ I.

КНИГА ПЕРВАЯ.

Статика, Механика, Устройство

машинъ и Акустика,

ДЛЯ САМОУЧЕНІЯ.

СОСТАВЛЕНО

Г. М. РАБИНОВИЧЕМЪ.

Съ 605 въ текстѣ печатанными политипажами.

יוסף חיים מוֹנֶה
אֶרֶנְד

העיר. תַּשְׁכֶּנֶת דֹּמ נֶה

לְכָבוֹד

חברת מרבֵּיהֶשְׁכֵּלָה בִּישְׂרָאֵל אֲשֶׁר בְּרוֹסִיא.

אֵיתָן מוֹשְׁבָה בְּבִירַת הַמְּלוּכָה ס"ט פֶּעֶסְעֶרֶסְבוֹרוֹן.
הַשּׁוֹקֶדֶת לְהַרְבוֹת חֲכָמָה וְדַעַת בְּעַמָּנוּ וְהַתְּאֻמָּצַת בְּכָל עוֹז לְהַדְרִיכָם
בְּמַעֲגָלֵי יוֹשֶׁר וְתוֹבוּנָה.

מִנְחָה הוֹבָאָה בְּרִגְשׁ תוֹדָה

מֵאֵתִי הַמַּחְבֵּר

הַחֶסֶד לְהַחֲכִירָה הַנִּכְבְּדָה הַזֹּאת

לְאֹת זִכְרוֹן הַחֶסֶד אֲשֶׁר עָשִׂתָּה עִמָּדִי לְהַמְצִיא לִי עֲזָרָתָה
בְּהַדְפַּסַּת הַסֵּפֶר הַזֶּה .

HÜLFSMITTEL UND LITERATUR DES ERSTEN BUCHES.

- 1) **Archimedes Werke**, übersetzt aus dem Griechischen von Ernst Nizze, Stralsund 1824.
- 2) **Archiv** von Roser und Wunderlich.
- 3) **Armengand**, der Mechaniker, Gotha 1862.
- 4) **Berichten** über die Fortschritte der physikalischen Gesellschaft zu Berlin.
- 5) **Berichten**, der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften.
- 6) **Bernaule** Vademecum des Mechanikers, Stuttgart 1857.
- 7) **Bernstein**, aus dem Reiche der Naturwissenschaft. Berlin 1855, 1856.
- 8) **Bertholet**, Naturlehre für Schulen. Leipzig 1859.
- 9) **Blindsell**, Akustik.
- 10) **Blot**, Lehrbuch der experimental-Physik, Leipzig 1829.
- 11) **Birnbaum**, die Begründung der ersten Kenntnisse in der Physik, Braunschweig 1841.
- 12) **Birenbaum**, Populäre Naturlehre. Leipzig 1848.
- 13) **Bequerel**, Populäre Naturlehre, Stuttgart.
- 14) **Blum**, Grundriss der Physik und Mechanik. Stuttgart 1862.
- 15) **Boltze**, Lehrbuch der Physik. Berlin 1866.
- 16) **Bothe**, physikalisches Repetitorium, Braunschweig 1860.
- 17) **Brewer**, Katechismus der Naturlehre, Leipzig 1865.
- 18) **Brix**, Lehrbuch der Statik fester Körper, Berlin 1849.
- 19) **Broch**, Lehrbuch der Mechanik, Berlin und Christiana 1854.
- 20) **Bunsen**, Gasometrische Methoden, Braunschweig 1857.
- 21) **Burg**, Compendium der Mechanik und Maschinenlehre, Wien 1849.
- 22) **Ohladnel**, Akustik, Leipzig 1802.
- 23) **Ohladnel**, Theorie des Klangs, Leipzig 1787.
- 24) **Ohladnel**, Beiträge zur Akustik, Leipzig 1817.
- 25) **Ohladnel**, Entdeckungen zur Theorie des Klangs, Leipzig 1807.
- 26) **Crüger**, die Physik in der Volksschule, Erfurt und Leipzig 1861.
- 27) **Crüger**, Schule der Physik, Erfurt und Leipzig 1862.
- 28) **Dellinghausen**, Versuch einer speculativen Physik, Leipzig 1851.
- 29) **Denkschriften**, der Berliner Akademie.
- 30) **Denkschriften**, der Kopenhagener Akademie.
- 31) **Dandorff**, die Naturlehre in ihrem ganzen Umfange, Quedlinburg 1825.
- 32) **Diekmann**, die Naturlehre in Katechitischer Gedankenfolge. Altona 1842.
- 33) **Dowe**, Repertorium der Physik, Berlin 1835.
- 34) **Duhamel**, Lehrbuch der Analytischen Mechanik, Leipzig 1858.
- 35) **Eisenlohr**, Lehrbuch der Physik. Stuttgart 1860.
- 36) **Emsmann**, Elemente der Physik, Leipzig 1862.
- 37) **Emsmann**, Physikalische Aufgaben nebst ihre Auflösungen.
- 38) **Etinghausen**, Anfangsgründe der Physik, Wien 1845.
- 39) **Fechner**, Repertorium der Experimental

- Physik, Leipzig 1832.
- 40) **Fischer**, Geschichte der Physik.
 - 41) **Fliedner**, Aufgaben aus der Physik, Braunschweig 1856.
 - 42) **Frankenheim**, Cohäsionslehre. Breslau 1835.
 - 43) **Frick**, physikalische Technik. Braunschweig 1860.
 - 44) **Ganot**, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, Leipzig 1858.
 - 45) **Gaus**, der physikalische Kinder- und Volksfreund, Weimar 1845.
 - 46) **Gehlen**, Journal.
 - 47) **Gehler**, physikalisches Wörterbuch.
 - 48) **Gerdling**, Schule der Physik, Hanower 1862.
 - 49) **Gerhard**, physikalischer Kinderfreund, Leipzig 1806.
 - 50) **Gerstner**, Handbuch der Mechanik.
 - 51) **Gilbert**, Annalen.
 - 52) **Grashof**, angewandte Mechanik.
 - 53) **Gren**, Journal der Physik. Göttingen.
 - 54) **Gröthe**, die Experimental-physik, Hagen 1850.
 - 55) **Hasenstein**, Blücke in das Reich der Physik.
 - 56) **Heine**, Leitfaden für den Unterricht in der Physik. Hildburghausen 1844.
 - 57) **Hessler**, Lehrbuch der Physik, Wien 1864.
 - 58) **Heilmholtz**, die Lehre von den Tonempfindungen.
 - 59) **Hellmuth**, Volksnaturlehre. Braunschweig 1855.
 - 60) **Herschel**, Einleitung in das Studium der Naturwissenschaften, Leipzig 1836.
 - 61) **Hlertzel** und **Gretschel**, Jahrbuch der Erfindungen, Leipzig 1865.
 - 62) **Heusse**, die experimental Physik.
 - 63) **Huber**, Grundriss der Technischen Naturlehre, Stuttgart 1860.
 - 64) **Huber**, Mechanik.
 - 65) **Humboldt**, Ansichten der Natur.
 - 66) **Humboldt**, Cosmos.
 - 67) **Ide**, System der reinen und angewandten Mechanik fester Körper.
 - 68) **Jolly**, Principien der Mechanik, Stuttgart.
 - 69) **Kahl**, Aufgaben aus der Physik, Leipzig 1862.
 - 70) **Karsten**, Enciklopedie der Physik.
 - 71) **Karsten**, Lehrgang der mechanischen Naturlehre, Kiel 1851.
 - 72) **Kastner**, Archiv.
 - 73) **Kater** und **Lardner**, Lehrbuch der Mechanik.
 - 74) **Kries**, Lehrbuch der Physik, Jena 1835.
 - 75) **Krist**, Anfangsgründe der Naturlehre, Wien 1864.
 - 76) **Koch**, Versuche und Beobachtungen über Geschwindigkeiten der verdichteten Luft. Göttingen 1824.
 - 77) **Kopp**, Lehrbuch der Physik.
 - 78) **Koppe**, Anfangsgründe der Physik.
 - 79) **Kottenkamp**, die Mechanik und die Elemente der praktischen Maschinenkunde, Stuttgart 1846.
 - 80) **Kottenkamp**, die Hydrostatik und die Hydraulik und die Pneumatik, Stuttgart 1846.
 - 81) **Kunzek**, Lehrbuch der Physik, Wien 1864.
 - 82) **Lautschlägger**, Figurentafeln zur Physik, Darmstadt 1842.
 - 83) **Liebeg**, Annalen.
 - 84) **Lichtenberg**, Magazin der Physik.
 - 85) **Lukenbacher** und **Kohl**, die Schule der Mechanik und Maschinenkunde, Leipzig 1865.
 - 86) **Masius**, die gesammten Naturwissenschaften, Essen 1860.
 - 87) **Melsner**, die Areometrie, Wien 1816.
 - 88) **Melos**, Naturlehre, Leipzig 1843.
 - 89) **Mobius**, Lehrbuch der Statik, Leipzig 1837.
 - 90) **Moll**, die reine und die angewandte Elementar, mechanik. Braunschweig 1855.
 - 91) **Moll und Reuleaux**, die Festigkeit der Materialien.
 - 92) **Moll und Reuleaux**, Constructionslehre für den Maschinenbau.
 - 93) **Monge**, Anfangsgründe der Statik.

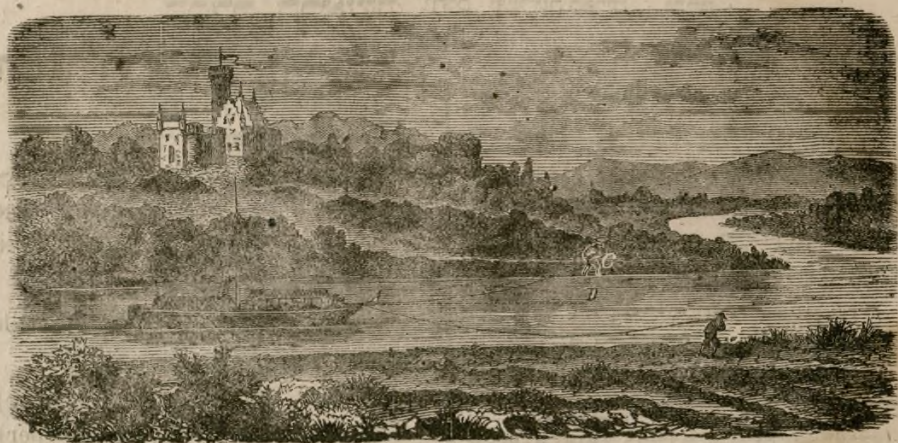
- 94) **Müller**, Lehrbuch der Kosmischen Physik. Braunschweig 1861.
- 95) **Müller Poulet**, Lehrbuch der Physik und der Meteorologie, Braunschweig 1861, 1862.
- 96) **Müller Johan**, Mathematischer Supplementband zum Grundriss der Physik, Braunschweig 1860.
- 97) **Müller**, Grundriss der Physik und der Meteorologie, Braunschweig 1862.
- 98) **Nelmann**, Lehrbuch der Physik, Wien 1818.
- 99) **Nirenberger**, Natur und Gewerbswissenschaftliche Berichte, Kempten.
- 100) **Oerstedt**, der Mechanischer Theil der Naturlehre, Braunschweig 1855.
- 101) **Oronsio de Bernardis**, Lehrbuch der Schwimmkunst, Weimar 1797.
- 102) **Otto Ulle**, Populäre Physik. Leipzig 1865.
- 103) **Oswald et Marbach**, Physikalischer Lexicon. Fortgesetzt von dr. Cornelius.
- 104) **Parrot**, Naturkunde. Dorpat 1816.
- 105) **Poggendorfs**, Anallen.
- 106) **Poppe**, Allgemeine experimental Naturlehre.
- 107) **Pressler**, Mees knecht und sein Praktikum. Braunschweig 1862.
- 108) **Rappoth**, über Rundgewobene Seile, Tübingen 1725.
- 109) **Redentbacher**, Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaues. Mannheim 1852.
- 110) **Redentbacher**, das dynamiden System, Mannheim 1857.
- 111) **Reich**, Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde, Freiberg 1838.
- 112) **Sitzungs-berichte** der Wiener Academie.
- 113) **Schellen**, die Schule der elementar Mechanik und Maschinenlehre, Braunschweig 1860.
- 114) **Schödler**, das Buch der Natur. Braunschweig 1863.
- 115) **Scherling**, Grundriss der Physik, Leipzig 1862.
- 116) **Schllkum**, Physikal-chemisches Tassenwörterbuch.
- 117) **Schmidt**, Hand-und Lehrbuch der Physik, Giessen 1826
- 118) **Sömmering**, Abbildung des Menschlichen Hörorgans. Frankfurt 1806.
- 119) **Spiller**, populäre Physik, Berlin 1865.
- 120) **Swelgers**, Journal für Physik und Chemie.
- 121) **Scholtz**, Anfangsgründe der Physik, Wieu 1837.
- 122) **Stok**, Bilder aus der Naturlehre. Langensalze 1864.
- 123) **Türk**, die Erscheinungen in der Natur, Essen und Luisburg 1818.
- 124) **Vleth**, Grundriss der Physik, Zerbst 1847.
- 125) **Weber**, Wellenlehre, Leipzig 1835.
- 126) **Weert**, Haushalt der Natur. Lemgo und Detmold 1845.
- 127) **Westberg**, Grundzüge der Physik, Mitau 1852.
- 128) **Welsbach**, experimental Hidraulik.
- 129) **Welsbach**, der Ingenieur. Braunschweig 1860.
- 130) **Welsbach**, Lehrbuch der Ingenieur-und Maschinen Mechanik, Braunschweig 1860
- 131) **Wiener**, Grundriss der Welterdnung.
- 132) **Wolf**, Anfangsgründe aller mathematischen Wissenschaften. Frankfurt und Leipzig 1743.
- 133) **Wüllner**, experimental Physik, Leipzig 1862.
- 134) **Zach**, monatlicher Korespondent.
- 135) **Zölner**, die Kräfte der Natur, u. s. w. Leipzig und Berlin 1865.

Иосиф Хаимович
АРОНОВ

гор. Ташкент дом №

מודעה

PROSPECTUS.



אל כל אוהבי החכמה ואוהבי השפה העברית.

אחי ועמי!

השלמתי בעזרת ה' להדפיס את ספרי המנוחה והתנועה, הוא הספר הראשון מחבורי יסודי חכמת הטבע הכללית, בשפת קדש, ללמד לאחי דעת ותבונה, למען דעת כל עמי לשפוט מפעולות היצורים על חכמת יוצרם הבלתי תכליתית, כאמור:

מִהֲרֹבֹּוּ מַעֲשֵׂיוֹ יְהוָה קֹלָם בְּחִכְמָה עֲשִׂיתָ (תהלים קי"ד)

יְהוָה בְּחִכְמָה יִסֵּד אֶרֶץ כִּנָּן שָׁמַיִם בְּתִבְנוֹה (משלי ג')

מאושר ומקוים על ידי המינים טעם אשר להשכלת העם, אחרי שיוצא מכור הבחינה מהקאמיטאט לבקורת ספרי החכמה אשר אצל הדעפארטאמענט להשכלת העם.

יוצא לאור בעזרת המינים טעם, ובעזרת חברת מפציץ ההשכלה בין היהודים ברוסיה, ובעזרת האדון הנעלה הארץ ג'ניצבורג.

החבור הזה יחלק לשלשה סדרים ולשישה ספרים

הסדר הראשון חכמת הטבע הבחינית

(עקספרימנטאל־פיזיק (Experimentalphysik).

הסדר השני חכמת הכעמי (Chemie) וחכמת מדידת יסודות הכימיים

(סטעכי־מטריע (Stechiometrie).

הסדר השלישי חכמת הטבע השמימית (קאשמישע פיזיק (Kosmische Physik).

הסדר הראשון יחלק לשלשה ספרים, והמה:

(ד) חכמת תקוני המוכנות (מאשינענ-
לעהרע (Maschinenlehre).

(ד) חכמת השמע (אקוסטיק (Akustik), ויכלול: את משפטי הקולות
לכל אופני תולדותיהם והיא מוסדות החלק
הטבעי והלמודי מחכמת המוזיקא, ויבאר:
(ב) סבת תולדות הקולות וחוקי
תנועתם ממקום למקום.

(ג) חזוק הקול, רומי ועמקו,
ואופן מדידתו.

(ג) ערכי ויחומי הקולות המתאחדים
למערכה נעימה לתולדות הנגונים (אקקארדע).
(ד) תבנית כלי השיר לכל מפלגותיהם.
וכלי מולידי הקול ושומעי הקול אשר
להאדם (שטימס-אונד געהאָרְאָרגאַנע
(Stimm und gehörorgane).

הספר השני החום והאור (דיא

לעהרע פֿאָן דער
וואַרמע אונד פֿאָם ליכט (Wärme und
(Optik), ויחלק לשבעה חלקים, והמה:

(א) חכמת מדידת החום (טהערמא-
מעטריע (Thermometrie).

(ב) חכמת חשבון ומדידת כח
הקיטור, ותקון מוכנות ועגלות ואניות

הספר הראשון המנוחה והתנועה יחלק לארבעה חלקים.

(א) החומר והכחות (מאטעריע אונד
קראַפֿטע) ויכלול הסגולות הכלליות והפרטיות
אשר להגופים (אללגעמיינע-אונד בעזאָנְדֶרע
אייגענשאַפֿטען דער קארפּער).

(ב) חכמת שווי המשקל (סטאַטיק
(Statik), ויכלול:

(ב) חכמת שווי-משקל המוצקים
(סטאַטיק פֿעסטער קארפּער)
(Statik Fester Körper).

(ג) חכמת שווי משקל הנוזלים
(הידראַסטאַטיק (Hydrostatik).

(ג) חכמת שווי משקל האוירים
(אעראַסטאַטיק (Aerostatik).

(ג) חכמת התנועה (דינאַמיק
(Dynamik), ויכלול:

(ב) חכמת תנועת המוצקים (מעכאַניק
(Mechanik).

(ג) חכמת תנועת הנוזלים
(הידראויליק אָדער הידראָדינאַמיק
(Hydrodynamik oder Hydraulik).

(ג) חכמת תנועת האוירים
(פֿנעאָמאַטיק אָדער אעראָדינאַמיק
(Aerodynamik oder Pneumatik).

הספר השלישי (המאנגעטיזמוס
והעלקטריציטאט)

(Magnetismus und Elektrizität).
ויחלק לארבעה חלקים, והמה:

(א) חכמת המאנגעטיזמוס תכלול
את חוקי כחות ופעולות המאנגעטען הטבעיים
והמלאכותיים, אופן הולדת מאנגעטען
מלאכותיים, חוקי משיכת המאנגעט ונסיותיו
מול הצירים ומול האופק (אינקלינאציאן
אונד דעקלינאציאן Inclination und Declination). ותקוני הכלים למדידת
המאנגעטיזמוס, (מאנגעטישע---בוואלען
Boussolen) ולמצוא רוחות העולם על ידי
כלי מורה ציר הארץ (קאמפאס ompas)
ואופן מציאת עגול הצהרים על ידו ולוחות
נמית עגול הצהרים המאנגעטי למול עגול
הצהרים התכוני.

(ב) חכמת העלקטריציטאט,
(Elektrizität).

(ג) חכמת הנאלואניזמוס,
(Galvanismus).

(ד) חכמת עלעקטראמאנגעטיזמוס
(Elektromagnetismus) עם כל פרטי תקוני
הטעלעגראפיע (Telegraphie).

הקיטור (בערעכנונג אונד מעסטונג דעם
ראמפפראפטס פֿיר דיא מעכאנישע ארבייט
דער ראמפפמאשינען, לאקאמאטיווען אונד
ראמפפשיפטע) ומראכת צריפת הנוזלים
באש (דעסטילאטציאן Destillation).

(ה) מקורי החום (וואַרמע קוועללען)
וחום בעלי החיים (טהיערישע וואַרמע).

(ו) חכמת האור (אָפטיק) החוקרת
על חוקי התנועה הישרה אשר לקרני האור.

(ז) חכמת המראה (קאטאָפּטריק
(Katoptrik) או מחוקי חזרת קרני האור,
מהמראות הישירות והעקומות הגבגבנות
והנכובות (פלאני- קאָנוועקס- אונד קאָנקאָווע
שפיענעל).

ח חכמת הראייה (דיאָפּטריק
(Bioptrik), תכלול: חכמת שבירת קרני
האור (רעפראקטציאן דעם ליטס), חכמת
תקוני כלי המחזה (אָפּטישע אינשטרומענטע)
המקנים והמגדילים המקרבים והמרחקים את
ההבטה, ומתבנית עין האדם ועיני בעלי החיים.

ט חכמת הרכבת והפרדת קרני
האור או חכמת הולדת הצבעים (פֿאַרבענ-
לעהרע אָדער צערלענונג אונד צוואממענ-
ועטצונג דער ליכטשטראַהלען (Farbenlehre).

סדר שני ובו ספר אחד.

(Anorganische Chemie).

(א) חכמת הכעמא מנופים החיים
והצמחים (אָרגאנישע כַּעמא Organische Chemie).

(ב) חכמת העלקטראכעמא ופסילי
נאלואנא וציורי דונערא וציורי האור
והטעלעגראפיע אפֿען העלקטראכימיים
(עלעקטראכעמיע, נאלואנא - פלאסטיק

ספר ההרכבה והפירור יכלול את חכמת
הכעמא ומחולק לחמשה חלקים והמה:

(א) חכמת הכעמא הכללית
(אללגעמיינע כַּעמא Allgemeine hemie)
(ב) חכמת מדידת יסודות הכימיים
(סטעכיאָמעטריע Stechiometrie).

(ג) חכמת הכעמא מנופים הדוממים
(אנאָרגאנישע כַּעמא ,

דוגעראַטיפּיע, פּאַטאַגראַפֿיע, עלעקטראַכעמישע = טעלעגראַפֿיע . (Electrochemie) .

הסדר השלישי יחלק לשני ספרים :

לאַגִיע (Klimatologie) החוקרת מהתחלקות החום על פני הארץ לפי השתנות תכונת חלקיה באורך וברוחב, בגובה, במישור, בבקעה, ביבשה, באיים ובימים .

(ב) מדירת כובד אור הנשימה אטמאספֿאָרע, איהר דרוק אונד שטראַממונגען.

(ג) חזיונות המימיים (הידראַמעטעאָרע), יכלול חכמת מדירת ליהות האויר (Hydro= metrie) וסבת הולדת הרוחות והסופות ואופן מדירת כמות הגשם והשלג היורד על הארץ וכמות המים האצורים בהעננים, ומהולדת הטל, הגשם, השלג, הברד, והכפור .

(ד) חזיונות אוריים (ליכטמעטעאָרע), יבאר סבות צבע השמים, הקשת אשר בהענן, השמשים והירחים המתלולים ומהטבעות המקיפות לפעמים את השמש או הירח, ויתר אותות השמים המזהירים ברקיע .

(ה) חזיונות עלעקטריים (עלעקטרישע מעטעאָרע) יבאר סבות ברק ורעם וחזיונים ותקוני כלי מטה-הברק (בליטץ=אבלייטער) .

(ו) מאנגעמיוזמום הארצי . יבאר תבנית עגול־עקלתון המאנגעטיים (דיא מאנגע=טישען קורווען) ומהאור הצירי (פּאָלאַרליכט) .

הספר הראשון עולם ומלואו (ראם

וועלטאלל

(Weltall), או השמים והארץ, יכלול את חכמת התכונה (אסטראָנאָמיע Astronomie) והנעאָגראַפֿיע הלמודית והטבעית (פֿיזיקאַליש מאטעמאטישע געאָגראַפֿיע Physikalische Geographie und Mathematische Geographie) .

הספר הזה יחלק לחמשה חלקים, והמה :

(א) ראשי יסודות המדידה למדידת המרחקים בארץ מתחת ובשמים ממעל .

(ב) חכמת תנועת השמים (מעכאניק דעם היממעלס) .

(ג) חכמת הנעאָגראַפֿיע הלמודית והטבעית .

(ד) תכונת כוכבי צבא השמש (טאָפּאָגראַפֿיע דעם זאָנגענויסטעמס) .

(ה) תכונת הכוכבים הקיימים ונתיב החלב וערפלי המוהר (נעבעלעקקען) .

הספר השני אותות השמים (מעטעאָראָלאָגיע)

(Meteorologie) מחולק לששה חלקים :

(א) חכמת אקלימי הארץ (קלימאטאָ=

הספרים יורפסו בזה אחר זה מבלי הפסק, כל החפץ להיות מהפרענומעראנטען יודיענו במכתב, ואת המכתבים אלי ישלחו על אדרעססע שלי בדינאבורג או בוויילנא, ונא להודיעני את האדרעססען באר היטב למען אדע לנכון מקום תחנוני, שמו ושם עירו, ויורשם במספר הפרענומעראנטען אשר יורפסו בסוף הספר השני, ובצאת הספרים לאור אשלח לו בעד המחיר הקצוב על הוצאות פארטא שלו .

מי האיש אשר ירצה להיות סוכן לקבץ את הפרענומעראנטען ולמכרת הספרים

יפנה אלי במכתבו ואמלא את ידו לזה במכתב תעודה ואודיעהו בשם במכתב־העתים.

בצאת הספרים לאור אוקיר מחירם עשרים אחוז למאה (20 פראצענט) לעומת המחירים אשר נקצוב פה להפרענו מעראנמען, כי מספר העקומפלארען שאנכי מרפס לא רבים המה, וכבר קנה ממני 114 עקומפלארען כבוד המיניסטעריום שעל השכלת העם, ומאתים עקומפלארען החברה הנכבדה מפיצי ההשכלה בעמנו ברוסיא. וגם רבים המה אשר כבר באו על החתום בתור פרענו מעראנמען ומספרם עד היום הוא קרוב לאלף.

גם בארצות צרפת, פרוסיא, זאכסען, עסטרייך, באהעמען, אונגארען, גאליציען, מאלדוי, וואלאכיי, טירקייא, ואלגיר, אבקש לי סוכנים ובוכהאנדלונגען, ובקרוב אודיע אותם בשמותיהם למקומותיהם, ומי אשר ירצה להיות סוכן בחוץ למדינת רוסיא באחת הערים הגדולות, יודיעני נא במכתבו, וכל הקודם הרי זה משובח.

אחי ועמי! לא ארבה פה דברים להלל את החכמה, לספר רוב תועלותיה, כי אך למותר היא בעיני אוהבי החכמה באמת, ואך למחסור היא בעיני מורדי האור, ורק מתכונת ספרי אני: כי הוא דבר שוה לכל נפש גם למתחילים גם להכמים, לשונו נקיה וקלה, סדרו עולה ישר מהקל אל הכבד עד כי כל איש אשר יהנה בו בשום לב (מבלי לרלג ולפסוח מענין לענין) יבין את כל האמור בו מבלי כל מורה, ומבלי ידיעה קודמת מחכמת המאטהעמאטיק, ומחכמות אחרות, כי את כל דבר ודבר בארתי במקומו, ואך מעט מועד תבאנה בו תמונות אלגעבריות (אלגעבראישע פֿארמעללען), וגם במקום שתבאנה התמונות האלה הנאותות להחכמים שיבינו מדעתם שבתי ובארתי אותן גם במאמר, עד שתהיינה ידועות ומובנות גם למתחילים אשר זרו להם חקי המדידה והאלגעברא, ומבלעדי אשר יתבאר כל חוק וחוק מהחכמות הרבות האצורות בהספרים האלה על דרך העיון (טהעאָרעטיש), קראתי גם את הנסיון והבחנה (פֿערזוכע) לעזרה למען תהיה תועלת הספר הזה משנה, גם לחדר השכל גם להורות הלכה למעשה (פראקטיש) בחלכות הטבע (פֿיזיק) והעמיע.

את חכמת המעכאניק לכל ענפיה, וחכמת המוזיקא הטבעית (אקוסטיק) ובחכמת ההום, ביהוד להולדת הקישור ולתקוני מוכנות הקישור, ואת חכמת העלעקטריציטאט וביחוד בחכמת הטעלעגראפיע, הרחבנו מאד את דברינו.

הספר הזה נבחן בכור הבחינה בפקודת השר המיניסטער להשכלת העם מאת חכמי הקאמיטאט לבקורת ספרי החכמה, בצרף השרים הפראָפֿסאָרען מהאוניווערזיטאט של הקיסר יר"ה בסט' פעטערסבורג, ומצא חן בעיניהם ויהללו אותו אל כבוד המיניסטער, גם חכמי חברת מפיצי ההשכלה בעמנו מצאו אותו נכון לתועלתם להשכיל את העם במדעים מועילים.

גם היה הספר הזה למראה עיני אביר חכמי הטבע האדם הגדול ומהולל בכל קצוי תבל, א. בערנשטיין. הוא המחבר שנים עשר ספרי חכמת הטבע (אויס דעם רייכע

דער נאטורוויססענשאפטן) ועוד חבורים יקרים שנעתקו כמעט בכל לשונות עמי אייראפא הנאורים, ומצא הספר הזה חן גם בעיניו, כאשר יעידו השורים האחדים אשר כתב בכתב ידו, ולמען יבינם כל איש, העתקתי אותם מכתב אשכנזי לכתב עברי מבלי תוספת ומגרעת בלשונו.

הערר H. M. ראבינאוויטץ אויס דינאבורג, האט מיר איין העבראישעס מאנוסקריפט אין דריי באַנדע פֿאַרגעלעגט, וועלכע דיא גרונדציגע דער פֿיזיק דער כעמיע, דער אַסמאָמיע, דער מעמעאָראָלאָגיע, וויא זיא זיך געגענוואָרטיג ענטוויקקעלט האָבען, אין אויסעראָרדענטליכער ריינער אונד לייכט - פֿאַסמליכער העבראישער שפראַכע וויעדערגעבען.

דיא ארבייט איזט זאָ ווייט איך זיא צו פֿריפֿען געלעגנהייט האטמע מיר אלס נור זאָוואָהל מיט זאכקעננטנים וויא מיט טאַלענט דורכגעפֿיהרט ערשיענען. דיא העראויסגאבע דער זעלבען איזט אין זאָ פֿערען זעהר פֿערדיענסטליך אונד נימצליך אלס זיא דען יודען אין רוססלאנד אונד פֿאַהלען דיא נור דער העבראישען שפראַכע מאַכטיג זינד, דען וועג צור קעננטנים דער נאטור אונד איהרער ערשיינונגען באָהנט, אונד זיא זאָ מיט מאטעריעל וויא גייסטיג דעס שטאנדפונקט דער אייראָפֿיעשען קולטור אונד בילדונג נאָהער פֿיהרט.

אין אנערקענונג זאָוואָהל דער לייסטונג וויא דעס צוועקעס קאנן איך ניכט אומהיין דעס העררן ראבינאוויטץ דען בעסטען ערפֿאַלג זיינעס אונטער-נעהמענס צו ווינשען.

בערלין דען 24 יוני 1865

א. בערנשטיין.

בחדש אדר שנה העברה שלחתי מודעה עם שלשה מכתבי העתים בשפת עבר, וחודעתי שהחבור יסודי חכמת הטבע יהויק 125 באַגען או 1000 זייטען ברפוס, עם 750 ציורים פתוחי עץ (הקאָנסטנס), ואת גמר ההדפסה קצבתי על ר"ה תרכ"ז, אך ה' עצר בעדי ולא יכלתי להדפיסו למועד המובל (*), ועתה ת"ל הניח ה' לי מסביב וגמרתי

(*) סבת העכז היסה מחלת לוחזי ומטיבי כאב לי, ה"ה החכם הנעלה גם בחכמת הנדסה וחכמת הטבע היקר בלס הנגיד מהר יעקב יוסף ז"ל בן הנכיר הנכבד בנציון לעווינשטימס ל"י מליצוי, (הוא האיש אשר הטיב לי ימים רבים כאב המטיב לנו) ובעזרו היסה לי היכולת לכחז בע"ה את חבורי חוקות שמים

את ספרי המנוחה והתנועה והחלותי להרפים את ספרי החום והאור, ולא אבטל ברצות ה' עד גמר הרפסת הספר הששי, בשנה העברה קצבתי מקחו בעד 125 באגנן 4 ר"כ 60 קאפ', והנה באשר שכעת נתגדל החבור לכן אודיע כי להפרענומערנאנטען אשר כבר באו על החתום אתן 150 באגנן תחת 125 שהבטחתי לתת להם מבלי לבקש מהם שום הוספה, אבל אם יחזיק החבור יותר על 150 באגנן או יוסיפו לי בעד כל באגנן שלמעלה ממאה וחמשים באגנן $3\frac{1}{2}$ קאפ', ר"ל אם יהיה 160 באגנן יוסיפו 35 קאפ' והפרענומערנאנטען אשר יבואו מעתה ישלמו בעד כל באגנן $3\frac{1}{2}$ קאפ', מי האיש החפץ להיות חתום (מבקענט) על חבורי יסודי חכמת הטבע ישלח לי 2 ר"כ ויקבל את ספרי המנוחה והתנועה, ובצאת כל ספר לאור ישלח לפי מספר הבאגנן את המחיר אשר אקצוב במכתבי העתים לפי מספר הבאגנן, והמותר אשר ישאר עתה בידי ינוכה לו מהספר הששי, מספר הציוורים יהיה כעת לא פחות אלף וחמש מאות והוא כפול מכפי שקצבתי מספרם בהמודעה הראשונה, והוא: יען כי נשלמו בשנה הזאת כשמונה מאות ציורים מאשר הכינותים לחבורי הגדול חוקות שמים וארץ*) אשר ברעתי להוציא לאור אחרי כלות הרפסת החבור הזה.

כל הקונה ששה עקועמפ' ישלם רק בעד חמשה, והקונה עשרה ישלם רק בעד שמונה, והקונה עשרים-ישלם רק בעד חמשה עשר, הקונה ששה יוכל לקחת בפעם הראשונה רק שלשה עקועמפ' והשלשה הנותרים יוכל לקבל במשך שנה מיום צאתם לאור בשלמו או רק בעד שני עקועמפ', וכן גם הקונה עשרה יוכל לקבל ששה בפעם אחת בשלמו רק בעד חמשה, ואת הארבעה הנותרים יוכל לקבל במשך שמונה עשר חודש בשלמו או רק בעד שלשה עקועמפלארען, והקונה עשרים יוכל לקבל שנים עשר עקועמפ' בפעם אחת ולשלם רק בעד עשרה ובמשך שתי שנים יוכל לקבל את השמונה הנותרים בשלמו או רק בעד חמשה.

* רב תודות לכם אדוני החתומים אשר באתם בכתובים על ספרי עד היום (מספר הספרים

וארץ זכרה לו אלהי לעזבה!) ובשצילו הוכרתי להצטל מהדפוס יותר מששה חדשים, אולם צעתי ההיא כתבתי טעפות רבות על חבורי ועל כן נגדלו הספרים מאלו מאשר לפי המודעה משנה העברה.

(*) הוא חבור גדול למאד כולל עשרה ספרים גדולים ככל מפלגות חכמת הטבע, ועוד ספר אחד אשר פי יקבנו בשם אולם המדעים השיעורים, והנה חבורי זה נגמר כעת עוד קודם חבורי יסודי חכמת הטבע, אך מפאת ההוצאה הרבה העולה להדפסת אחד עשר ספרים שכמות כל אחד מהם הוא כמות ספר המנוחה והתנועה הזה, וגם בסבה ליכותו כי הוא חובר למצויים בחכמת השיעור, לכן שמעתי לעצם החכמים האדירים הלא המה אלופי ומיודעי הרב החכם הנעלה בצורה ומדעים הדאקטאר בפילוסופיה הנביד לאחיו כש"ח מהו' יוסף וייבערלינג נ"ו, והפראפעסאר באלווינעוועיאט של הקיר"ה בסט' פעטערסבורג הדאקטאר חוואהלסאָהן אשר יעזוני לזכר את חבורי זה הנעיר על פי אחיו חקות שמים וארץ הגדול ממנו כמותו וליכותו.

שמכרתי עד היום הוא כאלף) ובקשתי שתעוררו גם את אחיכם לקנות את חבורי, וביחוד
 אבקש זאת מרבני הגלילות (קריין רמבינע) וממשגיחי ומורי בתי הספר, ובכלל מכל המשכילים
 אשר החכמה בכלל וחכמת ישראל ביחוד יקרה בעיניהם וגם מאלה שיתכבדו לקבל
 את ספרי במתנה מהחברה הנכבדה מפיצי ההשכלה בעמנו ברוסיה לעורר איש איש בעירו את
 אחיהם העשירים לקנות חבורי, למען אוכל למחר את מעשי ולהדפיס את יתר חבורי על חכמות
 מחקרי ארץ (גסקאגיס), חכמת החיות (פיוקאגיס), חכמת החיים (גסקאגיס), וחכמת
 המחצבים (ווינקאגיס) אשר אתי בכתובים, העבודה רבה למאד מאד ואנכי עומד ומנצה
 על עושי המלאכה מבוקר ועד ערב בבית הדפוס, ואני תפלה שלא יהיה עמלי לריק
 ויתרבו הקונים והקוראים ותגדל החכמה.

המחיר אשר קצבתי לספרי מצער הוא בערכו, כי רבה מאד הוצאת הצוירים והדפוס, כי
 הרבה צוירים ימצאו פה אשר מחיר כל אחד מהם הוא יותר מעשרה ר"ב. וטענה יבין כל
 משכיל את ההוצאה הרבה שעלתה לי להכנת 1500 צוירים, ולולא כבוד הדיניסמער
 וחברת מרבי ההשכלה והגבירים הנדיבים שתמכו בידי, לא היה ביכולתי להוציא
 את המפעל הזה למענהו.

הצוירים המה מעשה ידי אמנים* נפלאים, יפים וברורים כאשר תחזוה עיניכם,
 עשויים בתכלית הדיק ללמד להשכיל את תבנית ותכונת הרברים אשר יורו עליהם,
 הנייר הוא טוב, ומעשה הדפוס גם הוא בתכלית ההדר, כי ידידי המדפוסים לא
 יחסו על עמלם וכספם, וישתדלו בכל מאמצי כחם לפאר את מלאכתם, גם יצקו
 אותיות חדשות למעני, וזרה להם אלהי למוכר על כל החסר אשר יעשו עמדי ועם
 החכמה.

ווילנא ר"ח אדר ראשון תרכ"ז.

צבי ראבינאָוויטץ.

חבר לחברה הנכבדה מרבי ההשכלה בעמנו ברוסיה (ויטקבייטשכ חונד קאכענסקאגיס).

האדרעסע שלי

Гиршъ Рабиновичъ въ Динабургѣ. H. M. Rabinowitz in Dinaburg, Russland.

(*) חד מנהון הוא האנך אמן נפלא המשכיל במלאכת התקופה כסוד' נתן נטע מץ.

מכתב*) ירד נפשי הרב הגדול הנודע בשערים בתורתו וחכמתו כש"ת מה' מדרכי פלונגיאן נ"י.

ירד נפשי חכם לבב ואביר המדעים כו' כבוד ש"ת מוה' צבי הירש ראבינאוויטש נ"י.

תחזקנה יריך, ועשה חיל בישראל, ידיד יקר! האלל גם עליהם מרוח המדעים, ויאירו פניהם, אשריך כי נפל לך לחבל מנעימי המדעים ואורח אבותינו מעולם שמרת ללכת, כי מאז החלה הרוח לפעם בקרב ישראל, היתה לנו מערכת השמים והאדן לעינים, ואם תקומיהם חקרו לדעת ויהגו בהם, ואני חלג על דורות ימי קדם, בעת אשר נפרץ החזון בישראל — אף כי רבים חקרו לגלו לנו את המדעים האנוניים בדברי נביאי ה' — ואשוחח בספרים אשר חכמה סופריהם גלויה לכל עין רואה.

הן כל איש אשר פרש רדיו לשחוח במי התלמוד ומדרשים ימצא אותם נאמנים כי רז"ל שלטו בכל המדעים כפי המצא אשר היה צמיחה, ועל סעיפים שונים נדפסו ספרים שונים לבאר דבריהם, כמו ספר עומק הלכה לר' יעקב קאפיל צמחה שמואל על כל חשבונות ודברים קשים שבש"ס עם הזוירים הנזכרים (קראקא ש"ח) [ונכדו הרב בעל ישועה בישראל מזכירו פעמים רבות בספרו [זבדן ז' ע"ב משיג עליו ואומר «אף שאינו כלי לחלוק עליו ובפרט שהיה חוכן גדול ופילוסוף חלקי»]. ספר רבקה שמואל לר' שמואל בר בנעז הלוי (אמ"ד חע"ד) נספה בסופו חלק ברכות בחשבון לבאר דברי רז"ל הדורשים מדעי החשבון להבנים בית דוד להרב הג' ר' דוד חיים קורניאלדי על משניות אמסטרדם ח"א, נוסע במדעים בספרו, הגאון בעל נצח ישראל (פסד"א חק"א) חשף זרוע חזונו לגלות בספרו כי נאמנו דברי רז"ל במדעי החשבון וטכונה. ובדרך הזה דרך גם מהר"ל מרגליות בספרו קרבן ראשית, וכן הגאון בעל עשרת ראש (אמ"ד חק"ו). עשרת שאול על חולין ווילנא תר"ב ועוד רבים**). ויש מן הדרשנים אשר נשענו על דברי רז"ל. נשענו במדעים לנשת אל דבריהם. כמו ספר נפוצות יהודה להגאון מוה' יהודה בר יוסף מוסקאטו כלל בדבריהם מדעים רבים וגם חכמת המוזיקא בתוס' (וויניץ ש"ח). תפארת ישראל לר' שלמה בר אבא דוראן, ששה דרשות כלולים משבע חכמות (וויניץ). ורבים הם המהגרים אשר מערכתם היא דברי רז"ל ובמפתחות המדעים נשענו לפתוח את השערים הסגורים ולבוא בקרבם. כמו ספר משה רן אורי השני (לאחרון חע"ד). ס' מנחת כהן לפיינטייל אמסטרדם ח"א. בעל אמונת חכמים (מנעוזה ח"ק) והגאון בעל חוות אביר בחשבונותיו ובספרו חומת השני. ובחשבונות מעיל צדקה (חק"ו). נספה בסופו קונטרס מן ספרי אקלידוס וחבריו וז"ל «והא לך קונטרס אשר יעדיתי בחשבונותי מלוקט מן ספרי אקלידוס וחבריו צורך גדול לתורתנו חכמה מקומות». ורבים תלו שלטניהם על דברי הרמב"ם ומשם שלחו אור גם על דברי רז"ל. כמו רלב"ה על קדוש החדש (ש"ח). ישועה בישראל לר' יהונתן צמחה יוסף מליטא (פסד"מ ח"א). מרבבת המשנה על הרמב"ם (חק"א). נאווה קדש לר' שמעון בר נטע (ברלין חקמ"ו). יראת שמים (דעסוי חק"א). חמס ע"ב הוא מאד מספר המהגרים אשר כתבו חזורים נבדלים בכל סעיפי החכמות וגם שניות הבונים בעת אשר השנים נרות רבות ורעות, רעב עוני ותסר כל, כלכלו נפשם בלחם שמים ובדגן החכמה. כן הדבר כי אבותינו מעולם הוקירו חכמת תורתנו חכמה אשר אין לזרים חלק בה, על חכמת חבל חבל כל בני אדם. ובגלל זה ספרים רבים מסעיפי המדעים אבדו, הרקב כלם ועלו בחורב, וזכו ברייתא מ"ט מדות דר' נתן וברייתא דשמואל***). שנסדו על חכמה כאשר גלו לנו המבקרים אחרי אשר חשפו ומלאו זכרונם ושליחיהם בספרים אחרים והמה לבדם

(*) חוקן המכתב הזה הוא להראות לכל כי בכל דור ודור לא אלמן היה ישראל מאנשי סג ומניני מדע אשר הגו בחכמות ותבנו בה ספרים רבים ויקרים.

(**) ראוי לזכור גם את הספר היקר באר היטב להר"ג החכם גם בחכמה האלגנצרי ר' אריה מ"ץ דק"ק מינסק, כי כל מקום שזכרנו הרב הזה כהלכותיו לחשבון ושתמש בחכמת החשבון והאלגנצרי, הספר הזה יאיר בעת צמח"ד של ר' שמואל יוסף פיין, ור' אברהם צבי ראזנקאנאן בוויילנא תרצ"ז.

המחבר
(***) הכרייתא חולת נמלאת כבר ונדפסה זה פעם שנית בוויילנא בשנת ה'ת"ת שנת תרצ"ז בדפוס רש"י פיין ואלעזקאנאן המחבר

כלו ונאספו. וכן ספר תחבטוני לר' שנהי דשלי הרופא וספר מלכים לר' קלוימוס
 בר מאיר המדבר מחכמה משכורה והגדה, וכן הספר קרית ארבע לר' מנחם בר
 משה רבא כולל כל החכמות, אלקות, למודיות, טבעיות, מורניות ארבעה חלקים מזכר בהקדמה
 ספרי בית מועד, ירושת ים על דקדוק ומשכורה לבעל מלא רצון, וכן הספר בשבת לר' מקדיהא אשר
 המחבר כלל בו (כפי עדותו) כל מדעי חבל והרמו בהלכות על כל ספריו אשר הוציא לאור, ועשה לא
 נודע איהו, ומי יודע כמה ספרים אבדו ואין זכר למו עוד. (ובכל זאת לא מנער הוא מספר הספרים הכתובים
 בעיני המדעים, ולא ראו אור הדפוס עדנה, ואני ידעתי כי לקרא בשם שמו הכתבי יד כד מאל, כי
 לפעמים יש שני שמות לספר אחד ופעמים לשני ספרים שם אחד, והמרים לא ימלט משגיאות. אבל
 לנו יספיק המעט אשר אקבץ פה. ואם לא חנקה משגיאות, לא כי הוא האשם. והנה לא אמנה פה ספרי
 הרסאות אשר רבו מאד בין הכתבי יד ובין הספרים הדפסתי, אף כי גם חלקם הוא בחכמה הטבע; כי
 די לנו להגיד אשר כשנע מאות שנה שלטו רק היהודים לבד בחכמה זו, וגם לא הספרים המדברים מפילוסופיא
 העיונית כי כבר חדל לה להיות עדנה בימינו אחרי כלותה. וגם לא מערך ספריך הוא, וגם לא אמנה פה
 ספרי הראב"ע ומרעיו אשר עשו למו שם בדרך, כי רבו מאד והמכתב יגיע לספר, ורק במקום אשר להשיס
 אחרים בדרך דבריהם יזכרו פה בגלל המבאר, ואלה המה:

- (1) צורת הארץ לר' אברהם בר חייה הנשיא.
- (2) יסוד עולם וצורת הארץ לר' אברהם בר חייה.
- (3) קדוש החדש להרמב"ם עם הזיורים מבוחרים
 מאת הנאון מוה' שמעון כנך.
- (4) גיא חזיון לר' אליעזר החזון חבור נעים בחכמה
 אינפנטיוס ע"י ר' אברהם בר חייה נחבז
 לערך שנה ש"ס.
- (5) מספר חשבון הכוכבים לר' אברהם בר חייה
 הספרדי.
- (6) הגהות להנאון מוה' חיים ליסקר לספר הגלגל.
- (7) צורת הארץ לר' אברהם בר חייה הספרדי.
- (8) קצור קדוש החודש עם הגהות שהוצאו מארץ
 ישמעאל והאורות התיכס לזה.
- (9) קצור צורת הארץ לר' יהודה הנשיא.
- (10) אבן אלחסין לאבן סינא על אף וכו' כוכבים
 התיכס ומדעים עד היום.
- (11) שש כנפים על תבונה לר' עמנואל בן יעקב
 עם פירושים שונים.
- (12) כנפי נשרים לר' עמנואל בר יעקב בעל שם
 כנפים. לוחות התבונה ומולדות.
- (13) ספר העבור לר' אברהם בר חייה הספרדי
 ג' מאמרים. הא' על יצירת שמים וארץ והגלגלים
 והלכות. והב' מהחדשים ומשנת הלכנה ותשבון
 המולדות וקביעות המועדים. השלישי משנות החמה
 והתקופות. וברשימה ספרי רד"א מונה עוד ששה
 ספרי עברונות ויש מהם עם זיורים נאים ולוחות.
- (14) לוחות התבונה לר' יחזקאל בן סיד. ויש
 פירוש לזה עתק מר' משה סקרית יעריה.
- (15) לוחות התבונה לר' יחזקאל בן שלמה בן
 חלמוני.
- (16) לוחות התבונה לר' יעקב בן מכיר.
- (17) רבע ישראל לר' יעקב הזה על תבונה
 והוכחים.
- (18) לוחות התבונה לר' עמנואל בן יעקב.
- (19) חמש עשרה מאמרי אקלירוס אשר העתיק
 ללשון עברי ר' משה אבן חנון נכתב ע"י
 ר' יהודה שם של"ד ור' אברהם בן רש"י עשה פירוש
 על התשכורה.
- (20) גם העתיק לוחות אלפרנני.
- (21) גם מאמר עולם קשון.
- (22) העתקת קיצור שמע הטבעי.
- (23) העתקת אקלירוס ואספקליוס.
- (24) אותות השמים לאריסטו עם באור אבן
 רש"ד העתק ר"ג אבן חנון.
- (25) מדרש החכמה לרבינו יהודה בר שלמה הכהן
 מפוליומלה. כולל העתק ס' הטבע ובעלי
 החיים לאריסטו. (וברשימה רד"א ימצא ג"כ עם ביאור
 אבן רש"ד ברלי היסודות לאקלירוס. תשובה
 המחבר להקיסר פרידריך על שאלתו בהגדה ותשובה
 הקיסר אליו. ס' אלמגסטי של תלמי. ובסדר הדורות
 כתוב בזה"ל מדרש החכמה ר' יהודה הכהן בן
 שלמה מפוליומלה ס' על ספרי אריסטו ופילוסופים
 אחרים. וס' אלמגסטי וזו היא חכמת המלודים
 חכמת המספר וגומטריא ומויקא ותחבולות והכנה
 והרמז הכוכבים. וחכמת הגלגל ותלך המעשה. גם
 ס' על איזה מקומות מפ' בראשית תהלים משלי
 ובהקדמה מביע שלא יעתיק כ"א מי שמבין הכל.

- (26) משפטי הכוכבים לר' יהודה בר שלמה הכהן מסוליסולה.
- (27) השמים והעולם ספר נפלא בחכמה הפעם ומחברו לא נודע.
- (28) תקופות השנה לר' שלמה די אלוויכה לחשב חדשי הלנה עם חדשי החמה. כל חלקי העולם מהגלגלים עד היסודות. לוח מזג כל המלכיות ומדינות הישוב ולוח מכל שנות העולם וכללי החשבון בקינור.
- (29) מכלל יופי מספר החכמה לאלכסנדרוני.
- (30) תולדות הי"ג מאמרים מאקלירוס ותולדות מאמר י"ד וש"ו לאספלקליוס.
- (31) באור על י"ג ספרי אקלירוס לחכם אחד מסוליסולה.
- (32) תכונות השני קיום לר' יצחק במוס' אליהו במה' אהרן הכהן.
- (33) עוד באור ע"ז מר' משה פארווינאלי.
- (34) מאמר בנובה כל דבר.
- (35) ספר הכדור לקסם בן לוקא ס"ה שערים ופ' הכדור.
- (36) ספר הכללים בחכמה המספר מכ"ר' שלמה גליקו. ר"ע.
- (37) אגרת התכונה לר' אליהו בר יצחק ממספרי כפולני. ר"ל.
- (38) אלקושי מהחכם ר' יעקב בר שמעון ספר גדול ויפה בתכונה מסודר לארבעה עשרים. ול"ק הוא לרבינו שמעון תלמיד רש"י.
- (39) ספר האסטרונום הוא בחכמה האפקטנום ס' יפן עם פ' ראב"ע נחלק לששה שערים בחכמה ומעשה כלי המצבים.
- (40) כלי הרובע בכלים וזיוורים לחכמה האופטיקה וביאור לס' האצטרולוב מהחכם המכונה בשון הוהרי פרשניו יהודי ממרשיליא.
- (41) מעשה כלי הנחושת בענין חכמה הכוכבים וכלי המצבים עם החמוות לר' ירמיהאל בן שלמה.
- (42) אשפירה ומראה אופנים לר' שלמה אברהם אבינודור. תכונה והמלך גלגלים עם הגהות מוס' מחתיו במו' שלמה דלאקראט. גם העתיק
- (43) ספר על תכונה הנקרא פנים במשפט.
- (44) ספר הגלגל הנקרא אשפירה עם הגהות בעל מנוח הלככות.
- (45) מראה אפור ר' פריפאט דורלן.
- (46) המיאורקא הנקרא מהלך הכוכבים עם פ' הגלגל ר' משה איסרליש מקראקא (הרמ"א).
- (47) מהלך הכוכבים על חכמה התכונה עם הזיוורים עם פ' רמ"א ור' חיים ליסקער.
- (48) פ' על חירות אבן עזרא עם מופתים הנדסיים להגלגל מוס' מאמרים חיות משראנ.
- (49) מעשה חושב לר' יצחק אלחננעל על חשבונות ועברונות.
- (50) בן ארבעים לבינה על תכונה לר' אברהם זכותא ועוד ספר קצב על תכונה הנקרא בשם תכונות זכות.
- (51) נתיב חכמה בחכמה התכונה עם לוחות לר' מרדכי פינלי.
- (52) מלאכת המספר לר' בר משה עלי הספרדי. שערים נכבדים בתכונה לר' לוי בר אברהם הנספח לכ"י הראב"ע המולדות והמנחמים והעולם.
- (53) יסודות התכונה ערבי ועתק לעברי ע"י ר"י בר שמעון.
- (54) כתר תורה לר' דוד בר שלמה הכושא מסיני ויודעל ויש בו גם עברונות.
- (55) אגרות חמודות ופ' הצופים להרשף חיים מקיאי.
- (56) מאוני צדק על עברונות.
- (57) כל החיים חבור גדול מלא ר' שמואל הלוי סולל פצעי כל בעלי חיים.
- (58) פ' מלות זרות לר' אלי' אלפנטי הספלי בן אלקנה עם מבחש אלי' על תכונה.
- (59) ספר על שני הימים נעם אלל כל חומות וסנות לקוי המאורות וכוני לכת.
- (60) חכמת המספר והוצאת השרשים המרובעים ומעוקבים בדרך קל ולעשות לוחות מזה.
- (61) צלמות הארץ ג' חלקים כולל ל"ה שערים עם זיוורים. הא' מכריח העולם והגלגלים ושבע חכמות ושבע ב"א וחיות ובו י"ד שערים. הב' מחלוקת הארץ לאקלימים וד' חלקי העולם ומשכנה ישובים והאיים והימים והנהלים מיני חיות וזכריהם הנמלאים בתקומות מושבותיהם ואורך ורוחב המדינה לחלקים. הג' ב' שערים מתכונות השמים בכלל ופרט לכל כוכב מראיתו גדלו וערכו ומהלכו בזיוורים נפלאים.
- (62) ספר הצמחים לאריסטו נעתק ע"י קלוינימוס בן קלוינימוס בן ר' מאיר.
- (63) ספר פילוסופיא כולל וא"ו ספרים ע"ד שו"ח הגיון, הפעם הנפש, הפעם ב"ה, היסודות, והעולם, והנמלאים.

- (66) ספר הפרי לנעלמיוס עס פי' אבו געפי
אחיד בן יוסף בן אברהם נעמק ע"י
ר' קלונימוס ללה"ק שנת ע"ד.
- (67) ספר היסודות לר' יוסף סוד הפילוסופי והפנע.
(68) יסודי תורת משה על י"ג עקרים ספר
גדול לערך אלף דפים מזה' בנימין וואלף
ליטמרי'ן כולל גם חכמות למודיות טבעיות כו'.
- (69) עיון העקרים הנדסי עם יצורים ופי' נעמק
ע"י ר' שלום בר יוסף ענני.
- (70) פרשת החדש על הלכות קדוש החם
לרמב"ם מהגאון בעל חו"ט.
- (71) תכונת ההיים נעמק מלשון למיין ע"י בעל
המחבר חזק הכניז, ס' יפה מדבר בגלגלים
ובתכונת השמים והעולם והכוכבים.
- (72) תכונת המורד מדבר בתכונה ובמולדות
מרכיו יחיאל.
- ולא אעצרך עוד בין הכתבי יד ואציג מול עיניך ספרים לא מעט אשר וכו' לראות אור הדפוס
- (12) עשר יריעות יחיאל בן ראובן חיקון מולדות
ותקופות והליכת הגלגלים וכל השערים לעשר
שים (רנ"ו).
- (13) אגרת ארחות עולם לר' אברהם פריזול
(רפ"ח).
- (14) שביילי אמונה (שי"ק).
- (15) עבור שנים לר' יששכר ב' מדרכי סומאן (של"ח).
- (16) תיקון יששכר שושן לחשוב עברות.
- (17) נוה שלום לר' אברהם שלום בר יצחק כולל
מכל החכמות טבעיות אלקיות וקבלה (של"ה).
- (18) יד תרוצים לר' אברהם בן יצחק זהלון ספרדי
עברות (שט"ו).
- (19) צמח דוד להרופא ר' דוד מעיר ספליטי
וכלול בו טבעי האברים (שמ"ו).
- (20) שלטי הגבורים לר' אברהם ב' דוד משער
אריה מדבר מן חכמת המוזיקא ומערכות כלי
השירים, מעבדי חיות ועופות ועוד הרבה מן
חכמות ושנבות (שע"ב).
- (21) ספר אלים ליש"ר מקדישא המלא מדע
וחכמה בכל חלקיו (אמ"ד שפ"ט).
- (22) שארית יוסף, לר' יוסף בן ישועה חשבון
עברות ולוחות דרך שיר עם פי' ר' דיאל
כן (של"ח).
- (23) עובר לסוחר ר' מנחם זיון פורעא ללמוד
חכמת החשבון (שפ"ז).
- (24) אגרת בעלי חיים (שי"ו).
- (1) ספר צורת הארץ וכדור הקרקע לרבינו אברהם
בר חייל הנשיא דפס בשנת ש"ו ואל"ו ח"ס
באופינאך עם האספירא הגדול עם פי' ר' שלמה
דלאקרוט עם יצורים והגאון בעל הלבוש חבר
באור יפה עליו (לובלין של"ה) וכן הרב בעל
ישועה בישראל כחב באור עליו.
- (2) שער השמים לרמב"ם בחכמת הטבע (ויניציאה ש"ז).
- (3) מאסף לכל המהנות אסיפת כל החכמות
והידועות לר' שלמה אלמולי (רנ"ב).
- (4) ספר מלכים לר' קלונימוס בר מאיר על חכמת
הנדסה ותשבורת (ה"א ל'). ?
- (5) אגרת רמב"ם בעניני כוכבים ומזלות אשר
העמיק יומאן יצחק הלוי עם חוספת לקוסיס (ש"ו).
- (6) מחזור וויטרא ומחזור הפסח לר' שמעון
מעיר וויטרא על מהלך כוכבים ומזלות (תתס"ה).
- (7) יסוד עולם לרבינו יצחק הישראלי מטוליטולה
כולל יסודות חכמת מדידה ומשגשים ותכונה
וסוד הטעור (ומזכיר כי כתב ספר המלוואים למלא
את חסרון ספרו יסוד עולם).
- (8) ספר בית אלהים ושער השמים לר' משה
אלמאשי מלמד אשר לר' אברהם כהן אוריה.
- (9) ספר העבור לר' יצחק בר אהרן (ה"א כ"ח).
- (10) המספר או מלאכת המספר הנדסי ותשבורת
להגאון ר' אלי' מזרחי (רנ"ד).
- (11) חכמת המזלות ותקופות ועברות עם
שפת לאשינא (רפ"ו).

- (25) כסאות לבית דוד יהודה עשהאל כמוה' אליעזר דוד מה טוב מעיני חדוש העולם ומו' רקיעים וגלגלים וסיסודות (ת"ו) .
- (26) עברונת לחשוב תקופות ומולדות ועבורים ל' יעקב מדקריא (ת"ה) .
- (27) נפתלי אילה שלוחה על השמן (ת"ט) .
- (28) מעשה טוביה למודיות וטכניות וכו' (ת"ז) .
- (29) מועד דוד ל' דוד כמוה' רפאל מילדולס .
- (30) תורת העולה להרמ"א .
- (31) אלגברא חדשה ל' אטלי וירמיש (ת"צ) .
- (32) נחמד ונעים ל' דוד גאון (ת"ג) .
- (33) אקלירוס העתקת ר' ברוך משקלאב (ת"מ) .
- (34) מאמר התורה והחכמה לרמ"ג (תקל"א) .
- (35) ספר הברית ברין (תק"ז) .
- (36) מאמר המדע ל' אהרן עמרייך (תק"ה) .
- (37) מלאכת מחשבת ל' אלי' מפיטנשטוב ז' חלקים (תק"ה) .
- (38) מלאכת מחשבת להגאון ר' זרח איידליץ (תקל"ה) .
- (39) ראשית למורים הנדסה לאברהם יוסף מעין (תק"ה) .
- (40) תכונת השמים ל' רפאל מהגאון (תק"ו) ובאורות חיים נזכר ממנו כ"ב בתוספת רבה .
- (41) שבילי דרקיע ל' אליהו העכים על מדידה ומכונה (תקמ"ד) .
- (42) ראשית למורים ז"ח לברוך לינדא (תקמ"ט) .
- (43) קנה המדה על מדידה ותכונה עם לוח הניווטים ל' ברוך משקלאב (תקמ"ד) .
- (44) קנה הכמה על אלגברה (תקפ"ט) .
- (45) אהל דוד על עבור שנים (תק"ה) .
- (46) זכרון יוסף על הכמת כדירה ומשולשים כדורים עפ"י מדידת הנקעים (תקנ"ד) .
- (47) בליל החשבון ל' דוד פריזענהויוען (תקנ"ז) .
- (48) גם חנר ספר מוסרי תבל .
- (49) מחר חדש ל' משה חיים רימוני (תקנ"ד) .
- (50) עשרה מאמרות ל' אליקוס מלונדון אשר רב את ריבו עם צעל ספר הכרית (תקנ"ד) , וגם הגר"א הציג לו יד ושם בחכמה בספרו איל משולש (תקנ"ד) .
- (51) פרפראות לחכמה על מדידה ל' קאפיל (תקע"ד) .
- (52) למורי השבע ל' משה מרדכי יאָוועל (תקנ"ו) .
- (53) מוסרי חכמה .
- (54) תולדות השמים לרמז"ס .
- (55) אוצר חכמה ל' יהודה בארשא (תרע"ז) .
- (56) לוחות המבילים מאת נחמן נבי לינדער ז' חלקים קאניגסצערג (תר"ד) .

הראיתך ידיד נעים ! כי מאז ועד היום לא חדלו גדולי ישראל לעבוד את שדה המדעים . ומלבד אלה אשר מניתי פה הלא הגדתיך כי דלגתי על שמות הנודעים לכל כמו ר' סעדיה גאון, ראב"ע, הרמב"ם ורלב"ג . שים נא עיניך בשפרי תולדות ישראל חכמיים וסופריים, אשר ימנו אחד אחד את הספרים ומחבריהם, המה יעבירו מול עיניך גם הנבדלים ממחבני זה ומה ימן ומה יוסיף לנו להכרות עוד

נשאר עוד לחשוב (מה שלא חשב ידיד נפשי הרב החכם כו' רמ"ס) ספרים חדשים בחכמת ההנדסה והטכניקה והאקאדמיקה, ואלה המה :

- (1) ספר יסודי בחכמת השיעור להרב הגדול המהנדס והתוכן כו' כמוה' ח"ו סלאנימסקי אשר לא בא כנוסח הוה עוד בישראל, וכן שבו מנחר המחבר את כללות יסודי חכמת השיעור מראשית התחלתה עד הכמת חשבון הנשגב והמורידה העליונה אשר לא נודע עוד לפני עקבות החכמות הנשגבות האלה בשפת קדשנו .
- (2) ספר ידיעות השיעורים להרב החכם כו' גבריאל יהודה ליבשענפעלד כולל את חכמת המדידה, ספר יקר ונכבד מאד .
- (3) חקרי תבל להרב החכם ר"א ווארשאווסקי מדבר מחכמת התכונה, אדעסכא מרכ"ס .
- (4) מחקרי ארץ להחכם דוב גארדאן כולל ראשי יסודות ידיעות גלילות הארץ, הפתקה מספר גלילות הארץ להחכם זעלשען, סדורו וענינו טוב מאד . ויותר מאשר כתבו חכמי עמינו ספרי החכמות בלשונו סקדושה כתבו בלשונות שונות : רומית, איטלקית, ספרדית, פארטיגועיות, גרמנית וגערמאנית, כידוע לכל בקי בספרות בלשונות האלו וגם בספרים האלה יווצרו בשמותם מתחת ספריו הנותרים כי כן הכניתי לי ידיד נפשי הרב החכם הנקי בספרות הרבה בלשונות שונות ותחדות כש"ת כמוה' אברהם אליהו הארקאווי שיסדר כולם במאמר רחב ואף אדפיסם בעז"ל לפני ספר אחד מספרי, וסע אוזיר רק שלש חבורים מהם, אחד בלשון אשכנז והוא שנים עשר ספרי חכמת הטבע להחכם הנעלה אלופי וויזוועי אדרן בערנשטיין שנעתיקו בכל בלשונות איראקא, ושנים בלשון רוסיא, והוא : אחד מהחכם המהנדס והתוכן כו' ח"ו סלאנימסקי, כולל המאמץ נפלא בלשון אודותו טענעבראסיוע על חוט ברזל אחד, והשני הוא ספר בחכמת הכדום מפתח העולם ידיד נפשי רע כאח לי כש"ת כמוה' זבולן פוינעמא כולל חמשה למורים חדשים שהמלא החכם סזכ בחשבון הנשגב, הספר היקר הזה נקרא בלשון כל חכמי האקאדמיע של המדעים אשר ליקוסר ור"ס בסט' פענערסצורג, ויהללו כל חכמי האקאדמיע את הספר

שמות הספרים וההגדיל מספרם כי יספיק לנו אם אשר לפנינו. יחן ה' כי גם חלקם שדה זה מהיה לחלום
לכניהם עלי עד. ועתה נבי ומחמדי אשרך כי קמה לרועה בספרך לרעות אם לאן עמך בזאות המדעים, יבדך ה'
חילך ופעל ידך יראה לה' ולבני עמו כי רק בזאת חפצת. כנפשך ונפש מוקיך ומכבדך מרדכי פלוגניאן.

הזו והסכימו להדפיסו על הולאות האקדמיות ולספחחו לזכרונות האקדמיות, וגם כספר מיוחד נדפס, ועוד חזר החכם הזה ספר על
המלאכה חדשה בחכמת השיעור שיודפס בקרוב, ונקום כי יודינו זה הנער לימים וזקן בחכמה יביא לשם ולתפארת בין חכמי איראן
ולכבוד לפמינו ולארכך מולדתו כי שם כעת את מעינו בחכמת החכמה והכס הוא שומע כעת החכמה הזאת בבאנו ונערויטעט
כסעטערסבורג וכל יודע את כמו הכביר בחכמת השיעורים וכל אלוהי חכמת החכמה ישמחו מאד ויקונו ממנו רב.

המחבר

באור סמני חכמת השיעורים הבאים בהחבור הזה

סמן החמקבץ (סוף). תמונתו כמו קמץ הפוך כזה $\perp$ ויורה על קיבוץ שני שיעורים
זה לזה, ויבא תמיד במקום המלות כחבור אל או במקום עם, ד"מ: אם תמצא כתוב $\perp$
ב, או $7 \perp 5$, תקרא א מחובר אל ב, או א עם ב, וכן גם 5 מחובר אל 7 או 5 עם 7.

סמן החמסר (חיסוס). הוא קו ישר שוכבי כתמונת הפתח כזה — ויורה על
גרעון שיעור אחד מולדתו, ויבא תמיד במקום המלה חסר, ד"מ 40 — 1, תקרא ארבעים חסר
אחת, או א — ב תקרא א חסר ב, והוראתו גרעון מאיזה שיעור קצוב שנשמן אותו
בכלל בהאית א איזה שיעור קצוב אחר אשר נסמן אותו ב.

סמן החמשה. תמונתו שני קוים שוכבים כזה = ויורה על השתוות שני שיעורים
זה לזה, ד"מ א = ב, תקרא «השיעור א שוה אל השיעור ב». וכן $7 \perp 5 = 12$, תקרא
7 עם 5 שוה אל 12, אבל $7 - 5 = 2$ תקרא 7 חסר 5 שוה אל 2, וכן $7 \perp 5 = 2 - 5 = 10$,
תקרא 7 עם 5 חסר 2 שוה אל 10, ומעתה תבין גם לקרא מפורש במאמר גם
המשה הזאת (7 — 5) $5 \perp 2 = 2 \perp 2 = 4$, והוא: אמור שבעה-חסר-חמשה עם שנים
ישוה לשנים מחובר לשנים, ישוה לארבעה, אבל אם יכתב $7 - (5 \perp 2) = 7 - 7 = 0$
או תאמר שבעה חסר חמשה עם שנים, שיה לשבעה חסר שבעה, שוה לאפס.

סמן החמכפלה. הוא כזה $\times$ ויבוא בין המספרים הכופלים זה את זה ויפורש
במאמר מוכפל עם, ד"מ $5 \times 7 = 35$ תקרא שבעה מוכפל עם חמשה או שבעה פעם
חמשה שוה אל שלשים וחמשה, וכן התמונה (7 — 2) $\times (5 \perp 3) = 5 \times 8 = 40$
תפורש במאמר שבעה-חסר-שנים; מוכפל עם חמשה המקובצים לשלושה ישוה לחמשה.
פעם שמונה ישישו לארבעים, אבל אם נכתוב $7 - (5 \times 2) = 3 \perp 10 = 10 - 0$
תפורש שבעה-חסר-עשרה מחובר עם שלושה, שוה לעשרה חסר עשרה, שוה אל אפס.

סמן החלוקה. הוא שתי נקודות כדמות השוא כזה: ויבוא בין המחולק והחולק
ויפורש במאמר מחולק על, ד"מ $12 : 3 = 4$ יפורש במאמר שנים עשר מחולק על שלושה
ישוה לארבעה, המספר 4 אשר יורה כמה פעמים שימצא החלק 3 בהמחולק 12 יקרא בשם
מנה (קווייטנט), התמונה (5 $\perp$ 7) : (8 — 5) = $12 : 3 = 4 = 2 \times 2$ תפורש
במאמר חמשה-עם-שבעה המחולקים על שמונה-חסר-חמשה, שוה לשנים עשר
המחולקים על שלושה, שוה לארבעה, שוה לשנים פעם שנים, לפעמים יבוא סימן החלוקה

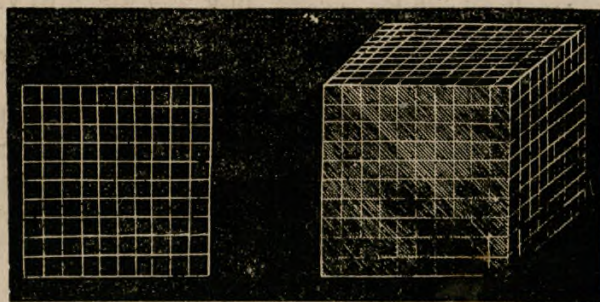
להורות על ערך היתרון שבין שני שעורים שנרצה לדעת באיזה מספר יגדל השעור האחר מהשני, או על ערך המדידי שבין שני שעורים שנרצה להעריך כמה פעמים יגדל או יקטן שעור האחר ממשהו, באופן הראשון יקרא הערך בשם ערך מספרי (מריטואסטיס פקססטייליקו), באופן השני יקרא ערך הנדסי או ערך מדידי (גמקאסטיס פקססטייליקו), התמונה $5 : 8 = 12 : 9$ תפורש במאמר 8 יתערך אל 5 כמו שיתערך 12 אל 9 והוא ערך מספרי, יען שבמדה היא שיגדל 8 על 5 כן יגדל גם 12 על 9 כי בשניהם יהיה היתרון 3, אבל התמונה $2 : 8 = 12 : 3$ הוא ערך מדידי, ויפורש במאמר ערך 8 אל 2 כערך 12 אל 3, ר"ל כשם שהמספר 8 יחזיק ארבע פעמים בקרבו את המספר 2, כן יחזיק המספר 12 ארבע פעמים את המספר 3 בקרבו.

מדרגה. בשם מדרגה (סטיגמ) מאיזה מספר נכנה להמכפלה הנולדת מכפילת איזה מספר בעצמותו, ד"מ: $2 = 2 \times 1$ המספר הקטן 1 הנכתב על המספר 2 יורה כי 2 הוא המדרגה הראשונה מעצמותו, אבל $2 = 2 \times 2 = 4$ יורה לנו הציון 2 הקטן התלוי על הגדול כי מכפילת 2 עם עצמותו (ר"ל 2 פעם 2) תגדל המדרגה השניה מן 2 שהוא 4, וכן תורנו התמונה $3 = 9$ שהמדרגה השניה מן 3 ר"ל 3 פעם 3 שזה 9, וכן גם התמונה $4 = 16$ תורה כי $4 \times 4 = 16$, וכן $10 = 100$ וכן $10000 = 10000$ תורה שהמדרגה השניה מן מאה שזה לעשרת אלפים.

צורה A.

צורה B.

מרובע (קוואדראט). המדרגה השניה מכל מספר תקרא גם בשם מרובע של המספר ההוא, יען שכמות שטח המרובע השווה בכל צלעותיו נודע על ידי המדרגה השניה מאורך צלעו, ד"מ: מרובע שאורך כל צלעו ממנו הוא עשר ליניען יחזיק בשטחו $10 \times 10 =$



100 ליניען מרובעים כאשר תורנו הצורה A באר היטב, ולכן נקרא תמיד להמדרגה השניה מכל מספר בשם מרובע, אם נאמר ד"מ המרובע מהמספר 7 אז תהיה כוונתנו על המספר 49, יען שהוא המדרגה השניה מן 7, אחרי כי $7 \times 7 = 49$, וכן באמרנו מרובע של 9 תהיה כוונתנו על המספר 81, יען שאם נכפיל 9 על 9 יוצא לנו 81. מעוקב (קוביק), כשם שנוכל למצוא את המדרגה השניה על ידי כפילת כל מספר פעם אחת בעצמותו, כן נוכל למצוא את המדרגה השלישית ממנו על ידי כפילת מרובעו בעצמותו או מכפילת כל מספר שלש פעמים בעצמותו, ד"מ: המדרגה השלישית מן 2 נמצא על ידי כפילת $2 \times 2 \times 2 = 8$ או על ידי $2 \times 2 = 4$, המדרגה השלישית מכל מספר תקרא בשם מעוקב (קוביק) מהמספר, יען שהוא יורה לנו את מכילת כל גוף אשר

ארכו רחבו וקומתו שוים בו, ד"מ: הגוף שגדלו הוא אמתים על אמתים ברום אמתים יקרא גוף מעוקב (קוביק) ומכילת גופו (קקספוליוכסר מינהקט) הוא $8 = 2^3 = 2 \times 2 \times 2$, הצורה B תורנו גוף שארכו רחבו וקומתו הוא עשר ליניען (= 1 אצבע), ולכן תהיה מכילת גופו $10 \times 10 \times 10 = 1000$ ליניען מעוקבים, למכילת הגוף נקרא גם בשם תשכורת הגשם ולרוב נציגה בחבורנו בראשי תיבות ת"ג.

השרש (וואורצל). בשם שרש מאיזה שיעור ב נכנה להמספר א שמכפילתו בעצמותו נולד השיעור ב, ולכן יהיה 2 השרש השני או השרש המרובע (קוואדראט וואורצל) מהשיעור 4, יען שהשיעור 4 יולד על ידי כפילת 2 עם עצמותו פעם אחת באשר כי $4 = 2 \times 2$, וכן יהיה 3 השרש המרובע מהמספר 9, יען כי המספר 9 יולד מכפילת שלשה פעם שלשה, וכן יהיה 9 השרש המרובע מן 81, יען כי $81 = 9 \times 9$, וכן יהיה 2 השרש המעוקב מן 8, יען כי $8 = 2 \times 2 \times 2$, אבל 3 הוא שרש המעוקב מן 27, יען כי $27 = 3 \times 3 \times 3$.

סמן השרש, הוא כזה $\sqrt{\quad}$ ולהורות על מדרגת השרש, (ר"ל אם הוא מרובע או מעוקב) יוצג ציון קטן בתוך חלל סמן השרש, ד"מ $\sqrt[3]{\quad}$ יורה על השרש השני או המרובע אבל $\sqrt[3]{\quad}$ יורה על השרש ממדרגה השלישית או שרש המעוקב (קוביקוואורצל). התמונה $\sqrt[3]{64} = 4$ תפורש במאמר השרש המעוקב מן 64 הוא 4, אצל השרש המרובע יוצג לרוב סמן השרש לבדו מבלי הציון 2 המורה על מספר המדרגה, כן ד"מ יוצג

$$6 = \sqrt[3]{36}, 7 = \sqrt[3]{49}, 8 = \sqrt[3]{64}, 9 = \sqrt[3]{81} \\ 2 = \sqrt[4]{4}, 3 = \sqrt[4]{9}, 4 = \sqrt[4]{16}, 5 = \sqrt[4]{25} \\ 1 = 1 \times 1, 1 = \sqrt[4]{1}$$

רכש השרש. הציון הקטן הבא בתוך השרש להורות על מדרגתו, ד"מ: הציון $\sqrt[3]{\quad}$ שבהשרש $\sqrt[3]{\quad}$ והציון $\sqrt[3]{\quad}$ שבהשרש $\sqrt[3]{\quad}$ יקרא בשם רכש השרש (וואורצל = טקספוליוכסר), וכן יקרא גם הציון הקטן הבא על גב איזה שיעור להודיע מדרגת כפילותו, ד"מ $\sqrt[3]{\quad}$, $\sqrt[4]{\quad}$, $\sqrt[5]{\quad}$, $\sqrt[6]{\quad}$ יקרא בשם רכש המדרגה (טקספוליוכסר = סקסטנץ).

התמונה $8 = \sqrt[3]{512}$ 2 תפורש במאמר שורש המעוקב של שמונה הוא שנים והתמונה $8 = \sqrt[3]{512}$ 8 תפורש במאמר המדרגה מהמספר שנים שרכשה הוא 3 שיהיה להמספר שמונה, המדרגה שרכשה הוא גדול מהמספר 3 תקרא בשם מדרגה גבוהה, ד"מ: $81 = 3^4$; $16 = 2^4$; $256 = 4^4$; $1024 = 5^4$; $3125 = 5^5$; $9 = 3^2$; $387420489 = 9^9$, כל המספרים האלה המה מדרגות גבוהות מהמספרים 2, 3, 4, 5, 9.

סמן המעלות (גדל). הסמן הזה 0 שיבא על גב איזה מספר יורה על מעלה המספר הזה, והוא: חכמי השיעור חלקו את מקיף כל עיגול לשלש מאות וששים חלקים שוים וקראו לכל חלק בשם מעלה (גדל), ואם נכתוב ד"מ בחבורנו קשת מן 18, תקרא 18 מעלות, גם מעלות החום והקור שיוורה לנו קנה מרת החום (השקוואטו סססר) גם מעלות מרת הריפת היין שרף (סוקקוואטו סססר גדל) יסומנו גם כן בהסימן הזה, ד"מ חום 6 תורה חום בת שש מעלות, יין שרף בת 48. תקרא בת 48 מעלות וכדומה.

מ ב ו א

1. §. החושים. חמשת החושים אשר לאדם: המשוש, הטעם, הריח, השמע, והראות, הן המה חמשת הדרכים המביאים את האדם להכרת כל הגשמיים הנמצאים בעולם; כי אם נצייר לנו איש משולל כל חמשת החושים יחד, או נשלול ממנו גם את אפשרות הרגשת כל דבר וזולתו. חוש המשוש ישתרע על פני כל גופנו וביחוד בראשי אצבעותינו, על ידי המשוש נוכל להרגיש את החום והקור, חלקת ובלתי חלקת השטחים, קשיות ורכות העצמים, גם את גדלם ותאדם. ע"י חוש הטעם נרגיש טעם העצמים הנוגעים בלשוננו אחרי שנהפכו לנוזלים או שנתרככו ברוך פינו, ועל ידו נבדיל את המתוק מהמר, המלוח מהתפל והחמוץ. על ידי חוש הריח נרגיש ריח העצמים גם מרחוק, ועל ידו נבדיל המריח מהנאלח; משכן החוש הזה הוא באפנו. על ידי חוש השמע נרגיש קולות שונים גם במרחקים גדולים. ועל כלם הוא חוש הראיה, שעל ידו נרגיש את גודל, תבנית ומראה העצמים, את תכונתם, ואת משטנם, ומעגל פעולת החוש הזה (ויקראו: עין) יגדל ממעגל פעולת כל יתר החושים. יש דבר שיורגש לנו בכל חמשת חושינו יחד, ויש שיורגש לנו אך בחוש אחד או בשנים בלבד.

2. §. חויון, חומר, גוף, כח. כל שנרגיש באחד או יותר מאחד מהמשת חושינו יקרא בשם חויון (פכטייכונג); אין כל חויון-חושי בעולם שלא יקדים לו מקום שבו נתגלה לנו, ואין כל מקום שיתגלה בו חויון-חושי שלא יקצא בו עצם מה. את העצם, הנמצא במקום, והמתגלה לנו בעזרת חושינו נכנה בשם חומר (מאטריה), החומר המוגבל במקום בגבולות קצובים נקרא בשם גוף (קורפוס). — נמשך מזה שהגופים המה מולידי החויונות על ידי מרבית השתנותם שישתנו בכמותם ואיכותם: את הסכות הראשיות המעוררות את השנויים בהגופים נכנה בשם כח (קראפט) — כן ד"מ יהיה המחט המאוננעטי חומר, כאשר שנמצא במקום; וגוף, יען שמקומו מוגבל; וחיונותיו המה: כוברו, תארו ותבניתו, ושנויו המה: מרבית הנשיות שינמנה בהנה המחט במקומות שונות על הארץ או בקרבתו אל הברזל; והסכה הראשית המולדת השנויים האלה; הוא כח משיכת המאגנעטי.

3. §. טבע. קבוי (דעל מייבעגרייף) כל הגופים, הנמצאים בגבול המציאות, וכל מרבית חויונותיהם שיתגלו לנו בהמה, יקרא בשם טבע (נאטור), ובהוראתו העצמית הזאת (מאטרישטישע בעדייטונג) יהיה השם טבע משותף עם השמות והמושגים עולם (וועלט), עולם-החומר (מאטרישטישע וועלט), עולם החושי (זייטן וועלט), או גם עולם הכללי (וועלט פון), אולם בלעדי ההוראה העצמותי

הזאת אשר להשם טבע, יש לו עוד הוראות מושאלות (פסקה 100) או שיוורה על קבוצת כל הסגולות אשר לגוף אחד, או על קבוצת כל הכחות הפועלים בהגוף, ולפעמים יורה על הסבה הראשונה מכל העצמים.

4. §. חוקי הטבע ובאורם. החזיונות יתגלו לנו או מעצמם מבלי פעולתנו, כמו: הגשם, השלג, הברק, הרעם, הקפאת המים לקרח; או על ידי פעולתנו ומעשי ידינו בהגופים, כמו: התכת הזהב באש, השמעת הקול בכלי שיר וכדומה. אמנם בכל אחד משני האופנים שיתגלו החזיונות לנו, נמצא אחרי העיון שקדמו להחזיונות תנאים ידועים וקצובים, הגשם והשלג לא ירדו על הארץ אם לא קדמו להם עננים ועבים; הזהב לא יפך רק אחרי שנתחמם באש במדרגה גבוהה מאד; כלי השיר לא ישמיעו קול בעל כמות ואיכות קצובים, כי אם אחרי שהרעידו את האויר הרעדות במספר קצוב לזעקונדע. לכן למען דעת אל נכון אחד מחזיונות הטבע נצרך לנו לדעת התנאים שקדמו לו. אל ידיעת התנאים האלה נבוא על ידי ההשקפה (בפסקה 101) ועל ידי הבחינה (בפסקה 102). ואחרי שידעו לנו כל התנאים המולידים איזה חזיון, נסדר אותם יחד ונציגם בתור משפט, ונאמר: „החזיון הזה יתראה לנו בכמות ובאיכות הקצוב הזה אם יקדמו לו התנאים הקצובים והנערכים האלה מבלי תוספת ומגרעת“; המשפט הזה שיוודע לנו את התיחסות החזיונות אל תנאיהם יקרא בשם חוק טבעי (בפסקה 103). אמנם חכמת הטבע לא תאמר הון במציאת חוקי הטבע לכל החזיונות, אבל תחקור עוד על סבות התיחסות התנאים אל החזיונות, ותשאל: במה יגדל כל התנאים להוליד את החזיונות? והתשובות שתשיב לנו חכמת הטבע על השאלות האלה תקראנה בשם באורי חזיונות הטבע, יען שעל ידם יתבארו לנו באר היטב ושום שכל, נוסף על ידיעתנו סבת הולדת החזיון, גם את כל פרטי השתנותו בכמות ואיכות, במקום וזמן, באפני פעולתם והתפעלותם ובכל יתר סגולתם, שתגלנה בו מצד עצמותו או מפאת ההצטרפות שבינו ובין חזיונות זולתו.

5. §. חכמת הטבע. גופים אין מספר השונים זה מזה תכלית שנוי בגדלם ותאדם, מהם מוצקים, ומהם נוזלים ואויריים, יקיפו ויסובבו אותנו סביב סביב, ויורגשו לנו מקרוב על ידי המשוש והטעם, ומרחוק על ידי הריח השמיע והראות. ואם כי יתראו לנו בראשית השקפתנו עליהם שהמה מפוררים ומפורדים במקום ובזמן ושונים ומתחלפים זה מזה בסגולותיהם, ואין כל חבור וקשור או ערך ויהום ביניהם; בכל זאת יודע לנו אחרי שנתבונן עליהם היטב, שכולם יחד המה אך חלקים מדבר שלם אחד, והוא: הבריאה בכללה, או הטבע כפי הוראת השם הזה העצמית. כל הגופים הנפרדים לא ינחו מנותת עולמים, אך יפעלו ויתפעלו ברבוב רבבות אופנים, חליפות איש על רעהו; ובכל מרבית הפעולות אשר אין ספורות להנה, אין אחת שתצא על פי מקרה והזדמנות; אך תמיד תשמורנה בפעולותן חוקים קצובים ונערכים אל הגופים הפועלים והנפעלים כאשר קצב היוצר בחכמתו הכללית תכליתיות בתחלת בריאתם. את הסדר הנפלא הזה, ואת החוקים הכללי משתנים השומרים את תפקידם לעולמי עולמים, ואשר כוננו ביום הבראם על אדני החכמה והחשבון, תורנו החכמה הנעלה הנקיבה בשם: חכמת הטבע הכללית (בפסקה 104) נאמולטתה.

6. §. גבולות הכרת החושים. גבולות ההכרה שתכיר נפש האדם על ידי חושי, וביחוד על ידי חוש הראיה, עוברים הרחק הלאה מגבולות כדור הארץ ומלואה; כן גרגיש גופים אין מספר גם במרחבי השמים. הגופים האלה יקראו בשם גרמי השמים (היונוספס קקדזטר), ולכן יכלול השם "טבע" גם את הגופים האלה; ופעולותיהם אשר יפעלו על נפשנו תקראנה בשם חזיונות השמים (היונוספס פכטייונגס).

7. §. התחלקות חכמת הטבע. באשר שחכמת הטבע הכללית תחקור על כל הגופים וחזיונותיהם, סגולותיהם פעולותיהם וחוקיהם, מהארו אשר בלבנון עד האזוב אשר בקיר, מהאבק הדק הפורח באויר עד הכוכבים הנוראים הגדולים אלפי אלפים פעמים מכדור הארץ, לכן אך מעטים המה גם מבני העליה, שצלחה בידם לדעת את החכמה הזאת בכל חלקיה במדרגה אחת לנכון, אם גם שרבים וכן שלמים הם החכמים שהשתלמו איש איש בחלק מיוחד ממנה; ולכן ראו חכמי הטבע שנכון לחלק את החכמה הרחבה והעמוקה הזאת לחכמות רבות, ויקראו לכולן בשמות פרטים הנאותים לנשואיהן אשר תחקורנה עליהם, החלקים האלה יתבארו אחד אחד בסימנים הבאים.

8. §. תולדות הטבע, וחכמת הטבע. החזיונות שיתגלו לנו על ידי החושים, שנים הם למיניהם: (א) חזיונות מתמירים (דיסטרזדז, נוסכבליבנדז); (ב) חזיונות עוברים (פֶּרְמִיטֶבֶרְגֶּמֶשֶׁנְדֶּז), ועל פי המחלקה הזאת תחלק חכמת העולם החושי או חכמת הטבע הכללית, גם כן לשתי מחלקות ראשיות: (א) תולדות - או ספורי הטבע (נאטור גשטיכט); (ב) למודי - או ידיעות הטבע (נאטור וסחט, נאטור קונדז). תולדות הטבע, תקבץ את כל החזיונות המתמירים אשר להגופים הטבעיים, ועל פיהם תסדר את כל הגופים למערכות (קלדנונגס), כמו: דוממים, צומחים, חיים; לסוגים (קלסססן). כמו: אבנים מתכות ואדמות עפר (מינרלן) במערכת הדוממים; יונקים, עופות, שרצים, רמשים ורגים, במערכת החיים. הסוגים יחלקו עוד למשפחות; כמו משפחת הברק, הצאן, הסוס, בסוג היונקים; משפחת הנשר, העורב, השכוי, בסוג העופות; משפחת הארבה, הילק, בסוג הרמשים. וכן תחלקנה עוד המשפחות למינים ראשיים ומשניים (הויסטר־מונד אונטער מוסטן). כל הגופים המתחסים למערכה אחת, יש להם איזה סגולה משותפת שעל ידה נסדרו כולם במערכה ההיא. וכל הגופים המתחסים לסוג אחד, יש להם מבלעדי השתוות המערכה עוד השתוות הסוגי; ולשני גופים בעלי משפחה אחת תמצאנה לכל הפחות שלש סגולות שישתוו בהנה, ובכל הגופים המתחסים למין אחד תמצאנה לכל הפחות ארבע סגולות משותפות, והנה סגולת המערכה, סגולת הסוג, סגולת המשפחה, וסגולת המין; נמשך מזה, כי תולדות הטבע תחקור רק על ההשתוות שבין הגופים, ועל אופן השתוף שישתתפו בהמה, בעוד שידיעת הטבע תחקור על החזיונות העוברים והמשתנים לרגעים, או לאורך ימים, ותדרוש אחרי החוקים שישמרו הגופים בהשתנותם, ואחרי הסבות המולידות את החוקים האלה. כן ד"מ תחקור ידיעת הטבע, על האבן הנופלת ממקום גבוה למטה לארץ; (ב) על ההשתנות שנשתנה בו הגוף בעברו ממצב המנוחה למצב התנועה; (ג) על החוקים שתשמור האבן במהירות מרוצתה ובנשיות דרכה במשך נפילתה; (ד) אחרי הסבה שהולידה את החוקים האלה. ולכן כל חקירה שנחקור באיזה גוף טבעי, על השנויים שישונה

בפעל או שהוא עלול להשתנות בהמה, בחיותו באיזה תכונה, מצב, ושיעור ידוע, הוא אחד מנשואי ידיעת הטבע; ולכן תהיינה מרבית החקירות שנוכל לחקור בעצם אחד, בדבר גדלו ותארו, מראיתו, או אם הוא במצב המוצק, הנוזלי, והאווירי, כבר או קל, לה או יבש, מתוק או מר או מלוח, בוער או בלתי בוער, מאיר מואר או חשך, חם או קר, מאנגטי או עלקטרי, משמיע קול, וכדומה לזה, כולן שאלות שנמצא את תשובותיהן ובאורן בחכמת ידיעת הטבע.

9. **חכמת גופי בעלי אברים.** ידיעת הטבע הכללית תחלק עוד לשתי מחלקות ראשיות, והנה: (6) **חכמת הגופים בעלי אברים** (Physiologie פיזיולוגי) החוקרת אך על חוקי גופות בעלי האברים (מקצועיטע קאדעס), ביחוס פעולות אבריהם בהמה: (3) **חכמת הטבע העצמית** (Physik פיזיק) החוקרת אך על חוקי הגופים בלתי בעלי אברים (מאקאדעסטיטע קאדעס); או גם על גופים בעלי אברים אך בבחינות התפעלותם מכחות הטבע הכללים ולא מהכחות הנטועים באבריהם.

10. **חכמת הכעטי.** החקירות המיוחדות שיחקרו חכמי הטבע על כל הגופים יחד, ר"ל גם על בעלי האברים, גם על הדוממים, ביחוס חלקי יסודותיהם השונים, (מין הינויטע מ'הכט פערטידעטען בעטמאנדערהייטן), ואת ההדלפות הפעולות שיתפעלו ההלקים איש מרעהו, או כאשר נאמר זאת במלות שונות, חכמת הפרדת הגופים המורכבים ליסודותיהם הפשוטים; והרכבות הגופים מהיסודות האלה (עד מקום שידנו מגעת), תקרא בשם **חכמת הכעמי** (Chemie).

11. **חכמת הטבע העיונית, חכמת הטבע הבחינית, חכמת התכונה.** ממה שבארנו עד הנה נודע לנו שחכמת הטבע העצמית תחקור אך על כחות הטבע הכללית, על מציאות החוקים שעל פיהם יפעלו הכחות האלה בהגופים הטבעיים. הדרכים אשר על ידם נבוא אל הקרת חוקות הטבע, שלשה המה במספרם, והמה ההשקפה (בעקבהטונג), **הבחינה** או הנסיון (פערזוכען, עקספערמאנטען), **העיון** (טהעוריען); אם נגיע אל ידיעות חוקות הטבע בעזרת ההשקפה וההתבוננות לבד, או תקרא החכמה **הטבע העיונית** (טהעוריעטיטע פיזיק), אולם אם ננסה את פעולות הטבע בפועל ידים, או תקרא החכמה **הטבע הבחינית** (עקספערמאנטעל פיזיק). אם נעשה את בחינתנו בגופי כדור הארץ ומלואה, או תקרא החכמה בשם **חכמת הטבע הבחינית העצמית** (מייגענטייליכע עקספערמאנטעל פיזיק); אם נגיע להחוקים האלה בעזרת בחינתנו והשקפתנו על השנויים המתילדים ברחבי המקום הבלתי מוגבל, או תקרא החכמה **חכמת הטבע השמימית** או **חכמת התכונה** (פיזיק דעם היינומלם מדען אסטראנומיס) או גם **חכמת ידיעות הכוכבים** (סטארטקאנדיטע).

12. **חכמת הטבע התנועית, חכמת הטבע הכימית.** אם נתבונן בעין שכלי חודרת על כל השנויים המתילדים בהגופים, או נמצא אותם משני מינים נפרדים, המתחסיים לשתי מערכות שונות, והנה: (6) **שנוי המקום** (3) **שנוי הסגולות**; במובן שנוי המקום נבין את שנוי הכמות והשיעור (מאסעס), התאר (מאסעס); ובכלל כל שנוי המתחסיים למקום **הגופים** (מיינטייליכע מאסעס) ר"ל אם המה גדולים או קטנים, מרובעים, משולשים, עגולים,

ארוכים או קצרים, עבים או דקים, קרובים או רחוקים, גבוהים או שפלים, נחים או מתנועעים, וכדומה. אמנם במובן מושג שנוי הסגולות, נבין אך את שנוי המצב הפנימי (פנימיות) דש מינעכען לוטשענדעס), או התהפכות הסגולות (מינעכענדעס פערוואנדלונגען). כן נחקר ד"מ על איזה גוף, אם הוא מוצק או נוזלי או אווירי, מבלי לשום לב עליו, אם הוא קטן או גדול, נח או מתנועע, וכדומה. על פי הכלל המושגים האלה תתחלק חכמת הטבע עוד לשני חלקים ראשיים, והמה: (א) חכמת הטבע התנועית (וועגזאממע פויק) (ב) חכמת הטבע הכימית (כיימס פויק), אולם בכל זאת לא יקצא גבול עז (פערשע גרענעס) בין החכמות האלה; ולכן לא נוכל לקצוב בדיוק את הנקודות המפרידות בינותן, יען שחזיונות רבים יתגלו לנו, שחכמת המעכאניק והכעמי קשורות בהם בקשר אמיץ כל ינתק, עד כי קצר כתנו להבין חוקות החכמה האחת מבלי עזרת ידיעת חוקות החכמה השנית; וביחוד נמצא את הקשר הזה, בחזיונות האור, החום, המאנעטויזמוס, העלעקטריציטאט, כפי שנתגלו לנו על ידי ההמצאות החדשות והנפלאות בימינו אלה.

13. §. המשך. בכל אלה שנתבארנו לנו עד הנה, נדמה כי כבר יצאנו ידי חובת החלוקה, וקצבנו לכל אחד מהחלקים גבולות קצובים; ככל שיושי לאל יד ההתחלקות ההסכמית שנוסדה אך על בחירת האדם (זו וויס אלס סס מינעכענדעס ביי וויקוהלויך פאן וועסענען געמאכענען מינעכענדעס וויקוהלויך מיט); ועל פי הגבולות האלה תהיה כל חקירה על איזה שנוי חיצוני הבלתי משנה את הגופים בעצמותם, כמו שנוי הכמות; התאר, והמראה, שנוי האור, החום, המאנעטויזמוס, והעלעקטריציטאט, כולם נשואי חקירות חכמת הטבע הבחינית העצמית; אולם כל שנוי פנימית כשנוי התרכבה וההפרדה ביסודות הגופים, המה נשואי חכמת הכעמי.

14. §. תוצאות בחינות חכמי הטבע. בחינות הטבע תעשינה בפועל אך עם גופים אשר לארץ ומלואה יחשבו, אמנם בכל זאת ישנה ברואה החושב כי מבחינותם בגשמיים הארציים האלה יודע להם חוקים טבעיים המתחסיס אך אל הגופים הארציים; אמנם בלמדו את חוקות חכמת הטבע יראה לדעת, שבעזרת הבחינות הארציות האלה, יסדו חכמי הטבע את חוקיהם הנצבים גם בשמי השמים. וכן עשה החכם גאלעליאוס את בחינותיו המדויקות, וינסה בחכמתו את הגופים הארציים למען יבאר על ידם את חוקי נפילות ועליות הגופים על פני הארץ; אמנם החכם ניוטאן הורה לנו לדעת שהחקים האלה יעברו הרחק הלאה מגבולות הארץ ומלואה, וישתדעו גם במרחבי המקום הבלתי מוגבל, וכי חקי ההמשכה הפועלים על גופות הארץ בארץ להורידם מטה אם יוגבהו ממנה, ולקרב אותם בזרועות כח משיכתם יותר ויותר אל מרכזה; החקים האלה בעצמם ישמרו את תפקידם גם בהמשכת צבא המרום במרום, ובמדה וערך היא תמשוך השמש את כל כוכבי הלכת עם ירחיהם המלוים אותם כאשר יקשכו גופות הארץ אל הארץ.

15. §. התחלקות חכמת הטבע לחלקים שונים היא רק התחלקות הסכמית. אם כי כאשר ראינו פה כבר נתחלקה חכמת הטבע הכללית ונפרדה לראשים רבים, אמנם כל אלה לא הפרידו מאומה בין עצומי חלקי החכמה הרבה הזאת בפועל; רק כל חלקיה יתלכדו עוד ולא יתפרדו לעולם, וכאשר נרבו בעלי השיטות לחלקה בזרועות משטרי בחירותם

כן יתאחדו ויתאימו חלקיה לחכמה שלמה (אולם בלתי נשלמת עוד עד היום) ובלתי מתחלקת; ובנקל יראה החכם החוקר בחכמת הטבע, שכל אשר תחסר לו יד אחת בהחלק האחד מהחכמה תחסרנה לו לעומתה עשר ידות בכל אחת מיתר חלקיה. על ידי חוקות חכמת התכונה מצא התוכן אלקי ראמער חוק חדש בחכמת החזיון (פסיק), לכמות מהירות מרוצת קרני האור מהשמש והכוכבים; וע"י חוקות שבירת קרני האור בעברם דרך שני אמצעים (ופסיק) הבלתי שווים במעבם (דיפוזיט), המציאו חכמי האללאנד והחכם הנעלה גאלעליאו את הקנה המרחיק להביט. על ידי ההמצאה הראשונה שיסודתה בחכמת התכונה הרימה חכמת החזיון את ראשה, ותפרוש את כנפיה על פני כל יתר חכמות הלמודיות; ועל ידי ההמצאה השנייה שיסודתה בחכמת החזיון הורם קרן חכמת התכונה ותהי לנס, ובמשך זמן קטן צלחה בידה לנער את הצנה מכל הטעותים וההשערות הכוזבות שרביצו עליה ימים רבים כמשא לעיפה, עד שגם חכמים רבים וכן שלמים נוקשו אז ונלכדו בשחיתות הדמיון והשקר, ולא היה לאל ידם להתיר את הספקות שהסתבכו בין האמתיות, מצד חסרון ידיעתם את הבניית המסלולים ואת כמות המרחקים, שיקפו בהמה כוכבי הלכת את הכוכב המרכזי אשר להם; כל אלה יורונו באר היטב, שחכמת הטבע היא חכמה בלתי מתחלקת בעצם, רק על ידי הסכם ובהירה בלבד.

§. 16. תועלת חקירת חכמת הטבע. התועלות שנשיג מלמוד החכמה הנעלה הזאת, שלש הנה למינוניהן: (5) תועלת החמרי (וואסטרופיכ כוטרן): (3) תועלת המוסרי (וואסטרופיכ כוטרן): (ג) תועלת הרוחני (גייסטיג כוטרן), כאשר נבאר אותן אחת אחת בחסימים הבאים.

§. 17. תועלת החמרי. כל איש שנסה אך להציג כף רגלו על מפתן חכמת הטבע, יראה מהר לדעת שמאמתיות טבעיות קלות ופשוטות (פאפ פיינטן ויינשטן מיינכאפטן וואסטרופיכ) נולדו המצאות יקרות ורבות התועלת; ומלבד שחכמת הטבע היא החכמה שתספיק מזון ומחיה לכל יתר החכמות הלמודיות, תרבה מאד תועלתה גם להצלת חברת מין האנושי בכלל, כאשר יתבאר לנו פה במשלים אחרים, והוא: על חוקות שווי משקל הנוזלים בקנים מחוברים (§ 163) נוסדה המצאת משיבת המים (וואסטרופיכ ווינג) (§ 166) המספקת מים לאדם ובהמה רבה הנמצאים בערים הגדולות; ויש אשר יבואו להם המים ממקומות ונהרות הרחק מאוד מהעיר. על החוק הזה נוסדו מלאכות כלי ההרקה (פאונדענערק), הוא יתן בירינו את היכולת לעבוד עבודת אלה אנשים ביד אחת על ידי מכש הנוזלים (הידרוסטטיס פרינסיפ) § § (148, 149); בהאראמטער יועיל לנו למדידת האור, ועל ידי חוקים המיוסדים על אדני השכל והנסיון, נוכל למצוא על ידו את מדות החרים והגבעות, ובכלל את ערך גובה כל נקודה ונקודה על שטח פני הארץ בערך גובה שטח פני הים (עיין § 175). לא מעוטות בערך הנה התועלות שנשיג מהטהערמאמטער, הוא כלי מודד מדרגות החום; מחבור שני הכלים היקרים האלה יחד, באראמטער וטהערמאמטער המציאו חכמי הטבע מדה נכונה למדידת כמות כח הקיטור (וואסטרופיכ); הקיטור הזה אשר יעלה בתבנית אדים מהמים הנקמים, עלה בתהו ונאבד אלפים שנים, וכל אדם לא ידע להשיג כל תועלת ממנו; את הקיטור הזה כבש האדם בחכמתו, וימשול עליו ממשל רב כאות נפשו, ויעבדוהו בפרך ובכל מלאכת מחשבת, עד אשר תרבה כעת עבודת הקיטור לבדו מכל עבודת האדם והבהמה יחד שעל פני הארץ, כשחוק לו להקיטור להגביה

משאות אשר אלפי ידים לא תניענה אותם ממקומם, מה גדלה היא עבודת הקיסור האמור במרכבתנו? על כנפי רוח נדאה על ידו כנשרים, אלפים פרסאות בזמן קצר; הקיסור הנולד מחביות מים אחרות ומככרים פחמי אבן אוגורי עץ אחרים, ישא על שכמו אדם ובהמה רבה; הקיסור הזה יתן בים דרך ובמים עוים נתיבה להמון אניות סוחר וציים אדירים. על חוקות העלעקטריציטאט והגאלואניזמוס, נוסדה המצאת הטלעגראף העלעקטראמאגנטיזמי, המצאה נפלאה שלא שערות כל חכמי תבל בדורות שלפנינו; כי מי האמין לשמועתנו שדברי בן אדם ירוצו יחיש כברק לכל ירכתי תבל? כי האיש העומד בפעקינג קרית מלך כינע שבקצה מזרח אזיא, ידבר עם רעהו העומד בליזאבאן קרית מלך פארטוגאל שבקצה מערב איראפע, ואיש איש מהם יקשיב וישמע את דברי רעהו! שיערו נא כנפשכם את ההבדל הגדול שבין העת הנאורה הזאת ובין ימי קדם; בימים הראשונים שלחנו את דברינו על ידי צירים מיוחדים, אשר בעמל רב ובוגיעה גדולה צלחה בידם ללכת עשר פרסאות ליום, וגם זה כאשר לא עצרם הגשם והחשך וכל אסונות הדרך; כלו עינינו מיהל על תשובת האיש אשר שב אחרי עבור ימים, וירחים, ושנים, ורבים מהם לא הגיעו למטרתם או לא שבו אלינו, כי נפלו שבי בידי אחד מהמקרים הרעים העלולים להקרות בדרכים רחוקים כאלה. אמנם בימינו אלה נשלח את דברינו ביד הציור הנאמן לשולחנו, ביד העלעקטריציטאט, הציור אשר מלא רוחב כדור הארץ הוא משחק לו, הציור שלא יחת ולא יירא מפני כל, הציור שלא ישנה את דברינו, הציור שלא ידע כל מעצר לכוו הכביר; הרים וגבעות, ימים ונהרות, גשם, שלג, ומטרות עזו, לא יעצרוהו מלהשיב לשולחנו דבר. את תפארת ההמצאה הזאת הכירו והוקירו גם הגוים אשר לא נאורו עדנה באור ההשכלה; גם אלה שכל הדברים העתיקים אשר שיבה זרקה בהם כמובים כרעים, המה קדש קדשים להם, והנוגע בהם דמו בראשו, ואשר כל חדש שקץ ותועבה הוא להם, וההוגה בהם יטמא בחייו ובמותו; אלה שסגרו לפני ההתגליות החדשות את שערי ארצם, שמחו לקראת ההמצאה הזאת; עד שגם ארצות תוגרמה פרס כינע ויאפען כוננו את הטלעגראפֶּען לחבר בהם ערי ארצם. המצאות ציורי האור (פֶּאטעגראפֶּהיע) היא אחת מההמצאות החדשות והנפלאות רבת התועלות לחכמת הטבע בכלל ולחכמת הגעאגראפֶּהיע ביחוד. שלש ההמצאות האלה תפעלנה מאד גם על מהירות הפֶּצת אור המדעים בכל ירכתי תבל; כי תחת אשר התנהגה לפנים החכמה בכבודות לאט ולאט ובצעדים בלתי בטוחים, ולפעמים נדחפה גם לאחור מפני תגרת יד האולת ואמונות הבל אשר מלחמה להן אתה משנות דור ודור, ותלך אחורנית במצערי סרטן; תלך עתה בפעמי ענק ובמצעדים בטוחים, ותעבור בדרכה בשנה אחת את אשר לא עברה לפני זה בשנות מאות. אם נשים עין הודרת להתבונן על עושר העמים וכחם, או נמצא שכל אשר תרבינה ידיעות גוי אחד על זולתו בחכמת הטבע, כן ירבה וכן יפרוץ על פני כל יתר העמים, בכבודו, עשרו, וגבורתו; והגוים אשר לא זרה עליהם עוד אור החכמה, המה תכו להגליו. מי לא יודה לדברינו בהתבוננו על ממשלת האנגלים, הצרפתים, האשכנזים והרוסים, על כל יתר שכניהם, או בכלל על ממשלת איוראפא על כל יתר חלקי תבל?

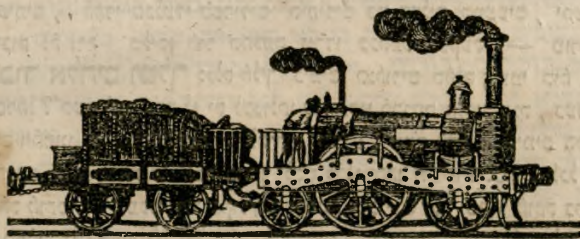
18. §. תועלת המוסרי. את התועלת הזאת נראה בכל ערכה ויקרותיה אם נתבונן

על מצב המדעים והאמונות, בימינו אלה ובימים עברו; או אם נתבונן על החכמים שהתענגו בידיעות חכמת הטבע, ועל הכסילים מורדי אור אשר הכחינה עיניהם מראות את הדרה. קרא נא קורא נעים! בקורות המדעים הטבעיים, ותדע ותשכיל מן מוצא דבר כי מעיני הישועה של חכמת הטבע הבחינית, יצאו אך ממקורות העת הנאורה בשמש הדעת, אחרי שנטהרו שמי החכמות מערפלי הרמיון שכסוה, אחרי שהחלו כל עמי אייראפא הנאורים להשליך איש איש את גלולי שנאת הדת; אחרי שהסירו הלמודיות את צוארם מעול ממשלת כהני און שונאי החכמה ודורשיה; אחרי עבור ימי החשך ימי הבינים (יוסטטוטלסטיק) הימים שעמדו כקיר ברזל לפני אמתיות החכמה, לבל תהרוסנה להרוס עד היסוד את נכלי המתחסדים המתקדשים והמטהרים לעיני העם, למען עשוה כל נבלה בסתר. שנות אלפים נרדמו גם מעט הידיעות הנודעות כבר בימי המצרים היונים והרומים הקדמונים; אחדות מהנה נשכחו כמת מלב, ועל הנשארות רבצו ענני הרמיון והספקות, עד שלא היתה נכרה בהן האמת לפני השקר, והאפשרות לפני הנמנעות. חכמת התכונה שהיא תפארת האדם האמתית ואשר רק על ידה יכיר את נפשו כי חלק אלוה ממעל היא, יען שרוב כח תבונתה לראות ברגע אחד רבוא רבבות אלפי אלפים פרסאות, למצוא מדה שעור וקצב לכל גרמי השמים הגדולים כל אחד רבוא רבבות פעמים מכדור הארץ, ולהביט בסקירה אחת על גדודי אין מספר צבאות שמיים וכוכביהם הרצים לפניהם וירחייהם המלוים אותם; חכמת התכונה הזאת המאירת עינים לא נודעה לחכמי קדם, והשפיקו תחתיה בילדי דמיונות כוזבות; היא החכמה הברוויה שִׁנְהָה או בשם חזות הכוכבים או אצטגנינות (סטסטולוגיק), ידיעה שעל ידה התפארו המהבילים להגיד את האותיות לאחר, את מקרי העמים ומלכיהם, את מקרי האדם והבהמה אם להסד ואם לשבט. ויען שלא ידעו להגיד מראש את תהלוכות כוכבי הלכת, לכן אמרו עליהם כי נבוכים המה סגרו עליהם השמים. אמנם נבוכו מאוד האצטגנינים האלה הוברי שמים עובדי הכוכבים הנבוכים, שגו ברואה כי לא ראו אור בהיר בשחקים; והכוכבים האלה שקראו אותם בשם כוכבים נבוכים, ילכו ויקיפו במסלוליהם, ולא יתעו מני הדרך שינחה אותם יוצרם אף כמלא רחב שערה אחת; וגם לכל ההשבתות שיושבתו בדרכיהם הארוכות מצאו הוכני זמננו מדה ושעור. אולם הוברי השמים לא ידעו נסיון וחשבון רק הלכו אחרי ההבל ויהבלו; המה המהבילים מאז ומקדם, שחפצו לקרא מפורש ושום שכל בתוי השמים המחוקים ביריעות במפלשי שפרירי יה, את מקרי האדם והבהמה; איש או אשה, שור או חמור, עז או כשב, כי יולד או ימות, ישתנו על ידם מערכות כל צבא השמים לפי דעתם הנבערה; את כל כדורי עולמות שאין קץ למספרם ולמרחקיהם בשמי השמים המתנועעים זה אלפים שנים, ואשר ברצות ה' להתמידם יוכלו להתמיד בתנועתם זאת שנות אין מספר, חשבו אך לכדורי משחק לבני תמותה ילדי יום שכן לילה יהיו וכן לילה יאבדו. אמנם גם רוח גם בשר הכסילים המהבילים האלה כבר ספו תמו מן בלהות, וחוקות שמים וארץ לא שנו עוד את מערכתם; אם כי נולדו ונָעוּ מני אז ועד עתה דור דורים. תחת חכמת הכעמי המגלה לאדם את סתרי צפונות הברואה, ואשר גם פה הראה היוצר את אהבתו לאדם, כי על ידי החכמה ההיא השליטו לעשות מהיסודות שכבר ברא, הרכבות חדשות שלא תמצאנה בגבולות הברואה בלעדיו מלאכות ידים, כמו עשיית נחשת קלל מנחשת

19. §. תועלת הרוחני. אחרי שבארנו שתי מיני התועלות החומרי והמוסרי, נבאר
עכש מתועלת השלישית הנכבדת משתי אלה יחד; והיא תועלת האושר האמתי או הרוחני.

2

התועלת הזאת רבה היא באיכותה ויקרתה מכל התועלות שנתבארו לנו עד הנה, והוא כי על ידי ידיעות חוקות הטבע והחכמה הרבה הצפונה בכל אחד מהחוקים, את ערכי ויחסי הכחות זה לזה בכל הבריאה, את חוקות שווי הערך בכל חזיונות הטבע, מהשמש הגדולה מאה וארבעים ואחד רבי פעמים מכדור הארץ, עד אחד מצעיירי חית היציקה (מינרלוגיה Infusorien) הקטנים רבי רבבות פעמים מגרר החרדל, מחוקי מרוצת הדם שבעורקינו עד חוקי מרוצת הכוכבים אשר בערפלי הטוהר (נפטולוסקקס), הרחוקים מאתנו מהלך שלשת אלפים ומאה ועשרים ושלושה ביליאן ותשע מאות ושבעים ושבעה אלף וארבע מאות מיליאן שנים להאדם ההולך עשר פרסאות ליום, וכי גם פה באנו אך לקצה גבול הכרתנו ולא לקצה גבול הבריאה בכללה, נבין ונכיר את עוצם חכמת היוצר הבלתי תכליתית, אשר הוא מקור כל הידיעות האלה, ממנה יצאו ואליו ישובו. הוא המדע, הוא הידוע, הוא הידוע, אמר הרמב"ם, ודבריו נצבים לעולמי עד. — ומקורות לבנו נתן תורה לאלה הרוחות שהבדילנו מן התועים שונאי החכמה וממציאיה ודורשיה, וחלק לנו במובו מחכמתו, להבין מהיצורים על יוצרם ועל אמתת חכמתו הבלתי תכליתית.



חלק ראשון

מהחמר והכחות (ואמצעים) מוגד קרקעט

פרק ראשון

מהסגולות הכלליות אשר להגופים (פ"ק דטן מלגסמייטן מייגסמלפטן דער קרקעט)

20. §. סגולות כלליות ומקרות. בשם סגולות כלליות אשר להגופים נקנה לאלה הסגולות שתמצאנה מבלי הבדל בכל הגופים. אקדוה מהסגולות האלו הנה עצמיות להגופים עד שאם נצ"ר לנו אחת מהנה נעדרת באיזה גוף או לא תשווער לנו עוד אפשרות היות הגוף הזה, ולכן נקרא אותן בשם סגולות כלליות עצמיות, (וועגסמלפט מלגסמייטן מייגסמלפטן) ואקדוה מהנה הן בלתי עצמיות להגופים, אחרי שנוכל לתאר לנו הגופים גם מבלעדן, אך הנסיון יורנו שהנה נמצאות בכל הגופים, ולכן נקרא להסגולות האלו בשם סגולות כלליות בלתי עצמיות או מקרות (מונאטעסמלפט קדער מלגסמייטן מייגסמלפטן). — הסגולות הכלליות העצמיות הנה: (א) התפשטות (מוימדעמאנג), (ב) תאר (גמסטאט), (ג) בלתי החידור (מונדלדרינגווייט), (ד) ההמתחה (מוימדעמאנגווייט), (ה) ההתלחצות (מונאטעסמלפטקווייט), (ו) החלוליות (סקלויטקט), (ז) התחלקות (טהיילבאקווייט), (ח) ההתמדה (בעהאנדלונגס פערמאנענץ), (ט) הטלסול או התנועה (במפוגווייט), (י) הכובד (טוועכט). יבסמנים הבאים נבאר כל הסגולות האלה אחת אחת.

21. §. ההתפשטות. בשם התפשטות נקנה להסגולה הכללית והעצמית לכל הגופים, שיתמידו במקום ידוע (2. §), אבל המקום הזה הוא משתנה מאד. הגדול שבכל הגופים הטבעיים הנודעים הוא השמש הגדול 1409725 פעמים מהארץ, והגופים היותר קטנים הידועים לנו המה חיתי היציקה, אשר אלפי אלפים ורבי רבבות מהן תמלאנה מקום גרגר החרדל; הערך בין הגוף היותר גדול הנודע לנו ובין הגוף היותר קטן שיתראה לנו בעזרת כל-ימגדיל-ההבטה הוא נורא מאד, כי הרבה יותר מן שני נאנוליאן פעמים יגדל השמש מאחת מחיתי היציקה הקטנות; במספר נורא הנכתב בחמשים וארבעה ציפער ברחב. המרה שבתרו בה חכמי הטבע לשער על ידה גודל הגופים, הוא המעטער, וארכו הוא אחד מארבעים מיליאן מאורך היקף כדור הארץ, את המעטער הזה חלקו חכמי צרפת לעשרה דעצימעטער,

ולמאה צענטימעטער ולאף מיללימעטער ; הצורה 1, תורה לנו את מדת הרעצימעטער ,

צורה 1.



המחולק לעשרה צענטימעטער , וכל צענטימעטער לעשרה מיללעמעטער ; ולכן בכל מקום שימצא הקורא בחבורנו את המעטער או אחד מחלקיו יביט אל הצורה הזאת, ויראה בעיניו קנה המדה אשר נשער על ידו כל השיעורים, לפעמים נשער את הכמותים גם במדת רגל הרוסית, שארכה הוא 305 מיללעמעטער בקרוב ; או נשער ברגל הפארזי = 325 מיללעמעטער ; את המרחקים הגדולים נשער במדת הפרסה הגעאגראפית ומדתה היא 7407 מעטער או 24346 רגל רוסית .

§. 22. ערכי המדה בארצות שונות . רוב הארצות תשתנינה במדותיהן , לכן נציג פה לוח קטן להערכות המדות מארצות שונות :

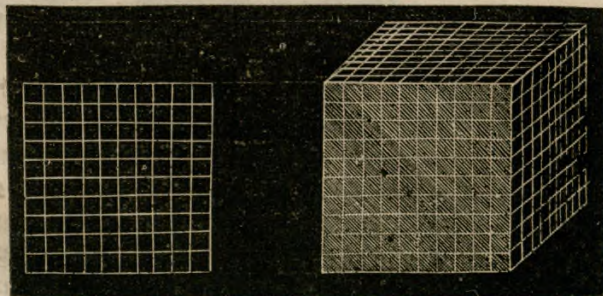
שמות הארצות	רגל	לינען	מיללעמעטער	שמות הארצות	רגל	לינען	מיללעמעטער
אָלדענבורג	1	144	296	זאכסען	1	144	233
אָסטרייך	1	144	316	ליבעק	1	144	287
באָדען	1	100	300	ענגלאנד	1	144	305
באָייערען	1	144	291	פראנקרייך	1	144	325
ברונישווייג	1	144	285	פרייסען	1	144	314
העססען	1	100	250	קור העססען	1	144	287
דענעמארק	1	144	314	רוסלאנד	1	144	305
האמבורג	1	144	287	שווייץ	1	100	300
האנאווער	1	144	292	שוועדען	1	144	297
וויירטעמבערג	1	100	287				

צורה 2.

צורה 3.

§. 23. מדה

המרובעת והמעוקבת .
למדירת השטחים נשתמש
במדה המרובעת
(קוואדראטפוסט), ר"ל מדה
שארכה שווה לרחבה ,
ולמדירת מכילת הגופים
(קובעספולפער מינחמל) נשתמש
במדה מעוקבת



(קוביקוואטס), שארבה רחבה וקומתה שוים בה, למכילת הגופים נכנה גם בשם **תשבורת הנשם**, הצורה 2 תורנו את מדת האצבע המרובע, והצורה 3 את האצבע המעוקב (שניהם במדת העססען). 1 אצבע מרובע המחולק על 10 לינען יכול $10 \times 10 = 100$ לינען מרובעים, והמחולק על 12 לינען יכול $12 \times 12 = 144$ לינען מרובעים. 1 אצבע מעוקב המחולק על 10 לינען יכול $10 \times 10 \times 10 = 1000$ לינען מעוקבים. והמחולק על 12 לינען יכול $12 \times 12 \times 12 = 1728$ לינען מעוקבים. 1 רגל מעוקב המחולקת על 144 לינען תכיל $144 \times 144 \times 144 = 2985984$ לינען מעוקב, והרגל המחולקת על 100 לינען תכיל 1 מיליאן לינען מעוקבים.

24. §. התאר (בעססחוט קדש ס' ג'ו). **תאר** או צורת הגופים הוא התבנית הקצובה מהגוף המוגבל בהתפשטותו, מרבית מיני הצורות שישתנו בהנה הגופים הטבעיים הוא לבלי ספורות; כי מלבד שכל מין ממיני הגופים יש לו צורה מיוחדת, עוד גם אישי המין המת משונים בצורתם זה מזה, עד שכמעט לא ימצאו שני עצמים השווים בצורתם בתכלית השווי, ובכלל נוכל לחלק את כל מרבית צורות גופי הטבע לשני מינים, והמה בעלי שטחים ישרים ובעלי שטחים עקימים; רוב גופי הטבע המת בעלי שטחים עקומים.

25. §. בלתי החדוד. סגולת בלתי החדוד היא הסגולה היותר עצמית מכל יתר הסגולות שבכל הגופים, יען שההתפשטות והתאר אינם מחלקי הגוף ומעצמותו, אך הפה גבולות מקומו, ואת ההומר עצמו הממלא את המקום נכיר אך על ידי סגולת בלתי החדוד, והיא הסגולה שבסבתה לא יוכלו שני חלקים חמריים למלאות בזמן אחד מקום אחד המספיק רק לאחד מהם. פעמים רבות נאמר לא בצדק, שהאבן תמצא במים או הספוג סופג את המים, ולפי האמת יאמר: המים יקיפו את האבן והספוג יקיף את המים כי במקום שיהיו האבן והספוג אין שם מים, יען שהמים לא יחדרו את הספוג רק בחדרי חלליו, והאבן לא תחדור את המים רק תגרשם ותורש את מקומם. בהמוצקים והנוזלים יבין כל אדם מדעתו שבלתי אפשר בהם החדוד אחרי שכבר ראה על פי הנסיון, שבחור עגול הנקוב בדף מעובי רוחב האצבע ואורך אלכסון החור הוא כעובי הדף לא נוכל להכניס שני כדורי עופרת בפעם אחת, אשר מדת כל אחד מהם הוא אצבע באלכסונו, מבלי שידחקו איש את רעהו החוצה; וכן לא נוכל למלאות שני לוגים נוזלים בבקבוק שמכילת חללו הוא לוג אחד, מבלי שישפך לוג אחד החוצה.

אמנם גם האויר הדק מאד ימלא את המקום ככל יתר הגופים, ולכן לא יחדר גם הוא ככל הגופים הנזכרים, את אמתת דברינו יוכל כל איש לנסות: אם ימלא קערה מים ויהפוך צלוחית רקח על פיה בהקערה, יראה שהאויר לא יתן את המים לעלות בתוך הצלוחית, גם אם נעמיק להטביל הצלוחית.

על אדני סגולת בלתי החדוד החמריים נוסד תקון פעמון הטובלים (טויטקוואטקס), אשר בה יעזרו יורדי הימים לרדת בתהומות ימים, וכבר ירד החכם האלילי בלוית ארבעה אנשים בפעמון כזה בתהומות ימים ויתמדה שמה 1½ שעות רצופות (§ 284). פעמים רבות יתראה לנו שהגופים יחדרו איש את רעהו, כן נמצא כמעט כל הגופים נחדרים מהאויר, אמנם גם זה

לא יסתור מאומה את סגולת בלתי החידור, יען שסבת החידור הזה הוא מפני שימצאו בהגופים הללים רקים מהחומר, כאשר יתבאר § 28 ואם כן יחדרו הנוזלים והאווירים רק בתחללים הרקים מהחומר ולא בהחומר עצמו.

גם המיונה הכימית. או הולדת גוף מורכב משני או מהרבה יסודות פשוטים (מיינפאכט סטפס); ואשר המורכב ישתנה בסגולותיו מהיסודות המולידים אותו לא תסתור גם כן את חוקי סגולת בלתי החידור; יען שייסודתה היא בהתחלקות הגופים לחלקים דקים העוברים הרהק האלה מגבולות ההקרה שיכיר חוש ראיתנו; ההשערה הזאת אשר יסודתה היא בשיטת העצמים הפרדיים (סטקויטיק) (§ 47) לא נפלאה היא ולא רחוקה מהשכל והנסיון, כי מי לא יחוש ולא ירגיש בתערובות המים והמלה, או המים והצוקער, או השפירטום והקאמפער שבכל שלשת הגופים המורכבים האלה ימצא עוד כל אחד מחלקי הגופים היסודיים (שמהם הורכבו) נפרדים לבדם? ואם שקצור תקצר פה יד חוש הראיה והמשוש; לראות ולמשש את החלקים האלה לאהרים, הנה לא אולת עוד יד חוש הטעם והריח, לטעום או להריח בהתערובות האלו, את כל אחד מיסודות ההרכבה.

ואם אמנם שתמצאנה גם תערובות כאלה המשתנות בכל סגולותיהן מהיסודות שהורכבו מהם, בכל זאת קרובה היא בעינינו ליחס השנוי הנפלא הזה לערך כמות כח המשיכה שיגדל לפעמים באחד מהיסודות מרעהו, שהוא ציור אפשרי, מליחס אותו אל יכולת חידור החומרים זה בזה שהיא אחת מהנמנעות בלתי אפשרי הציור.

26. §. ההמתחה והתלחצות. ההמתחה היא היכולת אשר להגופים להתגדל בכמות מקומם, והתלחצות היא היכולת אשר להגופים להתקטן בכמות מקומם, החום יגדיל את מרת כל הגופים, והקור יצמצם אותם; על אדני שתי הסגולות האלה כוננו כלי מדירת החום (טערמומטר) במדרגת הסגולה הזאת ושתנו מאד הגופים זה מזה, הגופים האוויריים יתלחצו וימתחו בכחות קטנים ובשיעורים גדולים למאד. הנוזלים הקרים לא ישנו את כמות מקומם, רק על ידי כחות גדולים ובשיעורים קטנים. נקל לפוצץ הקאנאנע שיעובי קירותיה שלש אצבעות מלצמצם המים אשר בקרבה עד $\frac{1}{91}$ מכמותם.

27. §. החלוליות. הנקבים הקטנים שימצאו בעורנו ובעורות כל בעלי החיים זולתנו, ושעל ידם תצא הועה על פני גופי החיים, יקראו בלשון יון (גריכיש) פאָרען, ולכן יקראו חכמי הטבע את סגולת מציאות נקבים כאלה בכל הגופים בשם פאָראַזיטאַט, ואנחנו נקראה בשם סגולת החלוליות Porosität. גדר הפאָראַזיטאַט לפי מובן חכמי הטבע, הוא מציאות חללים המבדילים (אייטפרייז) בין החלקים החמריים שבכל הגופים הרקים ופנויים מהחומר שהגוף מורכב מהם. מציאות החללים האלה היא מסבת חידור הגופים הנוזלים ואווירים בהמוצקים; המים יחדרו בהעצים, הכסף חי בהמתכות, האור (לייט) יעבור דרך הזכוכית, ועוד דרך גופים שקופים רבים, החום, המאגנטיזמוס והעלעקטריציטאט יחדרו בכל הגופים. הפאָרען ישתנו מאד בגדלם, יש גופים שחלוליתם המה גדולים ונראים לעיני בשר, כמו חלולי הספוג והלהם, ויש שיתראו אך בעזרת כלי-מגדיל-ההבטה, כחלולי המתכות. בעור האדם ימצאו

בכל שמה אצבע מרובע יותר מאלף פאָרען. בהגופים הנוזלים לא נוכל לראות הפאָרען גם בעזרת כלי-מגדיל-ההבטה, ובכל זאת לא נפונה שגם בהמה יקצאו חלולים רבים כמו שיתבאר במופת והוא אם נמוג 50 לוג שפירטוס בחמשים לוג מים זכים, אז תהיה מדת היין שרוף המוגז מהם אך 96½ לוג, יען שנבלעו 3¼ לוג משני הנוזלים איש בחלולי משנהו.

הגופים שתלוליהם המה רבים וגדולים יקראו בשם רפויים (אָקקטיוס), והגופים שתלוליהם המה מעטים וקטנים יקראו בשם עבים, (דיסט), הגוף היותר עב שבכל הגופים הידועים לנו הוא הפלאטין, והיותר רפוי הוא, יסוד המימי (וואססענסטאף), הפלאטין יגדל בעביו מהיסוד המימי 254000 פעמים, וכל יתר הגופים הנודעים לנו, המה יותר רפויים מהפלאטין ויותר עבים מהיסוד המימי.

28. §. ההתחלקות (טהיילבאקטיוס). ההתחלקות היא הסגולה הכללית לכל הגופים שעל ידה יוכלו להתחלק לחלקים קטנים, גבול ההתחלקות יעבור הרחק הלאה מגבולות ההכרה שיכירו חושינו, אמנם גם קטנות החלקים הנרגשים עוד בחושינו נפלאה מאד בעיני כל משכיל על דבר, והוא: האדם שהרגשת המשוש לא נשתתה בו יוכל להרגיש שער צמר מערינע שעביו אחד מן 1500 מרוחב האצבע, חכמי חרושת המעשה ישתמשו בחושי מתכת דקים מאד, וכבר נזכרו בזכרונות חכמת הטבע להחכם גילבערט (גילבערטס מאנלדט) (שנה 1816 עד 1824) חושי פלאטין דקים, אחד משלשים אלף מרוחב האצבע, אם כי הפלאטין הוא היותר כבד בכל הגופים שבעולם, בכל זאת חוט דק כזה שארכו כרחוק ווילנא מווארשוי לא יעלה משקלו רק $\frac{1}{3}$, והוט שארכו כרחוק ווארשוי מפעטערסבורג = 1 לאטה; וחוט כזה אשר יסוב את כל כדור הארץ לא יעלה משקלו רק 35 לאטה בקרוב, ומדת המקום שיכיל הפלאטין הנצרך לזה הוא ערך $1\frac{1}{3}$ אצבעות מעוק'. לפי בחינות החכם רעאמור (Réaumur) נוכל לצפות מטיל כסף שארכו הוא = 22 ועביו = $1\frac{1}{4}$ אצבע, באונץ אחד מזהב טהור, ואם נמתח אותו לחושים דקים, ואחרי כן נשטח אותו שטוח על ידי מעגילה (דוכן חייטס וואלס) אז יהיה אורך החוט השטוח הזה מאה ואחת עשרה פרסאות צרפתיות ומצופה מכל עבריו, מבלי מצוא אף נקודה אחת בלתי מצופה ואף אם נבקשה בכלי מחוזה היותר מגדלת, וכאשר נבקש חשבון נמצא שעובי הציפוי הוא רק חלק אחד מן 365000 אלף ברחב הלינע, ולכן אם נצפה בציפוי זהב דק כזה את החוט של פלאטין הרק הנזכר שיקף בארכו את כל כדור הארץ, אז יהיה משקל הזהב הנצרך לזה אך $2\frac{2}{5}$ לאטה (*). במקום שילאה חוש הראיה להרגיש דקות חלקי החומר שמה לא אולת עוד יד חוש הריח, והוא: אם נביא בחדר שארכו 28, ורחבו 21 וקומתו 15 רגל גרגר מאָסוס, בגודל גרגר החרדל, אז ימלא כל הבית ריח עז מהרצפה עד התקרה ימים רבים, גם אם נחליף כפעם בפעם את האויר בחדר הזה על ידי פתיחת החלונות והדלתות; ואם נתבונן שכמות מכילת החדר הוא קרוב אל $14\frac{1}{4}$ מיליאן אצבע מעוק', וכי החלקים הדקים הנאצלים מהגוף המריח הבאים להגלי האויר באפינו, המה מחולקים ומפוזרים בכל אחד מחלקי החדר, וכי חלקי המאָסוס לא יתמעטו בכמותם במעוט נכר גם אם יאצול מריחו שנים

(*) את החוט שעביו הוא אחד משלשה אלפים מרוחב האצבע לא נוכל לראות עוד צעירי בשר.

רבות, או יודע לנו שחלקי הגוף המריה המה קטנים לבלי תכלית, עד שאין מלה בלשוננו לכנות בשם את קטנותם.

אחרי דעתנו כל אלה לא יפלא עוד בעינינו להבין שימצאו עוד גופים דקים רבים בהבריה, ואשר מפאת דקותם לא יורגשו כלל לחושינו מבלי אמצעי, אך יתודעו לנו מפאת פעולתם בגופים זולתם, כן לא ראינו עוד את היסוד המאננעטי או העלעקטרי, החום, או האור (*) אם כי שנודעים לנו בפעולתם שיפעלו על גופינו ועל גופים זולתנו. מכל אלה שנתבאר לנו עד כה ראינו ונוכחנו שגבולות ההתחלקות יעברו הרחק הלאה מגבול הכרות חושינו, אמנם אם נעמיק מעט בחקירתנו יודע לנו כי חק וגבול שם יוצר-כל גם להתחלקות, וכי כל גוף גם היותר דק, הוא מורכב עוד מחלקים יסודיים (מכטטיסטיס) שלא יוכלו עוד להתחלק כאשר יתבאר (§ 47).

29. §. העצלות והמלטול או ההתמדה והתנועה. אחר מהחיונות הראשונים שתפוש עינינו מדי הביטנו אל כל אחד מהנמצאים במרחבי העולם החושי, הוא: שכל הגופים עלולים המה להשתנות ביחס מקומם שימצאו בו, יען שיש גופים רבים שיתמידו במקומם, ורבים מהם יחליפו מקומם לרגעים או לארך ימים, על הגוף המתמיד במקומו שימצא בו, נאמר שהוא נח, ואם יעזוב מקומו זה וילך למקום אחר, נאמר עליו שהוא מתנועע, ולכן לא נוכל לשלול מהחומר לא את הכשרון להמנוחה גם לא את הכשרון להתנועה, ועל כן תחשבנה גם המנוחה גם התנועה לסגולות כלליות לכל גופי הטבע.

את הסבה שתעורר את הגוף הנח להתנועע ואשר תאלץ את הגוף המתנועע לנוח נקרא בשם נח. החומר מצד עצמותו הוא בשווי הנמיה (גויסטיסטי) אל התנועה כמו אל המנוחה, לשווי הנמיה הזאת יקראו חכמי הטבע בשם עצלות או יכולת התמדת החומר (טקטטיסטי, קדטיסטי) במהצרכו נספחם כח נח (טקטטיסטי) ; ועל יסודות הסגולה הזאת כוננו חוקי התמדת החומרים (טקטטיסטיסטיסטי) שהמה מוסדות כל חכמת הטבע והמעאניק.

מסבת סגולת התמדת החומר, יתמיד הגוף שימצא במצב המנוחה במנוחתו לעולמו עולמים, וכן יתמיד גם הגוף שימצא פעם אחת במצב התנועה בתנועתו לעולם; אם לא יאלץ מכחות היצונים הפועלים עליו לשנות תנועתו או לשבות ממנה, השארת הגוף במצב המנוחה גלויה היא לכל על ידי הנסיון היומי ואינה צריכה ראיה; יען שמעולם לא ראינו גוף נח עוזב מנוחתו ומתנועע מבלי כל עלילת סבה היצונית עליו. אמנם התמדת התנועה בהגופים המתנועעים איננו נודע לכל, ורבים ידמו שהתנועה היא אך סגולה מקרית המתלווה להעצמים אך לזמנים מוגבלים, אחרי שבכל תנועות גופי הארץ לא ראו עוד גוף מתמיד בתנועתו לאורך ימים, וגם קצרה ידנו להראות באיזה תחבולה את התמדת התנועה בגופי הארץ, יען שלא נוכל למנוע את התנגדות הכחות ההיצוניים המנגדים להתנועה, כמו: התנגדות החיכוך (כייבוי) (§ 240), התנגדות האויר (§ 250), ועל כולם התנגדות כח משיכת הארץ (§ 32). אולם הגם שיקצר כחנו לראות ולהראות את אמתת חוקי התמדת התנועה בארץ מתחת, נקל

(*) לדעת החושנים שהם נשויים מצלי כוזב (מחנאגבמטע טקטטיסטי).

הוא לנו מאד להראותה בשמים ממעל, בהתמדת תנועות הירח והכוכבים מסביב לקוטנם ומסביב להשמש, המתמידים בתנועתם לעולמי עולמים, גם בכל תנועות הגופים הארציים מבלי הברל, נראה שיתמידו יותר בתנועתם כל עוד שתמעטנה בהם הסבות המפריעות, לכן נזכיר מזה בצדק, שבאם יהיה לאל ידנו להמעיט את ההשבתות האלו מבלי הפסק כי עתה יתנועע הגוף גם כן בזמן בלתי נפסק.

§ 30. אצילות התנועה מגוף לגוף. לכל גוף מתנועע נצרך זמן ידוע לאצילות תנועתו על גוף אחר (גח או מתנועע) שיפגשוהו בדרך הלוכי; והזמן יקמן יותר כל שתרבה קשיות הגופים הנרחפים. על ידי החוק הזה, ומסבת חזרת הפעולה (כפסקטין 10) מרגוף הנפעל על הגוף הפועל בו, המיוסדת גם כן על אדני תקות כח ההתמדה; תתגלנה לנו תעלומות חיוניות שונים, והוא: (ה) אם נירה בקנה רובה בדלת פתוחה הסובבת על צירה, או יקוב הכדור את הדלת מבלי שיסגר הפתח, אם כי שהכח הנצרך לנקיבת לוח הדלת יגדל אלפים ורובבות פעמים מהכח הנצרך לסגירתה, והוא באשר שהכח המתמיד את הדלת במנוחתה על צירה לא נתבטל עוד ברגע שהוא שכבר נקב הכדור אותה: (ז) אם נירה בקנה רובה בלוח של זכוכית, או יעבור הכדור דרך חור עגול שיקוב לו בהלוח מבלי אשר יבקע הלוח לרסיסים: (ג) בגופים רכים או ספוגיים המתפעלים מאיזה כח מניע, נוכל לשער לנו שלכל אחד מחלקיהם תקצא תנועה מיוחדת מלבד התנועה הכללית של הגופים השלמים; ולכן לא יוכל לפעול עליהם הכח המניע בכל חלקיהם בזמן אחד, אך הפעולה תצטק בהמה מחלק לחלק עד תם כל חלקי הגוף, ולכן תחלש בהרגעים הראשונים קבלת הפעולה שיקבלו הגופים מהכחות הפועלים בהם בעוד שלא נתפשטה הפעולה עוד על פני כל גופם; (ומסבה הזאת לא יכאב לנו בהתנגפנו בעצם רך) ולעומת זאת התפשטה פעולת הכח המניע מהר בהגופים הקשים או גם בבילתי קשים אם תמצא בהם אך הסגולה להתנגד בכח עצום להתהלצות, כמו: בהמים וביתר הנוולים, הגופים האלה יתפעלו בפתע פתאום.

על אדני החק הזה נוסדו באורי חיוניות רבים שיתגלו לנו בגופים בלתי מתלחצים המתפעלים מכחות פתאומיים, והוא: (ד) בכמות קטן מאבק מורה הנדלק על ידי חוט עלעקטרי בתוך חבית גדולה ומלאה מים, נוכל לפוצץ קירות החבית לרסיסים, גם אם חשוקי ברזל יתגורו מסביב; (ה) על ידי כדורים נבובים (באבטן) הממולאים באבק מורה והמתפוצצים בעומק הנהרות נוכל לפוצץ את הקרח העב אשר יתעלם עליהם. רבים ונפלאים הם החיוניות בהגופים העיבירים בפתע פתאום ממצב התנועה אל המנוחה; או מהמנוחה אל התנועה, וסבת כולם הוא כח התמדת החומרים, והוא: (ו) אם תתחיל העגלה או האניה שאנחנו יושבים בה להתנועע פתאום או ינטה גופנו לאחור מעט, ואם תצטרך פתאום בתנועתה או ינטה גופנו לפנים, יען שבתחלת הנסיעה נתמיד במנוחתנו, ובסופה נתמיד בתנועתנו: (ז) עגלת הקיסור תתמיד במרוצתה גם אחרי שכבר נפסקה פעולת המכונה שלה: (ח) גלי הימים והנהרות לא ישקטו זמן רב גם אחרי שכבר שקטה הרוח שהולידה אותם: (ד) הכח שיוצרך לנו למען הניע גוף נח ממקומו יגדל יותר מהכח הנצרך לנו להתמיד אותו בתנועתו; יען שבאופן הראשון נצרך לנו גם לנצח את התמדת מנוחתו; ובאופן השני נצרך לנו רק

להתנגד להתחככות שבין האופנים ובין מטילי הברזל (טענת). ויתר חוקי ההתמדה יתבארו לנו
בבארנו את כמות כח ההתמדה (§ 224) ואת חוקי הכח החי (§ 222) ומכח התנופה (§ 219).

31. § הכובד (טענת). הכובד הוא הסגולה שעל ידה כל הגופים הארציים על
הארץ אם יוגבהו ממנה; ואם לא יפגשו בסבה מפרעת בדרך נפילתם. הכובד הוא
תולדת כח המשיכה הכללית (מאגנטיים מליהונגס קראפט) שיקצא בכל שני גופים טבעיים
הנמצאים בעולם, ופעולת הכח הזה יתערך בערך ישר לכמות חומר הגופים; ובערך
מהופך מרחקיהם זה מזה, ולכן תהיה גם סבת נפילת הגופים לארץ כח המשיכה של
כדור הארץ, שהוא קבוע כל כחות המושכים שלכל אחד מחלקי החומר אשר כדור הארץ
הורכב מהם (עיין § 32).

32. § סבת נפילת הגופים על הארץ. אם נצייר בנפשנו שרק שני גופים שווים

בכמות חמרם יקצאו בעולם,

והמה: הכדורים A, B, צורה 4, אז

היו מושכים זה את זה (מפאת

שווי כמות חמרם וכח משיכתם)

בכחות ומהירות שוות, ומקום

פגישתם תהיה על אם הדרך

בהנקודה M ושמה ינתו, אולם אם יהיה כמות החומר אשר להכדור B גדולה פי שנים

מכמות החומר של הכדור A, אז יהיה גם כח המשיכה שבו יפעל הכדור B על A גדול פי

שנים מכח המשיכה שבו יפעל הכדור A

על B; ובקרבתם זה אל זה מסבת

המשיכה, ימהר הכדור A הנמשך בכח

קטנה גם כן במהירות משנה, ובעוד

שיעבור הכדור B בדרכו לעומת A אמה

אחת, יתנועע הכדור A לעומת B, אמתים

מקום הפגישה יהיה בהנקודה D צורה 5.

והנקודה ההיא היא קרובה להנקודה B בשליש המרחק, וירחוקה מהנקודה A בשני שלושי

המרחק שנתרחקו בו הכדורים A, B איש מאחיו במסרם שהחלו לפעול תליפות זה על זה בכח

משיכתם. אם נתבונן על התנועה

הזאת, אז יודע לנו שהכדור הקטן A

עבר את דרכו הארוכה A, D בעת ההיא

שהכדור הגדול B עבר את דרכו

הקצרה B, D, ואם נקח את ערך

השתנות הגודל מכמות החומרים של

שני הכדורים האלה בשיעור גדול למאד,

ד"מ: אם יהיה $B = 1000$ וחומר

צורה 4.



צורה 5.



צורה 6.



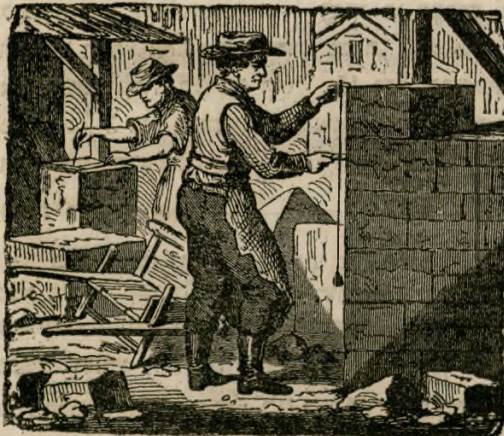
$1 = A$, או תהיה גם מהירות תנועת B קטן אלף פעמים ממהירות A, עד שיתראה לנו שהכדור B הוא נח בעוד שהכדור A יתנועע במהירות גדולה, ומקום פנישת הכדורים יהיה על פני הכדור הגדול B כמו שתורנו הצורה 6. — החקירה הזאת שתקרנו על מהירות התנועה ומקום נקודת הפנישה משני גופים אם לו היו אך שניהם יחידים נמצאים בעולם, תתראה לעין האיש שלא נסה להציג כף רגלו על מפתן חכמת הטבע. לחקירה נבערה בדברים שלא היו ולא יהיו לעולמים, אמנם המשכיל יראה ויבין שכבר מצאנו בזה חידה נפלאה שנלאו כל חכמי תבל להגידה שנות אלפים, הגם שהוא באור חיון שנראה אותו לרגעים, ר"ל נפילת הגופים על הארץ, והוא: כל הגופים הנופלים על הארץ המה קטנים למד מאד בערך כמות חומר הארץ; ולכן אין בכחם למשוך את הארץ אליהם אף כמלא רוחב שיערה אחת, ולעומת זאת תגדל הארץ רבי רבבות מיליאן פעמים מהם, ותכריח אותם להתקרב אליה במשך הזעקונדע הראשונה לנפילתם, 15 רגל פאריזי (§ 204).

§. 33. האנך, נטיית יושר הנפילה ונטיית יושר המאזני. אם נתלה כדור עופרת על חוט, או לא יתנהו החוט לנפול על הארץ, אולם הכדור ימתה את החוט בנטיה ההיא שהיה רץ בה אל הארץ, אלו היה נפסק החוט שנתלה עליו; נטיית החוט (דיש ריכטונג) הקתות על יד איזה גוף כבד, שמגמתו הוא לנפול לארץ, תקרא בשם נטיית יושר הנפילה (וועקערסטעט ריכטונג), ר"ל היא הנטיה שבה היה הגוף הנופל מגיע אל פני הארץ אם נשלחהו חפשי, והכל

צורה 7.



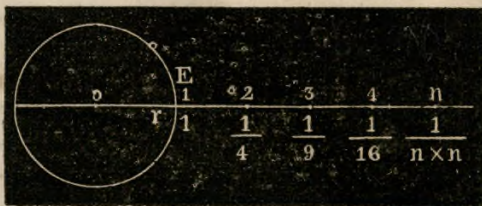
צורה 8.



שעל גוף נמצא הנטיה הזאת יקרא אנך (עקסס, בוויקסס) ותמונתו תורנו צורה 7. הנטיה שתחתוך את נטנת יושר הנפילה על זווית נצבת, והוא הקו A B בצורה 7 תקרא בשם נטיית יושר המאזני (וועקערסטעט ריכטונג), או

נטיה אופקית (הקוועקססס); תכונת מוט המאזנים ושטח פני המים הנחים עבאיזה כלי הוא בנטיית יושר המאזני ותכונת עמוד נצב הוא בנטיית יושר הנפילה. בגלל הנטיה הישרה של האנך נבחר עוד מימי קדם ליושר על ידו את בנין החומות כאשר תורנו הצורה 8.

§. 34. חק הכובד (גרמיוסליקס גוסטן). אם נצייר בנפשנו את קו נטיית האנף הולך ומתארך בקו ישר למטה בעומק הארץ, אז יצא לנו קו ישר המחבר את קצה האנף עם מרכז הארץ כאשר תורנו הצורה 9, ובאשר שאם נתלה חומי אנף רבים בנקודות שונות על פני הארץ יפגשו קוי התארכותם זה את זה בהנקודה המרכזית מהארץ, לכן נוכל להשב את הנקודה המרכזית c, לנקודת משכן כח הכובד, וכל הנקודות שעל פני הארץ תתרחקנה מהנקודה המרכזית כפי אורך מחצית אלכסון כדור



הארץ = 860 פ"ג; וגודל כמות כח המשיכה שתמושך הנקודה הזאת אל המרכז, הוא כפי שהורנו הנסיון במהירות 15 רגל פאריזי בהועקונדע הראשונה, אמנם כל עוד שגודל מרחק הגוף ממרכז הארץ יתר על 860 פ"ג, כן תחלש פעולת כח המשיכה עליו, ויפול במהירות פחותה מן 15 רגל בהועקונדע הראשונה. — מנקעת (דיח מבלחחוס) פעולת הכח הכובד אשר להארץ בפעולתו על הנקודות הטבעיות המתרחקות מעל פני הארץ, נמצא על ידי חק טבעי מיוחד הנקוב בשם חק הכובד (גרמיוסליקס גוסטן) והוא: כמות כח ההמשכה שתפעל הארץ על גוף המרוחק משטחה, ישוה תמיד להמנה (קוואלטיטס) היוצאת מחלוקת המספר 15 רגל על המרובע (קוואדראט) של כמות המרחק; כאשר נקח את מחצית אלכסון הארץ להאחרות (מייכייט) למוד בו המרחק ההוא, ולפי זה יהיה כמות ההמשכה שתמשוך הארץ איזה גוף הרוחק ממנה 860 פ"ג, אך $\frac{15}{4} = \frac{15}{2 \times 2} = 3 \frac{3}{4}$ רגל, ר"ל האבן שתפול פה בקרבת הארץ 15 רגל בהועקונדע הראשונה, תפול במרחק 860 פ"ג ממנה, רק $3 \frac{3}{4}$ רגל בהועקונדע הראשונה, ובמרחק 1720 פ"ג מהארץ תהיה דרך נפילתה בהועקונדע הראשונה $\frac{15}{9} = \frac{15}{3 \times 3} = 1 \frac{2}{3}$ רגל, ובמרחק 15 מחצית אלכסוני ארץ = 12900 פ"ג, תפול רק $\frac{15}{225} = \frac{15}{15 \times 15}$ רגל, כמו שתורנו הצורה 9.

באופן הזה נוכל למצוא גם פעולות משיכות גרמי השמים איש את רעהו, כן ד"מ נמצא פעולת משיכת הארץ על הירח אם נדע מרחק הירח מהארץ, והנה מרחק הירח מהארץ = 52000 פ"ג שהוא 60 מחצית אלכסוני ארץ בקרוב, לכן יהיה כמות כח המשיכה שתפעל הארץ על הירח $\frac{15}{3600} = \frac{15}{60 \times 60} = \frac{1}{240}$ רגל. מהחוק הזה יצא לנו משפט צדק בחכמת הטבע, והוא: כח המושך יתמעט בערך מרובעי הוקפת מרחקי העצמים הנמשכים, ויתגדל בערך ישר לכמות החומר של הגופים המושכים, ד"מ אם יהיה כמות החומר אשר להגופים המושכים = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, או יהיה כח משיכתם גם כן

ואם יעמדו הגופים הנמשכים בהמרחקים $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$,
 אז יקשכו בכח $= 1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}, \frac{1}{25}, \frac{1}{36}, \frac{1}{49}, \frac{1}{64}$
 (עיין § 42, 43 §).

35. § סבת השתנות הכובד על פני הארץ. הארץ היא איננה כדור נכון, לכן לא ישוה במקומות רבים המרחק מהמרכז עד המקיף, וען שאלכסון עיגול המשוה יגדל מאלכסון הצירים 6 פ"ג, והוא $\frac{1}{290}$ מאורך כל האלכסון, ולכן לא ישוה גם כח המשיכה על פני כל נקודותיה, וההבדל הזה יגדל עוד מסבת תנועת הארץ על קוטרה, כאשר יתבאר לנו בדברנו בחכמת התכונה. — ערך כח המושך אשר להארץ תחת עיגול המשוה אל כח המושך אשר לה תחת אחד הצירים הוא מהופך למרובעי אלכסוניה או כערך 289×290 שהוא כערך 144 אל 145, ולכן יגדל כח הכובד מתחת להצירים מאשר לתחת המשוה בשיעור $\frac{1}{145}$ בקרוב.

36. § משא הגופים. (Masse). בהמושג משא (Masse) נבין את כמות החלקים החומרים שמהם הורכב הגוף, מבלי שים לב על כמות כח כובדו, הלחיצה שילחץ כל גוף על העצם המוצע תחתיו, או אשר הוא נתלה עליו מתערכת לא לבד למספר חלקי חומרו, אך גם לכמות כח כובדו, ולכן אלו היה כמות כח הכובד של הארץ גדול פי שנים; כי עתה היתה לחיצת הגוף פי שנים גם אם לא יגדל משאו, ואם נביא שני כמותי משא שווים בשני מקומות על הארץ השונים בכמות מרחקם מהמרכז, או ישתנו גם בכמות לחיצתם, הנסיון הורנו שכמות מהירות שיגיע בה הגוף הנופל לארץ, הוא 30 רגל פארזיו מקץ הזעקונדע הראשונה (*), ובאשר שפעולת כל גוף הנוק תשוה להמכפלה מכמות חומריו עם מהירות תנועתו, ר"ל: פעולת האבן המתנועעת שתפעל על איזה עצם המתנגד לתנועתה תשוה בין כאשר תהיה משקלה 1 ליטרא ומהירותה 2 רגל לזעקונדע; ובין כאשר תהיה משקלה 2 ליטרות ומהירותה 1 רגל לזעקונדע, לכן נמצא כמות משא הגוף כאשר נתק את כמות משקלו על כמות מהירות נפילתו מקץ הזעקונדע הראשונה, ר"ל: באבן שמשקלה היא 600 ליטרות, תהיה משאה $600 : 30 = 20$ ליטרות, אם נביא את האבן הזאת על הירח, או יהיה משקלה אך $5 \times 20 = 100$ ליטרות, וען שמהירות הנפילה שמה היא אך 5 רגל להזעקונדע הראשונה, ואם נביא אותה על השמש או יהיה משקלה $840 \times 20 = 16800$ ליטרות, נמשך מזה את משקל הגוף נמצא בכל מקום שיהיה על ידי כפילת משאו עם כובדו, את משא הגוף נמצא על ידי חלוקת משקלו על כובדו, את כובד הגוף, נמצא על ידי חלוקת משקלו על משאו ושומר את העקרים האלה, כי מוסדות חכמת הטבע והתכונה המה.

37. § המשקל. אם יעצר איזה גוף על ידי עצם המוצע תחתיו מלנפול על פני

(*) ר"ל אלו הם הגוף הנופל ממנוע כהמהירות שיקנה לו נפילתו מקץ הזעקונדע הראשונה מכלי להבחנה עוד כי עתה היה עונד 30 רגל פארזיו לזעקונדע כאשר יתבאר לנו. § 204.

הארץ; אז תבטל על ידי זה נפילתו בפעל, אולם מגמתו וכוספו לנפול לא יבטל, את הכוסף הזה נכיר בחוש על ידי הלחיצה שילחץ את העצם המוצע תחתיו, וכמות הלחיצה הזאת תקרא בשם משקל הגוף, ובאשר שכל גוף הוא מורכב מחלקים רבים, וכל אחד מחלקיו יתפעל מכה הכובד של הארץ, לכן יפעל כל אחד מהחלקים האלה לחיצה המתערכת אל כמות גודל החלק הנמשך ואל כמות גודל כח הכובד אשר לארץ; ולכן דעת לנכון נקל, כי שני חלקים הומרים שווים מגוף אחד, יפעלו גם כן שתי לחיצות שוות על עצם אחד המוצע תחתיהם, ולכן תתערך כמות לחיצות גוף קטן אל לחיצות גוף גדול, כערך משאם, (§ 36) או במלות שונות; ערך משקלי הגופים הוא כערך משאם מוכפל על כח הכובד המושכם, נמשך מזה שגוף א' ארציי שיגדל מגוף ב' פי שנים בכמות משאו, יגדל ממנו שתי פעמים בכמות משקלו.

38. §. אחדות המשקל. האחדות (מיינהייט) שבחרו הוקרי הטבע למוד בה את משקלי הגופים לבהינות מדעיות הוא הגראמם, והוא משקל 1 צענטימטר מעוקב מים זכים, שמעלת חומם הוא $4\frac{1}{10}^{\circ}$ 'C' (עיין בספרנו החום והאור) * ר"ל הוא כמשקל המים שיכיל הכלי המעוקב שתושבתו וגבהו הוא כגודל שטח הצורה 10. הליטרא שבארץ רוסיה = $\frac{1}{4}$ 409 גראמם = 32 לאטה = 96 זאלאטניק צורה 10 = 9216 דאלי.

1 בערקאוויץ = 10 פוד = 400 ליטרות. 1 פוד = 40 ליטרות.  1 לאטה = 3 זאלאטניק. 1 זאלאטניק = 96 דאלי. 1000 גראמם = 1 קיללעגראמם = 2 ליטרות ± 14 לאטה ± 40 $\frac{1}{4}$ דאלי במשקל ארץ רוסיה, הקיללעגראממען הליטרות או איזה משקל אחר שישקול איזה גוף יקרא בשם משקלו הפשוט (פשוט געוויינט).

39. §. משקלי הרובלים. הרובלים (פאפאטקט) יחשבו 1 ליטרא = 12 אונצען; 1 אונצע = 2 לאטה; 1 לאטה = 4 דראכמען; 1 דראכמען = 3 שקרופעל; 1 שקרופעל = 20 גראנן, נמשך מזה 1 ליטרא = 24 לאטה = 96 דראכמען = 288 שקרופעל = 2760 גראנן; 1 אונצע = 8 דראכמען = 24 שקרופעל = 480 גראנן; 1 לאטה = 12 שקרופעל = 240 גראנן; 1 דראכמען = 60 גראנן.

40. §. הבדל מושגי הכובד והמשקל. באשר כי כובד הגוף מתיחס לכמות משאו של הגוף המושך ולכמות המרחק שבין הגופים המושך והנמשך לפי (§ 34) ומשקל הגוף הוא נערך גם לפי רבוי החלקים שבהגוף הנמשך ולפי כמות המשיכה של הגוף

(* ההכס עליוזאוס (Celsius) חלק אל המהערמאמעטער צין נקודת הקפאון (גפאטור סקאט) וצין נקודת הרתיחה (ווייטסנקאט) על מאה חלקים שוים (מעלות, גראדן), המים המה צחליות מעטס (מאקסמוס דע דייטשינקאט) כהיום חומם $4\frac{1}{10}$ מעליה עליוזאוס.

המושך (§ 36) לכן נבקש את פני הקוראים לבלי החליף את המושגים כובד ומשקל זה בזה, יען שכל הגופים הנמשכים בכח מושך אחד ישוו זה לזה בכובדם; גם אם שונים המה בכמות חמרם ובמשקלם, וכל הגופים השווים זה לזה בכמות חמרם ישוו אך אז במשקלם כאשר יקשבו בכח מושך אחד, ויוכלו להשתנות במשקלם אם יקשבו בכחות משיכות שונות, לכן נוכל למצוא שני גופים שווים במשקלם ומשתנים בכובדם, ושני גופים שווים בכובדם ומשתנים במשקלם, ד"מ: שני משקלים של נחשת השווים זה לזה במדת גרלם ובמשקלם, כאשר נשקול שניהם במאזנים ישראליים בדינאבורג, ושתנו כאשר נשקול את האחד מתחת לעיגול המשוה ואת השני מתחת להצירים, יען שהמשקל המובא תחת הצירים יתוסף בשיעור $\frac{1}{145}$ ממשקלו על המשקל המובא לעיגול המשוה (§ 35), וכן שני משקלים א; ב ששקלנו אותם תחת המשוה והיה משקל א = 144 ליטרות ומשקל ב = 145 ליטרות ישתוו במשקלם אם נביא את משקל א תחת אחד הצירים ומשקל ב ישרארי תחת עיגול המשוה (*).

ואחרי דעתנו את כל אלה נחזור על דברינו בקיצור ונאמר: ערך כמות המשקל הוא תוצאות (1) כמות החומר מהגוף המושך, (2) כמות המרחק שבין המושך והנמשך, (3) כמות החומר הנמשך; אולם הכובד הוא תוצאות (1) כמות החומר מהגוף המושך, (2) כמות המרחק בין המושך והנמשך, ולכן יהיה יחס הכובד להמשקל כיוחס הפועל להפעולה, או יותר בצדק כיוחס הסבה והמסובב (ויליאם וויטקונג); ולכן ישתנו הכובד והמשקל גם באופן מדידתם, והוא: את הכובד נמדוד על ידי כמות הדרך שירדן הגוף הנמשך אל הגוף המושך בהזעקונדע הראשונה; וכמות המשקל יומדד על ידי שיעור הלחיצה שילחץ הגוף הנמשך על העצם המוצע תחתיו המבדיל בינו ובין הגוף המושך אותו; ולכן נאמר שהכובד אשר לחגופים הנופלים על השמש הוא גדול 28 פעמים בקרוב מהכובד של הגופים הנופלים על הארץ, יען שהגופים הנופלים על השמש יעברו בהזעקונדע הראשונה 420 רגל בזמן שהגופים הנופלים על הארץ יעברו אך 15 רגל בהזעקונדע הראשונה, וכן נאמר שכובד הגופים על הירח הוא אך $\frac{1}{6}$ מכובד הגופים שעל הארץ. יען שדרך נפילת הגופים על הירח בהזעקונדע הראשונה = 24 רגל בקרוב; ולכן שני גופים א; ב אשר אם נשקול את שניהם על הארץ יהיה משקל א = 1 ליטרא ומשקל ב = 168 ליטרות, נמצא שגודל משקל ב ממשקל א על הארץ הוא 168 פעמים, ואם נביא את הגוף א על השמש ואת הגוף ב על הירח אז ישתוו שני הגופים בכח לחיצתם שילחצו על העצמים המוצעים תחתיהם, באשר כי $1 \times 28 = 168 \times \frac{1}{6}$, ר"ל על השמש עלה הגוף א 28 פעמים בכמות כובדו מאשר היה על הארץ, ולכן יהיה משקלו כמשקל 28 ליטרות על פני הארץ, ועל הירח הוקל הגוף ב 6 פעמים מכמות משקלו שהיה לו על הארץ, ולכן לא נשאר משקלו כי אם $\frac{1}{6} \times 168 = 28$ ליטרות, אולם בכמות כובדם שהיו שני הגופים א; ב שווים זה לזה בחיותם על פני הארץ (אחרי שגם שניהם נפלו עליה 15 רגל לזעקונדע הראשונה) ישתנו עתה מאד

(*) בכל החשבויות האלה חשבונו אך את הכדל הכובד מסמך בלתי השמות האלכסונים, ר"ל מסמך הכדל המרחקים מנקודת משכן הכובד (מהמרכז) ובדברנו (§ 219) מהוקי התנופה, נבאר גם הכדל הכובד מסמך בלתי שוויו כחות התנופה על ידי הכדל מהירות תנועת הנקודות השוות שעל פני הארץ.

יען שהגוף א' השוכן בעת על השמש הוא גדול בכובדו מהגוף ב' שעל הירח 168 פעמים, כי תחת אשר הגוף ב' יפול על הלבנה אך בדרך 24 רגל, יפול הגוף א' על השמש בדרך 420 רגל בהעקונדע הראשונה. הארכנו מעט בביאור ההבדל שבין כובד ומשקל, יען שהוא מהמושגים העיקריים שיסודות כל חכמת התכונה הנעלה נוסדה עליהם.

41. §. ארבעה משפטים בחקות הכובד והמשקל. מכל אשר נתבאר לנו נודעו לנו ארבעה משפטים בחוקי הכובד והמשקל, והמה:

א) הכובד יתוסף בערך ישר לכמות משא הגוף המושך. ר"ל אם יתוסף המשא פי שנים או יגרע במחציתו, או יכפל; או יתקטן במחציתו גם כה הכובד, ואלו נתגדלה הארץ כפלים או היה נופל כל גוף אליה במהירות 60 רגל; ואלו נתקטנה הארץ במחציתה, או נפל כל גוף אליה במהירות 15 רגל מקץ הועקונדע הראשונה תחת אשר יפול בעת במהירות 30 רגל.

ב) הכובד יתקטן לפי מדת מרובע מרחקי הגוף המושך מהנמשך, ומדת האחרות שבה ישוער המרחק הוא מחצית אלכסון הגוף המושך. ר"ל: אם יתרחק הגוף הנמשך ממרכז הגוף המושך כפלים כמדת מחצית אלכסונו, או יתקטן כובד הגוף הנמשך ארבע פעמים מכובדו שהיה לו בקרבת שטח הגוף המושך, ד"מ: מדת מחצית אלכסון השמש הוא 96242 פ"ג ומדת המהירות של הגופים הנופלים על פני השמש היא 840 רגל מקץ הועקונדע הראשונה, ומדת המרחק האמצעי שבין מרכז הארץ ומרכז השמש הוא = 20692030 פ"ג = 215 מחצית-אלכסוני-שמש, לכן תהיה מהירות נפילת הארץ למול השמש $840 \times \frac{1}{46225} = 840 \times \frac{1}{215} \times \frac{1}{215}$ מיללימעטער בקירוב לועקונדע, אבל מחצית אלכסון הארץ = 860 פ"ג, ומהירות נפילת הגופים הקרובים לה = 30 רגל, ומרחק השמש מהארץ = 24060 מחצית-אלכסוני-ארץ בקירוב, לכן מהירות נפילת השמש למול הארץ = $30 \times \frac{1}{24060} \times \frac{1}{24060} = \frac{30}{5788360} = \frac{1}{19296120}$ רגל; נמשך מזה שמרוצת הארץ אל השמש תגדל ממרוצת השמש להארץ 351000 פעמים בקירוב, ואם נקח תחת המספרים העגולים (כונדעללה) המספרים המדויקים; למדת האלכסונים והכובד והמרחק, אז יצא לנו 355500 תחת 351000. ממוצא דבר נראה שבעוד שיש בכח השמש להטות אליה את הארץ במהירות $6 \frac{1}{20}$ מיללימעטער מקץ הועקונדע הראשונה לנפילתה, אין בכח הארץ להטות את השמש רק בשיעור $\frac{1}{58336}$ מיללימעטער (*) והוא פחות מאחד מאלף ברוחב הוט השערה, לכן תקוף הארץ את השמש בעוד שהשמש תסוב על צירה במקומה.

ג) הכובד לא יתוסף ולא יגרע בהוספת או בגרעון משאו של הגוף הנמשך. גוף גדול וקטן שנפלו על הארץ מגובה אחד, יגיעו בזמן אחד לארץ, ואלו היו כל כוכבי הלכת

(*) לורך דרך הנפילה הצעקונדע הראשונה, הוא כהני המהירות שמהיה להגופים מקץ נפילתם הצעקונדע הראשונה, ולכן לורך דרך נפילת הארץ למול השמש, הוא $3 \frac{1}{40}$ מיללימעטער, ומהירות הנפילה מהשמש למול הארץ הוא $\frac{1}{416660}$ מיללימעטער.

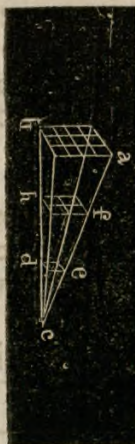
באותו מרחק שרחוקה הארץ מהשמש או היו נופלים כלם במהירות 6 מיליאמעטער אל השמש, הגם שישונים המה בגדלם מאה רבבות פעמים כי הכוכב צדק יגדל מהכוכב העסמייא 191600 מיליאן פעמים, עיין בספרנו השמים והארץ (מחכמת התכונה).

(ד) המושקל יתגדל גם בהוספת משאו של הגוף הנמשך. גוף הגדול פי שנים מגוף אחר במשאו יגדל ממנו פי שנים גם במשקלו, אף ששניהם נמשכו בכח כובד אחד. ארבעה המשפטים האלה יתבארו לנו באר היטב ושום שכל בארבעה הסמנים הבאים.

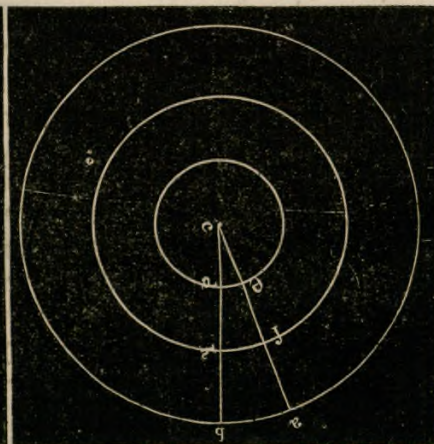
§. 42. באור סבת הוספת הכובד בערך ישר למשא הגוף המושך. הגופים לא נחו מרחם הטבע בגדלם שיתראו לנו עתה, אך על יד יד נתקבץ בהם חלק לחלק ויהיו לאגודה אחת, לכן נוכל לתאר לנו שכל גוף הוא מורכב מחלקים רבים שווים ודומים, ואם יהיה בכח אחד מהחלקים לפעול איזה פעולה, או יהיה הכח הזה נמצא גם בכל אחד מיתר החלקים השווים לו בכל סגולותיהם, לכן תהיה פעולת הגוף השלם קבוצת הפעולות מכל חלקיו יחד, ופעולת חלק יחיד בהגוף תתערך להפעולה הכללית, כערך כמות החלק לכמות הגוף, ומעתה נקל להבין שאם נוסף עוד חלקים כאלה על הגוף השלם, נרבה פעולתו, ואם נגרע ממנו חלקים נמעיט פעולתו, או בכלל כמות הפעולה שיוכל לפעול כל גוף הוא ככמות מספר חלקי החומר שהורכב מהם.

§. 43. באור סבת התמעטות הכובד בערך מרובע המרחק שבין הגוף המושך והנמשך. פעולת כל כח הפועל מרחוק לכל עבריו, אהור וקדם, ימין ושמאל, מעלה ומטה, נוכל לתאר לנו לפעולה בנקודה מרכזית שקוים בלי ספורות יוצאים ממנה לכל רוח, הקוים האלה יתרחקו זה מזה כל עוד שיתרחקו מהמרכז, כאשר יתרחקו הקוים הנמשכים ממרכז

צורה 12



צורה 11



הכדור אל היקפו, אם נצייר לנו (צורה 11) את משכן הכח בהנקודה c ושלשה עגולים b, h, d יקופו במרחקים שווים זה מזה את המרכז c , ר"ל במרחק d מן c יהיה מרחק h מן d , ומרחק h מן h , נמשך מזה שיגדל פה מרחק h מן c פי שנים במרחק d מן c , ומרחק b מן c יגדל שלש פעמים במרחק d מן c , ואם נמשיך שני קוים a, c ו b, c מהמרכז עד מקוץ העיגול החיצון, אז יתרחבו שני

הקוים בהתרחקם מן c, באופן אשר הקשת h f יגדל כפלים מהקשת d e, והקשת b a יגדל שלש פעמים ממנו, ואם נצייר לנו עוד שנחתוך מהבדור תמונה קעגולית*) אשר ראשו הוא המרכז e ותושבתו הוא שטח עגול שמדת אלכסונו היא הקשת b a, או אם נחתוך את הקעגול לרחבו בהנקודות f e, ונעריך את שטחי הכריתות (קוטרספיטט) זה למול זה, או נמצא שהשטח f יגדל 4 פעמים מהשטח e, והשטח a יגדל 9 פעמים מהשטח e יען שבהשטח f ימצאו 4 מרובעים, ובהשטח a ימצאו 9 מרובעים, שגודל כל אחד מהם הוא כהמרובע שנוכל לתאר לנו בהשטח e, וכמו שתורנו הצורה 12 באר היטב, ובאשר שהכח שבהנקודה e לא נתגדל בכמותו והשטחים אשר יפעל עליהם הכח e בהמרחקים השונים יתגדלו כמרובעי מרחקיהם ממנו, לכן תתקטן פעולת הכח כשעור שיתגדלו השטחים מקבלי הפעולה, ד"מ: השמש תגדל מהארץ במשאה 355000 פעמים, ולכן היה ראוי להיות שיפלו הגופים על פניה 355000 פעמים יותר מזה מאשר יפלו על הארץ, אך יען שמחצית אלכסון השמש יגדל 112 פעמים ממחצית אלכסון הארץ, לכן תהיה מהירות הנפילה עליה $\frac{355000}{112} = \frac{35500}{112} = \frac{3550}{12544}$ 28 f פעמים בקרוב.

§. 44. באור סבת כלתי השתנות הכובד בהשתנות משא הגוף המושך. שני מיני כחות יש בהטבע, (א) כח הפועל בעצם באיזה גוף מבלי שיפעל הגוף הנפעל מאומה. (ב) כח אשר לא יפעל בעצם מאומה אך כל פעולתו היא שיעורר בלא מתכוין פעולה בגוף זולתו והגוף המתפעל יפעל פעולתו בסבת קבלתו ההתעוררות הזאת, הכחות הפועלים בעצם, לא יוכלו להוציא את הפעולה למענה; אם לא ימצא איזה אמצעי (מיטטס) המחבר אותם בקשר אמיץ עם הגוף המקבל פעולתו, והכח שיפעל על ידי התעוררות יוכל לעורר פעולה גם מרחוק; או מבלי כל אמצעי-מקשר (בינדויטסס) בינו ובין הגוף שיתעורר על ידו; או שיעורר פעולתו על ידי אמצעי דק מאוד שלא יורגש לנו בחושינו, כח ההמשכה שימשוך גוף מתנועע את הגוף הנח הקשור בו בחבל הוא כח פועל בעצם, וכח משיכת המאונגעט את הכרזל, או כח המשיכה העלעקטרית, הוא כח הפועל על ידי התעוררות, גם תשוקת הנפילה שישתוקק כל גוף לנפול על גוף זולתו הגדול ממנו במקצא, היא פעולה הנולדת בו על ידי התעוררות. מהירות התנועה שיושיג הגוף בקבלו הפעולה מהכח הפועל עליו בעצם (מבלי לפעול בעצמו מאומה), יתעורר בערך מהופך לכמות משאו של הגוף, ד"מ: אם יש בכח הסוס למשוך עגלה כבדה עשר ככרות במהירות 4 רגל לזעקונדע, או יוכל למשוך עגלה כבדה עשרים ככרות אך במהירות 2 רגל, ועגלה כבדה חמש ככרות במהירות 8 רגל לזעקונדע, והוא: יען שהסוס יפעל פעולה כללית על המשא השלמה ולא על כל חלק מחלקיה פעולה מיוחדת. אמנם לא כן הוא בהכח הפועל בהתעוררות באיזה חומר; כי פה לא תתפעל המשא השלמה, אך כל חלק מחלקי המשא הנפעלת יתפעל לפעול איזה

*) קעגול מיוס מיין קערסטר געקעגט איז מיין הוט לוקטר.

פעולה במהירות קצובה, אמנם מהירות הפעולה מהמשא השלמה הוא כמהירות פעולת החלק האחר ממנה, יען שמהירות החלקים הבודדים הנפעלים על ידי ההתעוררות לא התערך למספרם ולגדלם, או במלות שונות: מהירות החלקים (המתנועעים על ידי התפעלותם מבה מעורר) לא תתגדל כאשר יתמעט מספרם או יתקטן גדלם של החלקים, וכן לא תתקטן המהירות בהגדלת מספרם או הוספת גדלם של החלקים, ר"ל שיעור מהירות תנועתם הוא כמות בלתי מצטברת הגם שכמות פעולתם על הגוף המגדל להם והמעצור את תנועתם הוא כמות מצטברת, כאשר יתבאר (§ 45), והוא: לפי שכל אחד מחלקי הגוף הנפעל ירוץ (על ידי התפעלותו) להגוף המעורר; במהירות כזאת שירוצו חלק אחד השווה והדומה לו בכל סגולותיו, לכן נוכל לצייר לנו בבחינת התנועה הזאת שכל גוף מתנועע הוא קבוצת חלקים בודדים רבים שנעשו כולם אגודה אחת לרוץ יחד בדרך אחת ובמהירות אחת, אשר מהירות החלק האחד מהאגודה לא תתגדל ולא תתקטן בין שירוצו אתו יחד מאה חלקים או אך חלק אחד או אם ירוץ לבדו, רק מהירות כל חלק ממנה הוא כמהירות האגודה השלמה, כמו בשק מלא ורעונים הנופל שמהירות גרגר אחד בו תשוה למהירות השק כולו, ומהירות גרגר אחד שיפול יחידי מחוץ להשק, תשוה למהירות השק האצור בתוכו רבוא רבבות גרגרים, או כמו שלא ימהרו במרוצתם עדר אנשים צמודי ידים הרצים איש איש במהירות ששה רגל לזעקונדע מאיש פרטי שבתוך העדה, או מאיש אחד הרץ יחידי במהירות ששה רגל בצד, ואף שלא נעלם מאתנו שרבים (ואולי גם שלמים) יריבו (ואולי גם בצדק) נגד באורנו זה, שיחסנו לחלקי הגוף הנמשך האפשריות להתעורר מרחוק על ידי כח מעורר בלתי מתכוין מהגוף המושך, להיותם לפי באורנו זה לא לבד נפעלים אך גם פועלים בעצם (על ידי התעוררות שקבלו) לרוץ ארח אל משכן הגוף המעורר, כאלו היה להם רצון וחפץ או איזה כח רוחני המכריחם להמריצה הזאת, ובכל זאת לא נחזור מדברינו יען שגם כשנחם הפעולה להגוף המושך בלבד ולא להגוף הנמשך לא נמלט מלתאר לנו כח רוחני בהגוף המושך, כי מה הוא הכח השוכן בהגוף המושך המקרב את כל הגופים הרחוקים ממנו אל מרכזו על ידי המשיכה מבלי קרם וחבל (סעיף הסקסן מוגד י"ו); אם לא כח רוחני נעלם מאתנו שוכן בכל אחד מחלקי הגוף המושך? ואם לא חדלו כל חכמי הטבע והתכונה מימות נויטען עד היום הזה מלתאר להם את הגוף המושך מלא רוח גבורה למשוך מבלי כל אמצעי (ירדע לנו) את גופות העצמים הנמשכים ממנו, מדוע זה נגרע את נחלת הגופים הנמשכים מליחם גם להם איזה כח רוחני, המכריחם להתקרב להגוף המושך, ר"ל להגוף שעורר בהם התשוקה להתקרב אליו, ובוזה נמצא תשובה נכונה על השאלה שתתעורר בלב כל נבון: מדוע לא תגרע מהירות הנפילה במחציתה בהוספת המשא מהגוף הנופל כפלים? ומדוע לא יתוסף מהירות הנפילה כפלים בהגרע חצי המשא מהגוף הנופל? שכן היה ראוי להיות אם היה הגוף המושך אך הפועל היחידי והגוף הנמשך עצם עצל בלתי פועל מצדו מאומה, רק מתנגד לתנועת הנפילה בכח התמדתו להמנוחה, כאשר תגרע מהירות העגלה האסורה בהסוס המניעה אם נוסף עוד לאסור עגלה שניה בה. לפי דעתנו נוכל לחשוב את כח הכובד לכח פנימי נעלם, נמצא בכל אחד מחלקי הגוף שיתעורר לצאת אל הפועל בפעולה

כח המושך עליו, ובאשר ערכה הזה הוא נמצא בשיעור שוה בכל אחד מהחלקים השוים שהגוף הורכב מהם, ולעומת הכח הזה יתנגד כח התמדת החומר (§ 29) גם כן בשיעורים שוים לחלקים שוים, ויען שבה התמדת החומרים הוא בשווי הנטייה אל המנוחה כאל התנועה, לכן יתמזגה הגוף בראשית הנפילה, בסבת התמדת החומר להמנוחה, ובמשך הנפילה תתגבר מהירותו מהתמדת החומר להתנועה ומהתמדת הכח המעורר שבהגוף המושך, כאשר יתבאר לנו (§ 204), ולכן תתגדל מהירות כל חלק וחלק במשך הנפילה, אבל המהירות משני חלקים בהגוף הנופל לא תתקבצנה ולא תגרענה זו מזו, כאשר לא תתוסף ולא תגרע מהירות שתי עגלות קיטוריות אסורות זו בזו מתנועעות לרוח אחד, אם ימצאו לכל אחת מוכנות מיוחדות השוות בכחן זו לזו. הנסיון יורנו אמתת המשפט הזה, כי אם נשליך חפשי מגובה אחד ברגע אחד שני כדורים שוים באלכסונם האחד של זהב והשני של עצי מגופה, או יבואו שניהם כאחד אל הארץ, הגם שבמות משא הזהב הוא גדול יותר משמונים פעמים ממשא עצי המגופה. הזהב לא יאחר ולא ימהר בתנועת נפילתו (במקום פנוי מהאוויר) מעצי המגופה כאשר לא תאחרנה ולא תמהרנה בתנועתן שמונים עגלות קיטוריות מקושרות יחד (ואשר מוכנות שוות בכחן מיוחדות להן) מעגלה קיטורית אחת שהמוכנה שלה שוה בכחה לכל אחת ממוכנותיהן.

§ 45 באור סבת הוספת המשקל גם בהוספת המשא מהגוף הנמשך. אם כי שמהירות החלקים המתנועעים במהירות שוה לא תתקבץ ביהם הנדלת המהירות, ר"ל שני אנשים ההולכים איש איש במהירות חמשה רגל לא תתקבצנה מהירותם לעשרה רגל, בכל זאת אם נרצה לעצור את שני האנשים האלה במהלכם או נצרך לנו כח כפול מכפי הכח הנצרך לנו לעצור אחד מהם, וכן שתי אבנים שוות הנופלות מגג אחד העשינה פעולה כפולה (על היד שתקבל אותן) מכפי שתעשה האבן האחת בנפילתה, ובאשר שהמשקל הוא הלחץ שילחץ הגוף (שנצטר מלנפול) על העצם המוצע תחתיו (לפי § 37), לכן תלחצנה שתי משאות בכח משנה, וחצי המשא תלחץ במחצית הכח על הגוף המונע את נפילתן.

פרק שני

ממהות ועצם החומר, או משימות האטאמיסטיק והדינאמיסטיק.

(Atomistik und Dynamismus)

§ 46. מחלוקת הדעות במהות החומר. אחרי שנתבארו לנו הסגולות הכלליות של הגופים, ננסה נא לחקור על מהות עצם החומר שהגופים נהיו ממנו. — כבר נתבאר לנו (§ 2) שהעצם הממלא את המקום תוך יקרא בשם חומר, והמקום הממלא בהחומר יקרא בשם גוף; אמנם באיזה אופן ימלא החומר את המקום? או במלות שונות, איך יתחזה הגוף מהחומר? בתשובת השאלה העמוקה הזאת נחלקו חכמי הטבע ורחקו מאד

בדעותיהם אלה מאלה; ובכלל נוכל לחלקם לשתי דעות ראשיות, והנה: דעת האטאמיסטען ודעת הדינאמיסטען, או כאשר נקראם אנחנו בעלי העצמיים הפרדיים ובעלי הכחות.

§. 47. **העצמים הפרדיים.** בעלי העצמיים הפרדיים יוכיחו בשפתם, שכל הגופים המורגשים לנו באחד מחושינו, המה כולם מתחלקים לחלקים קטנים, ולכן נוכל לתאר לנו, שכל גוף הוא מורכב מחלקים דקים רבים, כאשר ראינו בסגולת ההתחלקות, ואם כי שקצור תקצר יד כלי מפעל הושינו (זיכנטקרגלנט) וכלי מעשה ידינו (מינטשכרייטעס) לחלקם בפועל להלאה מגבולות קצובות, אמנם הלא לא יקצר מאתנו לחלקם במחשבתנו גם לבלי תכלית, ד"מ: כבר נודע לנו שהחכם פרויענהאפער חלק את כמות רוחב האצבע לשלשים ושנים אלף חלקים, בעזרת המוכנה המחלקת* (והגם שלא נוכל עוד לחלק בפועל את כל אחד מהחלקים האלה אף לשנים, אמנם הלא במחשבתנו לא יקצר מאתנו לחלקם גם לבלי תכלית, ובכל זאת יגזרו בעלי השיטה הזאת למשפט צדק, שהתחלקות החומרים היא מוגבלת, ר"ל שאין לאל ידינו לחלק את החומר לבלי תכלית גם במחשבתנו — וכן יוכיחו: מושג ההרכבה הוא מצטרף למושג הפשיטות, יען שבלתי אפשר לנו ליצר בנפשנו איזה עצם מורכב א; מבלי להקדים במחשבתנו מציאות שני עצמיים פשוטים ב; ג שממם נולדה ההרכבה; כי אם נצייר בנפשנו שהעצם המורכב א הוא נולד מהרכבות עצמיים מורכבים, ר"ל שיהיה גם ב מורכב משני עצמיים ד; ה, וכן ג מורכב מן; ו, ז, וכן יהיו גם אלה עוד מורכבים וחלקי הרכבתם גם כן מורכבים, או הלא בהכרח נציר ברעיוננו סוף סוף את ההרכבה נפסקת, ואז לא ישאר לנו להיסוד הראשון מהעצם המורכב לא עצם מורכב ולא פשוט, ויצא לנו לפי זה, שיסוד העצם המורכב היה אין ואפס, וזה הוא שקר שיתנגד אל חוקות הטבע, השכל, והנסיון, יען שגדר ההרכבה הוא חבור שיעורים זה לזה, ובקבוצם יולידו את העצם המורכב השלם, וגדר ההפרדה או ההתחלקות, הוא גרעון חלקים שיעוריים מהעצם השלם המורכב, וגדר השיעור הוא כל דבר שאם נוסיף עליו דבר הדומה לו יתגדל; ואם נגרע ממנו יקטן בכמותו; אמנם האין או האפס, גם אם נוסיף עליו אפסים לבלי ספורות, או אם נגרע ממנו אפסים לבלי תכלית, לא יתוסף ולא יקרע בכמותו, אחרי כי בן בלייכמות הוא, ובלתי-בעלייכמותים כמותו הוספנו עליו או גרענו ממנו, לכן בלתי מוכשר הוא האין אל ההרכבה כאל ההפרדה; ולכן הרבר שישאר לנו במחשבתנו אחרי שנרחיק ברעיוננו את ההרכבה, הוא עצם פשוט בתכלית הפשיטות (מבולאוס מיינספך), את העצם הפשוט הזה יכנו בעלי השיטה הזאת בשם **אטאם**, ואנחנו נקראהו בשם **עצם פרדי**.

את העצמיים הפרדיים אשר לפי דעת האטאמיסטען הורכבו כל החומרים מהם, וחשבו לחלקים מוצקים, קשים, כבדים, ובלתי מחודרים. (אונדזרכרייכגלייט), מתמידים

(*) טהיילמאשטע, חכמת המדע הזאת ואופן המדידה. על ידה יתגלו היסוד בספרנו אולם המדעים השעוריים.

(בטחכריוט), מתנועעים, ובלתי מקבלים כל חלוקה. — אם יתקשרו האטאמען המרוחקים איש מאחיו בשיעור ידוע, או יולד מהם החומר, החומר יהיה לפי שיטת בעלי העצמים הפרדיים דבר מורכב מאטאמען וממקומות פנויים המבדילים ביניהם (אטעכע לויטפכריוט), ולכן יחשבו האטאמיסטען את סגולת הפאָראַיטאָט (§ 27) לסגולה עצמית כללית לכל הגופים, האטאם בעצמו הוא בלתי מחודר, כי לו היה אפשר בו החירור כי עתה היה מחויב בו כבר גם הצמצום במקום, ואם נניחם לו את אפשרות צמצום המקום, כי עתה שְׁעָרְנוּ בו גם את אפשרות ההתחלקות, אחרי כי בערך אל המקום יהיה גדר ההתחלקות והצמצום שווים זה לזה, כי גם בשניהם יָכִיל הגוף (המצומצם או אשר נפרד ממנו איזה חלק) מקום קטן אחר ההתחלקות או הצמצום מהמקום אשר יכיל לפני הצמצום או ההתחלקות, הגופים יתגדלו ויתקטנו בסבת הגדלת והקטנת החללים המבדילים בין האטאמען ולא מהשתנות האטאמען עצמם בגדלם, האטאם הוא קצה גבול ההתחלקות הטבעית והכימית, יען שמסבת בלתי החירור לא יוכל כל אטאם לבוא בקרב אטאם משנהו, אך יתקרב אליו מבחוץ, ולכן יהיו חלקי המים והמלח קרובים זה לזה בהקֶסֶת־המלח־במים, ולא מחודרים זה בזה. אמנם אם נשאלם להאטאמיסטען באיזה אופן יתוברו האטאמען יחד יתקשרו לחומר? איכה יולידו האטאמען גופים שונים זה מזה? ישיבו לנו: שהשינויים החיצוניים המתחסים להמקום, יולדו לפי ערך כמות שיעור, סידור, ותכונת החללים המבדילים בין האטאמען, ולא בערך האטאמען עצמם, אחרי שאין בכח העצם הפְּרָדִי המשולל כל התפשטות, להוליד בתחומר כל סגולה חיצונית (טקטעטעניווס הייגנשטאטעס), אך סגולות פנימיות (מיכעטעטעניווס הייגנשטאטעס) ייחסו להאטאמען, ובהנה יוכל להיות אטאם גוף אחד משונה מאטאם גוף שני, ולכן ברצות האטאמיסט להרכיב מהאטאמען את החומרים או מוכרח הוא לנחם להם כחות שונים, ואשר מסבת התפעלותם מהם ישתנו הגופים איש מאחיו בסגולותיהם הפנימיות, אולם אל יעלה על לב הקורא שמספר הכחות המה כמספר השינויים הנראים לנו בהגופים, אבל אך שני כחות ראשיים המשותפים לכל האטאמען יולידו את החומר עם כל מרבית שינויו והמה: (b) כח ההמשכה: (ג) כח הדחיפה (מאליהנגס־לונד אבטאקסונגס־קראַפט), הכח הראשון פעולתו הוא לקרב בזרוע את כל האטאמען הנמצאים באיזה גוף, לבלי יפוזרו במרחקים בלי מַצָּרִים, ופעולת הכח השני הוא לרחק את האטאמען המקורבים בזרועות כח המושך, למען שלא יפגשו זה בזה ויתאחדו בנקודה אחת; יען שגם המספר היותר גדול מהאטאמען מבלי מקומות פנויים המבדילים ביניהם, לא יולידו בקבוצם כל התפשטות. — תוצאות פעולות שני הכחות המנגדים האלה תקצובנה את תכונת האטאמען במקום הפנוי, על פיהם יתנוועל פיהם יסעו ממקום למקום, שני הכחות האלה יקראו בשם משותף כחות החלקיים (Molekularkräfte) (מולקולארכראַפטעס).

§. 48. עדות הנסיון על מציאת האטאמען. אחרי שהוכחנו את חיוב מציאת האטאמען על פי מופתים עיוניים, נשובה נא אל הנסיון ונשאל גם את פיו, כי טוב לנו ראיה אחת מהנסיון בחכמת הטבע, מאלפי מופתים הגיוניים שיסודתם היא בחכמת מה שאחר הטבע (Metaphysik) (פִּי־מֶטֶפִּיזִיק), אמנם כבר הורנו גם הנסיון שחלקים דקים ימצאו

בכל הגופים; ואשר תמצאנה בהמה כל הסגולות שיהיו בעלי העצמיים הפרדיים להאטאמען, על פי הנסיון נודע לנו שכל הגופים המוצקים, לא נגיחו מרחם הטבע בגדלם שיתראו בה לעינינו, אך על יד יד יתאחדו ויתקבצו מחלקים דקים מן הדקים עד אשר יגדלו לגופים גדולים, את החיון הזה נראה בעינינו אם נתבונן על פעולת הגאלוואנאפלאסטיק (Galvanoplastik).

הגאלוואנאפלאסטיק היא המצאה נפלאה שהמציאה הפראָפֶסֶס אֶר יאָקאָב בִּי בֶדְאָרֶפֶט (1838), מוסדות ההמצאה הזאת ובאורה נוסדו על חקת חכמת העלעקטריציטאָט והעמי ויתבארו במקומם בספרנו חכמת העמי, ופה נאמר בקצרה: שתכליתה היא לקבץ את חלקי המתכות הנמסים באיזה נוזלי חמוצי, ד"מ: את הנחושת הנמסה במי חומץ הנפירת (סולפס: ייטסט), ולהפוך אותם לגופים מוצקים בכח העלעקטריציטאָט, אופן הקיבוץ הוא כזה, בתוך הנוזלים שנמסה בהם המתכת, נשים איזה תכנית מתכותי (מטאל פֶּקֶט), המחובר להתחט תיוצא מסוללת הגאלוואני (גאלוואניסע באטעריי), להתכנית הזאת יתקבצו אחד אחד החלקים המתכותיים הנמסים בהנוזלים ויתאחדו לגוף אחד מוצק, והנה אם נתבונן על הנוזלים שהמתכת נמסה בהם גם בעזרת זכוכית המגדלת, לא נראה כהמה כל חלק מתכותי גם היותר דק, ואם נתבונן עוד שבכלי מגדולי ההבטה הטובים נוכל לראות גם נקודה קטנה שמדתה היא אחד ממאתים ושישה עשר טריליאון אצבע מעוק' או נשיג את דקות חלקי המתכת בהדקסה, הקטנים עוד מהשיעור הקטן הזה. ההמסה שהנחושת נמסה בו היא ממראה ספירי (גוליד) וצלולה מאד כמים זכים, ואם נשים את התכנית בתוך ההמסה הנחושתית הזאת (קוֹפֶסֶט מוֹפֶסֶט) או יתקבצו אליה חלקי הנחושת, ואחרי זמן לא כביר תתראה לנו התכנית מצופה נחושת, ואם נעזוב את התכנית בתוך ההמסה ימים רבים או יתעבה הציפוי מאד, באופן הזה נוכל להוליד על ידי הגאלוואנאפלאסטיק גופי מתכת עבים ומוצקים כחפץ לבבנו. — ואם כי שכל אשר אמרנו פה מהתהפכות המים הספיריים הובים לנחושת, תודה היא בעיני מקצת הקוראים שזרו להם עוד חוקי חכמות העלעקטריציטאָט והעמי, אמנם בעינם הלא ראו שהמטיל הנחושת אשר נולד בההמסה הוא מורכב מחלקי הנחושת שנמסו בה, אחי בי לעיניהם הלכה הנחושת תָּמִס בההמסה, ולעיניהם נקבצו שנית חלק לחלק עד שהורכב מהם מטיל נחושת גדול בכמותו ומשקלו כהנחושת שנמסה בהנוזלים, ואשר לא ישתנה ממנו בכל אחת מסגולותיו. אמנם עוד נפלאות מאלה הורונו בחינות חוקר הטבע האנגלי דאָוֶע (Dove) ובחינות חכמי הטבע בפאריז, כי צלחה להם להעתיק ולהעביר על ידי זרם הגאלוואני (גאלוואניסע באטעריי) את היסוד העמי יאָד (עין בספרנו חכמת העמי) דרך גופות האדם, והוא: אם יחזיק איש בשני חומי הסוללה, אשר החוט האחד יגיע בהיָאָד והחוט השני במקפא העשוי מקמח-המחויק (סֶקֶטֶטֶטֶטֶט קֶקֶטֶטֶטֶט) או יעבור היָאָד דרך גוף האדם ויתחבר עם השטאָרקעמעהל (*), את כל אחד מחלקי הנחושת והיָאָד הדקים והבלתי מורגשים לנו לאחדים נכנה בשם אטאָם. חכמת העמי תורנו שלכל יסוד ויסוד מהיסודות העמיים וקיצאו אטאמען מיוחדים השונים

(*) וישנה חוץ דעך דעך נאטור וויססענשאפטן א' בערענשטיין. בערלין 1955. כאנר 5.

איש מאחיו במשקלם ומצאה גם חשבון צדק לערכי המשקלים שלהאטאמען מכל הומר והומר, אם כי שלא צלחה עוד גם ביד חכם כעמי אחד לראות ואף כי לשקול אחד מהאטאמען האלה במאזנים ישראליים.

את האטאמיסטיק שייסודתה היא בחכמת הכעמי העיוני, נוכל להשיב לאחת מהחכמות הנעלות שבתנה תתפאר העת הנאורה הזאת, כי היא גלתה לנו שפוני טמונות הטבע, שלא תושגנה לנו באחד מהמשות חושינו, ועל ידה נתבארו לנו חזיונות נפלאים שונים אשר מנע אלהים את פתרונם מהחכמים אשר היו לפנינו.

49. §. התיחסות החום אל האטאמען. חכמי הטבע יורו אומר, שכל אחד

מהאטאמען הוא עטיפ במעטפת החום (הקטנה) ובאמת אם נתבונן על השינויים המתולדים בהגופים מסבת התפעלותם מהחום, או במלות שונות: אם נשים לב על החזיונות שיתארו לנו בהגופים בסבת הוספת ומגרעת מדרגת החום בהמה, או נמצא את דבריהם נכונים, וחוקות שיטת העצמים הפרדיים יתבארו לנו באר היטב ושום שכל, והוא: כבר נתבאר לנו (§ 47) כי להאטאמען יקצאו שני כחות מנגדים: 6) כח ההמשכה שימושך בזרועו אטאם אחד אר משנהו ואשר על ידו לא נוכל לנתק ולשבר או בכלל להפריד חיבור כל גוף אם לא נשתמש בכח אחר המנגד אל כח ההמשכה: 3) כח הדוחפי שעל ידו יעצרו האטאמען מלהתקרב איש אל רעהו ומלהקטין כמות המקומות הפנויים המבדילים ביניהם, והנה אם נראה שהחום יסבב הוספת התפשטות הגופים, אז נוכל לתאר לנו את פעולתו; שהיא פעולה המחרישת את כח ההמשכה והמגברת את פעולת כח הדחיפה של האטאמען — נמשך מזה שהחום יוסיף על גודל הגופים בהרחיבו את המקומות הפנויים המבדילים בין האטאמען ובהרחיקו את האטאמען זה מזה, וכן אם נגרע מאיזה גוף את חומו, ר"ל אם נצנן אותו, או יחליש על ידו הכח הדוחפי, וכח ההמשכה יתגבר, האטאמען ירחקו זה לזה בחזקה והחללים המבדילים ביניהם יתקטנו ועל ידם יתקטן גודל הגוף בכללו.

נסיונות רבים יורו לנו אמתת ההנחה הזאת, כי לא לבד שנודע לנו בנסיון כי על ידי הוספת החום בהגופים יתגדלו ועל ידי הקור יתקטנו, נודע לנו מהנסיון גם ההיפוך הברור או הבחינה המנגדת (ההפוכה); והוא: גופים שנתגדלו מסבת איזה כח מעבאני או כעמי יבלעו חום בקרבם בכמות ידוע, וגופים שנתמצמו במקום על ידי איזה כח יגרשו חום מקרבם, ולכן מהראוי לתת לנפשנו מושג ברור-מההנחה הזאת, שהחם שכל ספרי חכמת הטבע יורו אמתת דברינו אלה, בכל זאת יאמר בצדק פאר חכמי הטבע בעמנו החכם הנעלה אהרן בערענשטיין, שאף אחד ממאה קוראים לא יתן לנפשו השערה ברורה מזה, ולכן נלכה פה בעקבות החכם הזה לבאר את הדבר היטב ושום שכל, והוא:

כל חרש נחשת וברזל וצורף כסף או כל עושה מלאכה באש (יעדע פייטרכבייטש) גרע על פי הנסיון, שכל מיני מתכות יתמו מאד אם נכה אותם זמן כביר מבלי הפסק, חרשי הברזל המלומדים ידעו גם לחלובין את הברזל (גוי-השנידונסמן) הקר מבלי אש, רק בהכאת הפטיש

לבד, ומעתה נשובה נא ונחקורה מאין בא החום הזה אל הברזל? הן הפטיש, גם הברזל, היו קרים, איפה החום הפטיש ונתלבן מטיל הברזל עד שניאיר בחשך וילחם על כל סביביו? ואיה איפה היה החום נעלם ונסתר מאתנו, החום הזה אשר יתראה לנו עתה גם באפל ואשר פעולתו נרגיש גם מרחוק? בטח ידמה הקורא שלא נסה הצג רגלו עוד על מפתן בית חכמת הטבע שתשובת השאלה הזאת תשאר מעל ככל המאן פליאות הטבע שמנע אלהים עוד פתרון מבני האדם, אמנם בכל זאת נבטיחו כי נשיב לו תשובה נצחת ואמתית אשר סר כל ספק ממנה, והוא: החום היה נבלע בהברזל הקר, ושכן בינות להאטאמען שלו, החום היה סגור ומסוגר לפי זה בהברזל מכל עבריו, ולכן נרגיש הברזל קר, ר"ל הברזל לא נתן להחום הנבלע והנסגר בקרבו לצאת החוצה, אולם בכח הכאת הפטיש עליו, נתקרבו האטאמען בכל הכאה והכאה יותר זה לזה, והחום הסגור בינותם נלחץ בחוקה החוצה ונתגלה על שטחו, ואם שהטאנו מעט בבאורנו זה (יאמר החכם בערענשטיין) למסרת מושג החום בהבנתו המדעית (אין טשטענדיג וויססענשאפטליכן וויסס), באמרנו שהחום הוא גשם שילחץ החוצה, בכל זאת נתאר לנו החום מוגשם מעט לשבר את האזן, ואשר יועיל למאד לבאור השערת החום הקשור (אמטשטעט ווקרזש) אם כי שהעיון המדעי יריב בנו בצדק עיין בספרנו החום והאור.

נמשך מזה שבגופים שנרגיש אותם קרים, ישכון החום בקרבם בינות להאטאמען, החום הקשור והנסתר בהם יורגש לנו, על ידי ההכאה, הלחיצה, החיכוך, ובכלל על ידי כל פעולה שבכחה לקרב את האטאמען זה לזה ולהקטין את המקומות הפנויים המברילים ביניהם; התבליים ישרפו על ידי שפשושם זה בזה, סדני אופני העגלות (ווקאגן טקסן) הבלתי מושחות, יודלקו אם יתנועע האופן עליהם במהירות, וכבר נתקנו כלי הדלקה (אייסכלייג) על מוסדות הסגולה הזאת, והוא: בסבת לחיצה חזקה שילחץ חותם מתנועע (בשוועטליכער סטעמזשטל) בתוך שפופרת צרה יודלק הספוג הקבש (פלוסאזש) הנתון בה, והוא מסבת החום שיוצא החוצה בסבת התלחצות האויר בין החום ובין תושבת השופרת.

כאשר ראינו פה גירוש החום מהגופים על ידי הלחיצה והצמצום, נראה גם את הבלעות החום בהגופים המתרחבים בגדלם על ידי המתחיה (סטאנזונג), והוא: אם נשפוך מעט שוועפלעטשהער על כף ידנו, או ינדפו הנוזלים האלה מהר ויתהפכו לגוף אוירי, ויתגדלו בערך קלות הגוף האוירי אל כבדות הגוף הנוזלי, ואז נרגיש קור גדול בידנו כאלו תפשנו נציב קרח, והוא מסבת בליעת החום שיבלעו הנוזלים מכל הגופים אשר סביבותיהם בעת התהפכם לגוף אוירי, ובהתרחק האטאמען שלהם איש מרעהו, ולכן יקרע בסבת הבליעה הזאת גם החום הטבעי מדנו, בהיות אויר הנשימה הסובב אותנו דק, ימנע חומם מאשר בהיותו עב, ומחסבה הזאת תגדל הקרירות בהנקודות הגבוהות שעל פני הארץ מפאת דקות אוירם, ותרבה החמימות בהקקות והעמקים אשר אוירם הוא עב (עיין בספרנו השני בדברנו מחוקי החום הקשור והחפשי) ותמצא יותר מעשרים

מיפתים על דברינו אלה, הן אלה קצות חוקי האטאמיסטיק כפי שנוכל להגיד ממנה בחבורנו זה, אולם בחבורנו חומות שמים וארץ הארכנו בה למאד.

שיטת בעלי הכחות

(Dynamismus דינאמיסטיק קדער דינאמיסמוס)

50. §. תועלת שיטת בעלי הכחות לחכמת הטבע. אחרי שבארנו עד כה קצות דרכי שיטת בעלי העצמים הפרדיים, ככל שיש לאל ידנו לבאר אותם פה מבלי הקדמות קודמות מחכמת הטבעי שעליה נשענים כל עמודיה, ננסה נא לתת לפני קוראינו גם ציור יסודי (גנרליטיבי) משיטת בעלי הכחות, ואם שיסודותיה המה בחכמה מה שאתר הטבע, בכל זאת לא נחרל מלבאר אותה (בקיזור נמרץ); באשר שתועיל לנו להבנת ערכי הכחות המנגנים אשר להתומרים, והמה: הכח המושך והכח הדוחף, אשר רוב חוקי חכמת הטבע נשענים עליהם.

51. §. דעת בעלי הכחות בהולדת החומר. בעלי שיטת הכחות (יום דינאמיסטן) שיהיו אומר: שהחומר לא ימלא את המקום מסבת התמדת מציאותו לבר, אך מסבת כחות־מניעות (בעווגמנדט קרשטט) והוא:

אם ירצה הגוף א' להחזיר בהמקום ג' שיקצא בו הגוף ב', או בלתי אפשר לו לבוא שמה רק בעזרת כח מניע שיקריבוהו הלוך וקרוב להמקום ג', הגוף ב' יוכל למנוע את הדרת הגוף א' במקומו ג', רק בהתנגדו לתנועת הגוף א', ובמה יתנגד איפוא הגוף ב' לתנועת הגוף א'; אם לא בתנועה המנגרת בנטייתה לנשית הגוף א' ? את הכח המעצר הזה שלהגוף ב', יכנו הכמי הדינאמיסטיק בשם כח הדוחפי, ולכן יסלא החומר את מקומו לפי דעתם אך על ידי כח הדוחפי, אמנם יותר בצדק יהיה אם נאמר שהחומר יגן על מקומו (פסנטהידיגט זיין כויס) בעזרת כח הדוחפי.

52. §. דעת בעלי הכחות בסגולת בלתי החידור. על איני כח הרוחפי המלא את המקום בחומר, נוסדה סגולת בלתי חידור החומרים (מזכור לזכרונם) קט"ט דבר וחששתי 25 §), הסגולה הזאת היא אות נאמן למציאת החומר בהמקום הממולא ממנו. וכן יוכיחו בעלי השיטה הזאת: הכח הרוחפי יוכל להיות מוגבל במקום צר בסבת כח אחר המגד לו, ועל ידי שני הכחות האלה יתלחץ החומר עצמו (ולא אך המקומות הפנויים המבדילים בין חלקיו כאשר יגזרו בעלי שיטת העצמים הפרדיים 49 §) עד שימלא אחרי הלחיצה טקום קטן מאשר מלא טרם הלחיצה. אמנם הלחיצה הזאת ואתה יחד גם הקטנת מקום החומר המסובבה ממנה, לא תעבור להלאה מגבולות קצובים, יען שכאשר יתקטנו גבולות החומר בסבת הלחיצה, כן התגדל התנגדות הכח הרוחפי להכח הלוחצי, התנגדות הכח הרוחפי תתגדל בערך גדול למאד להקטנת אלכסוני מעגל פעולתו (טענה לזכרונם ויד' מין וזהו גרסאטון טענה לזכרונם ז"ל טענה לזכרונם)

דעם דורכאוסשטעסס ווייניס וויקונגסקרייזעס), או במלות שונות: התנגדות הכח הרוחפי להכח הלוחצי יתערך בערך מהופך לכמות מעגלי פעולתו (דער וויסערעכטאלער דער חכסעסשטעסער קרעפט לויט לויטוואטענדריקקענדען, פארהאלט זיך לויטגסטעס ווייניס וויקונגסשטארקען), כאשר תתבאר לנו אמתת ההנחה הזאת על ידי הנסיון והשכל, והוא:

אם נלחץ כדור מחומר ספוגי שאלכסונו הוא עשר אצבעות, או נוכל בנקל להקטין אלכסונו באורך אצבע אחת, ר"ל שיתהפך לכדור שאלכסונו הוא תשע אצבעות, אולם אם ננסה שנית ללחוץ אותו באופן שישאר אלכסונו רק שמונה אצבעות, אז נראה שבפעם הזאת נצרך כח יותר גדול אשר היה נצרך לנו ללחוץ את הכדור בפעם הראשונה, ולכן אם נצייר בנפשנו שהחומר נלחץ במקום קטן לבלי תכלית, או יגרל בחומר הזה לבלי תכלית גם הכח הרוחפי המנגד להכח הלוחצי, והנה בראשית הלחיצה יגדל כח הלוחץ מכח הרוחף ולאחרונה יתגבר הכח הרוחף על הכח הלוחץ, ולכן בהכרח ימצא גבול זמנו ומקומו שבו ישתוו שני הכחות המנגדים ויחזיקו זה את זה בשווי המשקל, ולכן לא יוכל להבטל על ידי כח הלחיצה כל חלק מהחומר, וזוהו תולד בהגופים סגולת בלתי חידור החומרים (§ 25).

§. 53. באור סבת השתנות הסגולות הכימיים בהגופים לפי שיטת בעלי הכחות.

כאשר תצא בהמעכאניק משני כחות מניעים לרוחות שונים, תנועה שלא תשוה בכמותה להתנועה שתולד מאחד מהם (הפועל יחיד), והיא התנועה הנקובה בשם תנועת אלכסון מרובע מקביל הכחות (דיקאגנאל דער סטראלונגסען דער קרעפט) (§ 101) המשתנה בנטיית תנועתה מנטיית שני הכחות הצלעיים (וויטענקרעפט) שהורכבה מהם, כן יתאחדו גם שני כחות כימיים מושגי גופים הנמסים זה בזה (לויט זיך וויסערעכטע קרעפט) לכח שלישי מוליד גוף חדש (בעל כח חדש) המשתנה בסגולותיו מסגולות הגופים שתולדו אותו, ולכן לדעת בעלי הכחות תהיה חדרת הכימית (כימיסע פארוואנדלונגס) אחת מהסגולות העצמיות של החומר.

§. 54. פעולת הכח המושך לדעת בעלי הכחות. אם גם שיש לאל יד הכח

הרוחפי (רעסולוויקעפט) מבלי עזרת כל כח זולתו, לכונן מוסדות סגולת בלתי חידור המעכאני (וויסערעכטעסלעסען) של החומרים, בכל זאת הלא תקצר ידו לכונן את הגופים מהחומר מבלי עזרת כח אחר, יען שאם היה החומר נתון רק תחת ממשלת הכח הרוחפי הבלתי מוגבל לבד, כי עתה לא התמיד החומר בקרב כל גבולות קצובים, רק היה מורדף מבלי-חשך מנקודה לנקודה בכל מרחבי המקום-הבלתי-מוגבל, כי אם אמת שהכח הרוחפי ילך הלוך וחסור בחוקו לפי ערך הגדלת כמות מעגל פעולתו (§ 52), בכל זאת הלא לא יתבטל מכללו גם ברבות המרחק, ולכן בכל מקום שהיה מגיע שלטון הכח הרוחפי לבוא, היה החומר נע וגדל הלאה הלאה, והיה מתפשט לבלי תכלית, וכל גוף שמרתו היתה בבקר אצבע, תהיה מדרתו בערב אצבעיים, ולכן לא היה לאל ידנו לעד באיזה כמות קצוב מהמקום יקצא כמות קצוב מהחומר, באשר שבמשך הזמן היה החומר הולך וחסר, וברבות הימים היתה כל המקום-המוגבל פנוי מהחומר, שכבר היה נדרף למרחפות בזרוע כח הרוחפי להלאה סגולות המקום-המוגבל, ולכן אם נרצה לצייר ברעיונונו מציאת החומר במקום מוגבל, או נצייר

ברעיונו בהכרח גם מציאת כח אחר שישים מעצור לרוח הכח הרוחפי, ואשר יתנגד לו בנטיית פעולתו.

אמנם מה הוא אפוא הכח המנגד בפעולתו אל הכח הרוחפי; אם לא הכח המקבץ או המושך את חלקי החומר זה לזה? ולכן יצא להם לבעלי השיטה הזאת גם כן כאשר לבעלי שיטת העצמים הפרדיים שלהולדת החומר ויצרכו שני הכחות המנגדים יחד, ואיש איש מהכחות ישים את רסנו בפי הכח השני לבל יעבור גבולות התכלית, ולבל יפור או יצמצם את החומר במקום בלתי תכלית בגדלו או בקטנו, יען שבמדה היא שתקצר יד הכח הרוחפי להוליד לבדו את הגופים, מפאת פזרונו את החומר הרחק הלאה לבלי תכלית, כן תקצר גם יד כח המושך לבדו להוליד את הגופים מפאת שיעצמם החומר לבלי תכלית, כי לו היה החומר נתון אך תחת ממשלת הכח המושך לבדו, או היה לוחץ את כל החומר בנקודה אחת מדידית (מחשבותיו של סוקרטס), וכל מרחבי המקום היו אז פנויים מכל חומר. לדעת בעלי הכחות יהיה החומר רק התגלות הכחות, יען שלא נוכל לצייר

בנפשנו שום כח מה, מבלי לשער גם הנה קודמת מעצם מה (מיינסטן סקסטימסטיקס) בשבטם (מנד) שהכח הזה יפעל עליו את פעולתו, ולכן מוכרחים אנו לצייר בנפשנו שכל עצם הנפעל מאיזה כח, יתנגד תמיד בערך קבלתו את הפעולה אל הכח הפועל עליו, (כאשר יתבאר לנו בחוקי דחיפת הגופים), ולכן יוכיחו מזה הדינאמיסטען, (6) אין כל כח בעולם שלא יהיה לעומתו כח המנגד אליו, (7) אין כח בעולם שלא יהיה עצם מקבל פעולתו והמנגד אר הפעולה שיקבל מהכח בערך ישר לכמותה, ולכן אם יפעל הכח א על העצם ב, או יפעל גם העצם ב בכמות קבלתו את הפעולה על הכח א, ובאשר שכל כח לא יוכל לפעול מבלי הנות עצם המקבל פעולתו, ולכן נוכיח מזה בצדק, שהכח א שיקבל את פעולת העצם ב, הוא גם כן עצם, כי אלו לא היה עצם, או לא היתה תלה עליו הפעולה התחזרת (רסוקטיון) מהעצם ב, ובאשר שכח המשיכה וכח הדחיפה הם שני כחות המנגדים זה לזה בפעולותיהם, לכן יהיה כל כח עצם להכח שכנגדו, ולכן המה שניהם יחד מעצם החומר, וכל הגופים יולדו אך על ידי שווי משקל הכחות האלה, אחרי שהחומר יוצא אל האור והמציאות רק על ידי ההשבתות המנגדות שישביתו הכחות זה את זה בפעולותיהם.

§. 55. דעת בעלי הכחות בסגולת ההתחלקות. לפי השיטה הזאת, ימלא המקום מהחומר אך על ידי כחות מניעים, ולא בסבת מציאת חומר פשוט, והכחות האלה יפעלו לכל רוח, ר"ל: מעלה ומטה, אחור וקדם, ימין ושמאל, לכן יקיפו ויסבבו איש את רעהו מכל עבריו מסביב (במד מולן וייטן מונד קאנטענידן), והמקום ימלא מהחומר בכל חלקיו (ספטיג), ולכן יתחלק החומר במספר חלקיו כמספר החלקים שיוכל להתחלק המקום עצמו, ובאשר שהמקום הוא מתחלק לבלי תכלית, לכן בהכרח יתחלק גם החומר לבלי תכלית, עד שגם על ידי חלוקה אחר חלוקה פעמים רבות לבלי ספירות, לא נפגוש בחלקים פשוטים שלא יתחלקו עוד, אמנם סתירת ההנחה הזאת כבר הראו בעלי האטאמיסטען והוכיחו מהנסיון שהחומר הוא מתחלק אך לחלקים במספר תכליתי, כאשר נתבאר לנו בשיטת העצמים הפרדיים.

§. 56. באור סבת השתנות חזיונות החומרים לפי שיטת בעלי הכחות. על ידי כחותיו ימלא החומר את המקום על פני כלו ובהתמדה (גמין חוץ סטקטיג), אמנם בכל זאת תשתנה מאד מדרגת המלוי בהגופים, לפי ערך חוזק כל אחד משני הכחות המנגדים ולפי ערכם ויחוסם זה לזה, ולכן ישתנו הגופים במדרגת מעבם (דיסטריקט) (§ 63) והוא: כל גוף שהכח המושך יגדל בו מהכח הדוחף הוא עב יותר מהגוף ששני הכחות האלה שווים בו, ואף כי מהגוף שהכח הדוחף יגדל בו מהכח המושך, ובכל זאת ישאר המקום תמיד מלא בחומר על פני קלו ובהתמדה. גם אם ישתנו ערכי הכחות זה לזה, יען שהחומר לא יורגש לנו כי אם על פי שווי משקל הכחות המנגדים, ושווי המשקל הזה דומה בכל דרכיו לשווי משקל הכבדות בשתי כפות מאזנים-ישראל (גויסולגס), שתחזקנה אשה את אחותה בשווי המשקל בין אם נשים בכל אחד מהכפות משקל כבד אחד, ובין שנשים בהנה משקל גראנן אחד, וכן ידמה לפעמים שווי משקל הכחות גם לשווי משקל הכבדות על נושא-בלתי-שווה-הזרועות (חונגליסטריוגס הטבס), שהמשקל הקטן יחזיק את המשקל הגדול בשווי המשקל כאשר יתערבו בכמותם זה לזה בערך מהופך למרחקי פעולתם, כאשר יתבאר לנו (§ 116), על פי שני הערך בין שני הכחות המנגדים האלה יבאר הדינאמיסם את כל המון השינויים המיוחדים (פפפליסיסן חונסטרסידס) המתולדים בהחומר, ר"ל: את השתנות דרכי פעולת הגופים על כל אחד מתמשת חושינו ואת כל מרבית השתנות הפעולות שיפעלו הגופים הליפות איש על רעהו, או כאשר נאמר זאת במלות שונות: הדינאמיסם יחשוב את כל הסגולות והכחות השונים של החומר שהמה כלם אך תולדות משני אבות הכחות (הויסטרקלססס) ר"ל: ההמשכה והדחיפה.

§. 57. תוצאות שיטת בעלי הכחות. יסודות שיטת הדינאמיסטיק כוננו כלם על אדני היקשים הגיוניים וכן יוכיחו בעלי השיטה הזאת.

(א) הן החומר לא נמצא לנו כי אם על ידי הרגשת חושינו החיצוניים.

(ב) חושינו לא ירגישו כל עצם אם לא יפעל העצם לראשונה איזה פעולה על אחד מהם.

(ג) כל פעולה לא תצא לאור מבלי איזה סבה גורמת (בטוטגנדס חוכחטס) המסבבת אותה.

(ד) להסבה הראשית הזאת הנעלמת מאתנו והמסבבת פעולות קצובות ומורגשות לנו לא נוכח לכנות בשם אחר רק "כח", ולכן בהרגישנו את הגופים ינדע לנו שבהמקום שימצא בו החומר, ימצא גם דבר הפועל מה המסבב את ההרגשה על חושינו, ובאשר שימצא שמה דבר הפועל לכן בהכרח ימצא שמה גם כח המסבב את הפעולה, ולכן כאשר יורגש הגוף לנו בהמקום, נדע בטח שכחות ימלאו את המקום הזה, ולפי זה לא יהיה לנו החומר ביחס הזה כי אם עלילה גלוייה ונראית לנו (ריח, חושטריס חיוט פיר חונו מין דיוטפס זינס ניסס חנדפס חוס

מַעֲרִיבֵנְכֶם טַהָטֻּקִים) או כֹּאשֶׁר נֹאמַר זֹאת בְּמִלּוֹת שׂוֹנוֹת: הַחוּמֵר וְהַעֲלִילָה אַחַת הֵנָּה לָנוּ, ר'ל: אִם יַעֲלֶה לִפְנֵינוּ כַּחַת קְצוּבִים בְּעֶרְכִּים קְצוּבִים אוֹ יִתְּאוּ לָנוּ חוּמֵר (זֵיכָרָה עוֹלָמוֹנוֹ קִסְמֵם וְאַחֲלָיוֹ יִישָׁן מִלְּאֲגֻמְגֵידֵד דַּעַר נֶאֱשׁוּר וְיִסְמַעֲשֶׁלֶּט).

58. §. החומר הוא הפועל לדעת בעלי החיות. באשר שלפי שיטת הדינאמיסטיק יהיה כל אשר יקצא מהחומר עצם עולל (טהטיג), וכל שאינו עולל אינו נמצא בגבול המציאות, וכל הנמצאים המורגשים לנו המה רק מעגדים שיצאו לאור, וכן יקומו וכן יגנועו כל הגופים רק על ידי העלילה שיופעלו הגופים איש על רעהו פעולות חליפות, ולכן תהיה העלילה, היסוד הפנימי והעצמי מכל הגופים-ומכל חיונותיהם. **המקום**, (אם נבין את המלה הזאת במובן מושגה המורגל, ר"ל להורות על ידה את מצב בלתי העלילה התכליתי) (דען סוסטאנד מיינער פֿולקסטייגטון מונסטריקטיס) **בלע כבר לנצח לפי שיטת הדינאמיסטיק מכל צאצאי הטבע**, ומעללי רגשות החיים ינפחו באפי הנמצאים, ורוח חיים ישוב אל קרב העצמים שכבר השבנו אותם עם רפאים כל יקומו (וישם דער גיסט דעם ונטשטן מין ווייטן פֿערהאלטניססען לוק פֿוויסען אַבער גרונדליגס לו מיינער פֿוילקאָגיס דעם ענקענס פֿון פֿילם קהלל המרעוהו).

§. 59. הדעות השונות בשיטת בעלי הכחות. הן אלה קצות דרכי הדינאמיסטיק, אפס כלל לא ראית אותה פה קורא נעים, אחרי שיסודותיה היא בחכמת מהישראל-הטבע. אמנם זה מצאתי את עצמי מחויב להעיר פה שגם בשיטת בעלי הכחות נפלגו החכמים גם כן לדעות מתחלקות כן בחר החכם אערשטאדט (Oerstaedt) (אחד מבעלי השיטה הזאת) לשני הכחות היסודות (שהחומר הורכב מהם) את שני הכחות שיופעלו לפי דעתו במשך הבערה (ביינן פערברענונגספרוקטט) ויקרא להאחד בשם **כח המבעיר** (זינדקראפט) ואת הכח השני קרא בשם **כח השורף** (ברענקראפט). החכם הזה הוכיח שפעולת כל אחד מהכחות האלה בהיותו פועל יחידי היא פעולה מפורת (ספסעטיוו) ופעולות שני הכחות יחד, כאשר יתנגדו זה לזה בפעולותיהם היא פעולה מקשרת (קאנטראקטיוו), (זיכסע מערסטקראפט'ס אונזערסן דער פערטערן נאטורגועזעס).

60. §. יתרון שיטת בעלי העצמים-הפרדיים על שיטת בעלי-הכחות. אם נבחר לנו משתי השיטות האלה, ר"ל מהאטאמיסטיק והדינאמיסטיק את הראשונה או את השנייה, או נראה ששני הכחות המגנדים: ההמשכה והדחיפה, הן הנה עמודי שתי השיטות האלה שעליהם נשענו כל בניניהן, וביחוד לקחה השיטה השנייה היא הדינאמיסטיק, גם את כל צרכה לבנין החומר אך משני הכחות האלה, ואין לכל עצם זר חלק עמהם בבנותה את החומר, ועל כן לא רחקו שתי השיטות האלה אשה מרעותה באופן באורם את חזיונות הטבע, אמנם אם נעריך לפנינו שתי ההשערות הטבעיות (נאטורלסוֹפִיָּה) האלה אשה מול אחרת, אז נמצא שבעלי שיטת האטאמאמן יעזרו מהנסיון, ובעלי שיטת הכח יעזרו אך מהשכל, וכבר אמרנו (§ 48), שתכבד לנו ראייה אחת מהנסיון מאלפי מופתים הגיוניים שהנסיון לא יעיד עליהם. ולכן נבחר אנחנו בשיטת האטאמיסטיק לכאר על ידם בחבורנו את כל חוקי חזיונות הטבע.

שקלנו משקל המים בכלי הזה ויצא לנו 10 לאטה, או נמצא את משקל המיוחד של הכסף חי $13 \frac{6}{10} = 136 \frac{1}{10}$.

63. §. מדרגת המעבה אשר להגופים. (דיפטיגקייט) כל גוף יתקטן בגדלו כאשר ילחצו או יתקרבו האטאמן שלו זה לזה, והערך שבין גדלו שיכול הגוף ובין כמות חלקי החומר שימצאו בו, נקרא בשם מעבה הגוף (דיפטיגקייט), ובאשר שכמות המשקל הפשוט הוא מתערך בערך ישר לכמות החומר הנמצא בהגוף (§ 37), לכן יתערך גם המשקל המיוחד שלכל גוף בערך ישר לכמות מדרגת המעבה אשר לו. ההבדל האמתי שבין המשקל הפשוט ובין המשקל המיוחד הוא זה: המשקל הפשוט יתוסף בהוספת כמות החומר של הגוף גם אם לא נתוסף במדרגת המעבה, והמשקל המיוחד יתוסף רק בהוספת מדרגת המעבה גם אם לא נתוסף בכמות חומר, ד"מ: קטבע שהושבעה מזהב צוק (גאגלשטעט) יתוסף במשקל המיוחד אחרי הטביעה, יען שחלקי הזהב נתלחצו על ידי הטביעה ונתרבה בהם מדרגת מעבם, אולם במשקלו הפשוט לא נשתנה, באשר שלא נתוספו מספר חלקי חומר, וכן גם רגל מעוק' מים שנתהפך לאלף וישבע מאות רגל מעוק' קיטור (דמשי) ישתנה במשקלו המיוחד אחרי שנשתנה במדרגת המעבה, אולם לא ישתנה במשקלו הפשוט אחרי שלא נחסרו ממנו חלקי החומר.

64. §. מצב הקישור לחלקי החומר (אגרגאטזשטאנד דער אטאמס) בהמושג הזה נבין את האופן שבו יתחברו חלקי החומר הדקים בהתקשרם והיו לגוף שלם, ואת מדרגת חוזק הקישור ההוא. — ביחס הזה יפרדו כל הגופים לשלשת מינים, (א) מוצקים (פאקטור) דעם פאקטור קאפער) שאישי חלקיהם מקושרים יחד בקשר אמיץ ויולירו גופים בעלי תמונות עצמיות (אובסטאנטזשטאנד פאקטור) וחלקיהם המתלכדים לא יתפרדו רק בכח ידוע.

(ב) נוזלים או נוטפים (פליסיגס דעם טאפאבילעס קאפער) שחלקיהם יתקשרו גם כן זה לזה, אך חבורם הוא כפוי עד שכמותם גדולים מהם לא יתלכדו רק יזוּבו (זאכאויסטן) לכל רוח אם לא יעצרו על ידי איזה כלי, וכמותם קטנים מהם יתלכדו בתבנית כדורים, כמו נשפי הטל ואנלי מטר, ולכמותם גדולים מהם אין כל תמונה עצמית רק יקבלו תמונות הכלים שימצאו בהם.

(ג) אויריים או מתפזרים (פאקטור דעם פאקטאבילעס) שחלקיהם יכספו להתרחק זה מזה ויחברו רק על ידי כחות חיצוניים הלוחצים עליהם מכל עבריהם מסביב. שלשת המצבים השונים האלה נראה בגוף אחד ידוע לנו, והוא המים, שהוא גוף נוזלי, ובהתהפכו בסבת הקור לקרח יהיה לגוף מוצק, ובהתהפכו בסבת החום לקיטור יהיה לגוף אוירי.

65. §. סבות השתנות מצבי החבור. הגופים ישתנו במצבי החבור משתי סבות: (6) ערך כמות פעולת כחות הרוחף והמושך זה לזה: (5) ערך מדרגת החום, והוא: כבר נתבאר לנו (§ 49), שהגופים שיבלעו חום בקרבם יתרחבו בכמות גדלם, ומעתה נשובה נא ונחקירה: מה יהיה אחרית החומר שנוסף עליו חום על חום? האם יוסיף או יחלל להתפשט?

ובאיוזה מצב יתראה לנו אז? אמנם גם פה לא יתנו הנסיון לתעות במחשבי היקשי מה שאחר הטבע בדרך לא סלולה, אך מהר יורנו הדרך הישרה שבה נמצא תשובה ברורה על שאלתנו, והוא כל אחד מהקוראים יודע שהגופים המוצקים יותכו על ידי החום, ואם נתבונן על מהות ההתקבה נמצא שהוא רפיון כח הקישור שבין האטומן, יען שהברזל הקשה אשר רק ביגיעה גדולה צלחה בידיו לפרק ממנו עוקץ דק אחד בעורו קר, יתהפך על ידי ההתקבה בפתע פתאום לנוזלים ובכל נגיעה קלה נוכל להפיר חלקיו זה מזה, ואם נשאל עוד לנפשנו מה תהיה אחרית הברזל הנתק אם נוסף עוד לחממו? אז ישיבנו גם כן הנסיון, כח ההמשכה אשר לאטאמי הברזל יתבטל בו מכללו, והכח הדוחף יפעל אז מבלי כל מעצור לרוחו ויפזר את חלקי הברזל בדמות גוף אוירי לכל רוח, וכן יורנו גם כן הנסיון שהקרח יתהפך על ידי החום למים, והמים לקישור, והגם שמשונים כמה מאד הקרח, המים, והקישור במצב חפור, בכל זאת איה הוא הבער שלא נדע והכסיל שלא יבין שחומר אחד הנמו ובי אטאמן שוים להם? כי כן נראה גם את ההיפוך הברור שעל ידי מנעת החום ישוב הקישור למים וחמים לקרח. נמשך מזה שכל מרבית השתנות הסגולות בשלושת מיני הגופים, קרח, מים וקישור, יסודותן אך בהשתנות ערכי הכחות הפועלים בהאטאמן, והוא: בהקרח יש להאטאמן שני הכחות יחד (ר"ל: גם כח המושך גם כח הדוחף) בכמותים גדולים, ולכן יקצבו הכחות המנגדים האלה את האטאמן במקומות קצובים ובגבולות עויים בלתי משתנים, אמנם על ידי הוספת החום יחלש כח ההמשכה (§ 49), ולכן יתהפך הקרח למים, ר"ל: לגוף שחלקיו יתפרדו זה מזה בנקל, ואם נוסף לחם עוד את המים, אז יתבטל כח ההמשכה של האטאמן מכללו, והכח הדוחפי ימשול או לבדו ויפזר אותם בתמונת קישור לכל רוח.

§. 66. כחות החלקים (εὐλογιστικαὶ δυνάμεις) ומנקורות ההתקבה והקפאון (συσπῆξις) מזה גססר

פוקט). כח המושך והדוחף בהאטאמן המתערכים למדרגת חום ידוע (המשתנה בכמותה לפי טבע הרכבת הגופים) יקראו כחות החלקים (εὐλογιστικαὶ δυνάμεις) (Molekularkräfte), ועל פיהם יתקאו לנו הגופים משונים באופן התקשרות חלקיהם, בתור מוצקים, או נוזלים, או אויריים. מכל אלה שנתבאר לנו נראה לדעת שלא ימצאו בעולם לא גופים מוצקים ולא נוזלים גם לא אוירים מוחלמים, ר"ל: שיהיו מוצקים, או נוזלים, או אויריים ממש, אך כל הגופים יתהפכו כחומר חותם ממצב למצב על ידי הברזל כמות מדרגת החום שיבלעו או שנקיאו מקרבם, ולכן אם נציג לנו כי החום יתבטל מכללו, אז בלי ספק יתהפכו גם כל האויריים לגופים מוצקים, ואם נציג לנו את החום הולך הולך וגדול במדרגת מעלותיו בשיעור רב מאד, אז יתהפכו בלי ספק גם כל הנוזלים גם כל המוצקים לגופים אויריים. כל הנסיגות שנסו חכמי הטבע בתכמתם את מרבית מיני הגופים הראו לנו די בָּאָר אמתת החוק הזה, חכמת החום תורנו לעשות על ידי פעולות כימיות ועלעקטריות מדרגות גבוהות מאד מחום, גם מדרגות שפלות מאד מקור, המדרגה היותר גבוהה מהחום הנודעת לנו כעת, תצא לאור על ידי האלוואניזמוס, (עיין בספרנו השלישי) בתחום הזה תשרף גם אבן השוהם (דיומאט) מבלי שהישאר ממנו מאומה, הפלאטין אשר לא יירא מפני אש הכבשן, ישרף בו כנעורת, החומר (סחם) אשר נעשה ממנו תנורנו יותך על ידי כחמא. כמות מעלות החום הנצרך

להתיך החומרים המוצקים לנוזלים, ולנדרף החומרים הנוזלים לאוירים, הוא משתנה מאד במרבית מיני הגופים, וכן ישתנה גם כמות מדרגת הקור הנצרך לנו להפך האוירים לנוזלים, והנוזלים למוצקים, ולכן נציג פה את כמות מעלות החום הנצרכות להתיך איזה גופים ידועים לנו, ויתר מזה (עיי' בספרנו החום והאור).

עופרת	280 ° ±	החמאה יותר בחום	30 ° ± (* צ')
כסף	1000 ±	חלב פרים (קכספנסלוג)	32 ±
זהב	1250 ±	דונג	60 ±
ברזל	1600 ±	זפת	85 ±
פלאטין	2500 ±	גפרית	87 ±
חומר (סחל)	3000 ±	בדיל (זין)	225 ±

ולעומת זאת לא יקפאו הנוזלים למוצקים עד שיצטננו, והוא :

כסף חי	40 ° —	מים עד דרתם אל	0 ° —
שפירטוס	90 —	טערפענטין	10 —

וכן ישתנו גם הנוזלים והאוירים בכמות מעלות החום הנצרך להם להתהפך ממצב אחד אל משנהו, והוא : יש נוזלים שכמעט תגע ידנו בהם יתהפכו בסבת חומה לאוירים, כמו : הכלאר - וואסערעצמאף אעטהער, ויש אשר יוצרך להם לזה חום גדול, כמו : כסף חי שלא יתהפך לאויר עד עלותו במעלות חומו 360 °.

67. § כח ההתקשרות וכח ההתדבקות. השינויים הראשיים שישתנו בסגולות המוצקים איש מאחיו, ינלדו מהשתנות מדרגת חוץ כח המשיכה אשר להאטמאען שלהם, כח המשיכה של האטמאען יפעל בשני אופנים : א) בתור כח ההתקשרות (Cohesion ביהמיון: סקססס) המושך את חלקי גוף אחד זה לזה, ב) בתור כח ההתדבקות (Adhesion מדהמיון: סקססס) שעל ידו ידובקו חלקי הגוף האחד לחלקי הגוף השני על ידי נגיעתם בחלקת שטחם זה את זה. — והנה הגם שכח ההתקשרות הוא תוצאת כח המשיכה שלהאטמאען, בכל זאת יבדל הכח הזה בכל סגולותיו מהכובד, שהוא תוצאת כח המשיכה שלהחומרים (32 §), מפני שהכובד לא יתבטל גם ברבות המרחק בין שני החומרים המושכים זה את זה, ולכן יש בכח האדם להגביה איזה גוף מהארץ: באשר שבזה יתקטן אבל לא יבטל הכובד, אמנם ההתקשרות תתבטל מכללה גם אם נתרחקו האטמאען אך מעט, יען שחלקי הגוף השבור לא ימשכו זה את זה גם אם נקרבו שנית, ובאשר שעל ידי שבירת הגופים המוצקים תתבטל ההתקשרות מכללה, לכן כשם שיכבד לנו לבטל איזה כח מלהקטין

(*) את נקודת הקפאון (בספרי סוקט) נחש החכם צעלואאום עס 0 ולפני מעלות הקפאון הנגון הסיון — . להורות טעור לא הגיעה מדרגת החום לנקודת הקפאון, ולא המעלות אשר ממעל לנקודת הקפאון נסמן פה בהסיון — .

אותו, כן יכבד לנו לשבר איזה עצם מוצק קל מאשר להגביה אותו. — אמנם בגופים לוחיים (קנטטבמנט) שִׁטְאָמָהִים המה קלי' התנועה; ונכל לקשר שנית בהם את החלקים הנפרדים מהם, והוא מפאת קלות תנועתם יוכלו האטמאען להתקרב זה לזה כבראשונה.

68. §. מבח ההתקשרות בהנזולים. אם כי כבר נודע לנו (§ 54) שהנזולים לא יובשרו

(פגת רפיון חבור הלקים) לכל תמונה עצמית, אך יקבלו את תמונת המה אשר יקוו בה; נודע לנו שחלקי הנזולים נוטים מה להפרד איש מאחי, בכל זאת ישנה החושב שנתבטל בהם כח ההתקשרות מכלול, יען שהיכולת שיש להנזולים להתאחד לטפות הוא יליד כח התקשרות, ואילו לא היה בהם כח הקישור כי עתה היה הגשם נפור לכל רוח כחלקי האבק הדק, ואם נשפוך הנזולים במתינות מתוך כלי שפיה צר, אז נראה כי הנזולים לא יזובו ממנו בנצוק (*υποσπινθηριον*) בלתי נפסק, אך ישפטו טפות טפות השוות בגדלן אשה לרעותה, וכל זמן שהטפה לא הגיעה לכמות ידוע שמשקלה יגדל מכח המקשר הלכיה היא תלויה בפי הכלי, ואך אז נתק מותר חלקי הנזולים בשיגדל כמותה בשיעור ידוע המשתנה לפי טבע הנזולים, וכמות כח המקשר את חלקי הנזולים ימד על ידי המשקלים הנצרכים לתק את שטחי הזגפים המוצקים הנוגעים בהנזולים. לתכלית המדידה הזאת נקשרו במוט המאונים מצדו האחד קף ומצד השני לוח חלק באופן אשר הכף הרקה תהיה בשווי המשקל עם הלוח, כמו שתי הכפות במאונס־ישראל, ואחרי כן נשים קערה מלאה נוזלים מתחת להלוח, באופן שהלוח יגע בפני הנזולים, ואז נתון משקלים בהכף לתק את הלוח שידבק בהנזולים, הנסיון הורה שלמען נתק לוח עגול של זכוכית שאלכסונו הוא 118 מילימעטר ואשר כמות שטחו הנוגע במים הוא 10936 מילימעטר מרובעים, נצרף 59 גראן, ולנתיקת הלוח הזה הנוגע באלקאהל = 31, ובשמן טערפענטין = 34, ובכסף חי = 200 גראן, אם נשים תחת הלוח של זכוכית לוח של נחושת קלל, או של ברזל או מאוזה עצם אחר מתכותי או בלתי מתכותי, אז לא ישתנו גם כן אלה השיעורים, נמשך מזה: שהמשקלים האלה הם מדת הכח המקשר חלקי הנזולים ולא מדת התרבקותם בהנופים המוצקים.

69. §. יחוס החום לכח ההתקשרות. מדרגת כח ההתקשרות בגוף אחד תשתנה

לפי ערך מדרגת חומו, והוא: כל שהגוף יחם יותר, כן יחלש בו הכח המקשר את חלקיו, ולכן נוכל לחרוץ משפט צדק „שמדרגת כח ההתקשרות בגוף אחד הוא בערך מהופך לכמות חומו” והוא מבואר לפי (49 §), לכן אם נשער במחשבתנו שחום הארץ ילך הלך וגדול עד כדי אלפים פעמים מחום המים הרתחים, או תבטל ההתקשרות של חלקיה מכללה ויפוזרו במרחבי המקום הבלתי־מוגבל, וכן אם נתאר לנו שהארץ תתקרב אלפים פעמים מאשר היא כעת, או יתקשרו כל חלקיה בהתקשרות חזקה שלא יהיה לאל יד כל כח מעכאני בעולם להפריד גם חלק קטן ממנו. גודל כח ההתקשרות יתערך (בלעדי ערכה אל החום) גם לאופן סידור חלקי הגוף, כן ד”מ: יכבד מאוד לחשוב את העצים לרְחֵבָם וְנָקֵל הוא לבקעם בארכם, וכן ברול עשיות הקשה ישבר מהר מברול חרוש (פּוֹסֵדֵאִיטוֹ) הרך.

70. § מהמגולות השונות של הנופים המוצקים ביחום התקשרות חלקיהם.

אם נעביר את הגופים המוצקים אחד אחד תחת שבט הבקורת, לבקר בהם את אופן חבור

הלקיחה, ר"ל: אם ננסה להתנגד באופנים שונים להבחין המקשר את חלקיהם, והוא: (6) להאריך על ידי כח מושך, (3) לקצרים על ידי הלחיצה, (ג) לכפוף אותם, (ד) לשרוט בהם שרמט באמצעות גופים קשים ומתורדים, (ה) להשזיר אותם משזר, (ו) ללחוץ עליהם בגופים שמפותחים בהמה פתוחי חותם, (ז) לגלול אותם (לחלוחלוחתקוולס), (ח) להכות עליהם בפטישו וכדומה. — אז נראה שגוף אחד הוא חזק יותר (פסטיט); קשה יותר (הקטט); רך יותר (וויילט); מתלכד יותר (קטט); נקל להתפורר (טפיקט); נקל להכפף (ביסגולות); מתפשט יותר (טטקטט); נקל להתחפך בחומר חותם (גטטוידגזר, פוסטיטט), או יותר ספוגי (פוסטיטט) מגוף אחר.

(1) כל גוף הוא יותר חזק כאשר נצרך לנו כח יותר גדול להפריד חלקיו זה מזה על ידי השבירה, הנתיקה והשזירה (לכרברטט, לכרברטט, לכרברטט), הברזל הוא חזק יותר מהעץ והעצמות מהעץ.

(2) כל גוף הוא יותר קשה כל שיתנגד יותר להחזקה והשריטה שנחקק ונשרוט בו בגופים מתורדים: הזכוכית היא קשה מהברזל, אבן השוהם (דיומטט) היא קשה מהזכוכית, כשיחבאר לנו אופן מדידת מדרגת קשיות הגופים (§ 71).

(3) כל גוף הוא יותר רך כל שיקבל יותר בנקל רשומי החזקה והשריטה, העופרת היא יותר רכה מהנחושת, והדוג הוא יותר רך מהעופרת.

(4) כל גוף הוא יותר מתלכד (קטט) כל עוד שיכבד להפריד חלקיו גם אחרי שנעתקו הרבה מתכותם הטבעית, שרף הספוגי (גוטטטטט) גם העור יתלכדו ולא יתפרדו גם בהעתקת חלקיהם בשיעור גדול.

(5) כל גוף הוא יותר מתפורר כל עוד שיתפרדו חלקיו בנקל בהעתקם אך מעט מוער מחכותם הטבעית, הזכוכית תתפורר בנקל יותר מהאבן, והאבן מהברזל.

(6) כל גוף הוא יותר נקל להכפף כל עוד שנוח לנו לעקמו יותר מבלי לשברו, הברזל הוא נכפף יותר מהזכוכית, והברזל מהברזל.

(7) כל גוף הוא יותר נקל להתפשט כל שנוכל להאריך בו מבלי לנתקו, המתכת מתפשטת יותר מהעצים, והעצים מהאבנים.

(8) הגוף הוא מתחפך בנקל בחומר חותם כל עוד שנוח לקבל צורה חדשה ולהתחפך מתמונה לתמונה (מבלי להשזיר) מפעולות כחות חיצוניים המעיקים עליו.

(9) כל גוף הוא ספוגי ביותר כל עוד שיש בו מוחל לתמונתו הטבעית בסור הכח המכריח המשנה את תמונתו, שרף הספוגי וברזל עשוי ועצמות הדג (פטיט) המה גופים ספוגיים למאד.

71. §. קנה המדה למדידת קשיות הגופים. הגופים הקשים לא ישוו גם כן בערך קשיותם זה לזה, אחרי כי יש גופים קשים למאד שגם הפצירה פים (פטיט) היותר קשה לא תוכל לקרר אותם, ויש מהם שיוגרו בצפורן. בין שתי המדרגות האלה שהאחת היא היותר גבוהה והשניה היא היותר שפלה, נמצא עוד מדרגות רבות שלא נוכל לקרר אותן בדברים, יען שאין לשון בעולם שתהיה עשירה לכנות כל אחת ממדרגות הקשיות בשם, אך בכלל נאמר: שכל גוף א שיוכל לקרר גוף זולתו ב ולעשות בו חריצים ולא יקרר ממנו הוא קשה יותר מהגוף ב, ועל היסוד הזה בחרו חכמי המחצבים (מינראלאגן) בעשרה גופים לקנה מדה מדרגה הקשיות (הקטטטטט) למוד בו מדרגת קשיות כל יתר הגופים

וסדרו אותם בערך גובה מדרגותיהם ממטה למעלה, והוא: כל גוף מהעשרה האלה יוגדר את הגוף העומד לפניו, ויוגדר מהגוף העומד אחריו, שמות כל עשרה הגופים בסדרם זה, הוא: (1) טאלק; (2) גופס; (3) קאלק ספאטה, (4) -ללוספאטה, (5) אפאל ספאטה, (6) פֶּעֶלר ספאטה, (7) קווארץ, (8) טאפאז, (9) קארינד, (10) דיאמאנט.

72. §. ההתדבקות. אם נשים שני לוחות של מתכות מלושמים זה על גב זה, או יתדבקו בכח קצוב המשתנה בהזקו לפי ערך השתנות חומר הלוחות ובערך מדרגת חלקת שטחיהן (גופס), גם לכמות ערך הלחיצה שיתלחצו השטחים זה לזה, ואל אורך זמן צמידתם יחד, את כח המדבק השטחים משני גופים הגוגעים זה בזה נקרא בשם **ההתדבקות** (הדבקות). גם כח ההתדבקות יליר כח המשיכה אשר להאטאמקן הנהו. הראיות על זה הנה: (א) שיתגדל הכח הזה בהתרבות חלקי הפגישה בשני הגופים, (ב) הכח הזה יתבטל מכללו אם יפסיק אף נייר דק מאד בין שתי הלוחות הצמודים, (ג) גודל הכח הזה הוא בלתי משתנה בין שיהיו הלוחות הצמודים יחד עבים או דקים, (ד) הכח הזה יקצא גם במקומות שהורק האוויר משם, ולכן לא נוכל לחשוב את ההתדבקות ליליר דחיקת האוויר.

73. §. הרטיבה. בכח ההתדבקות יודבקו גם הגופים ממינים שונים וגם המשתנים בחבור חלקיהם, כן תקצא ההתדבקות בין גופים מוצקים ונוזלים, מוצקים ואויריים, ובין נוזלים ואויריים. — התדבקות הנוזלים בהגופים המוצקים תקרא בשם **רטיבה** (בספנטאציה). אחת מנפלאות הטבע היא שיש גופים נוזלים רבים שלא יתדבקו לא בגופים מוצקים ולא בנוזלים זולתם, והוא: אם נטבל שפופרת של זכוכית במים או בשמן, או יתדבקו המים או השמן בשטח השפופרת ותהיה רטובה (בספנטאציה), אבל אם נטבל שפופרת של זכוכית בכסף חי, או נוציא אותה חרבה (סלקציה) כלפני הטבילה, וכן אם נמשח את השפופרת לראשונה בשמן ונטבל אותה אחרי כן במים, או לא ירטיבוה עוד המים, ר"ל כל נמף מים לא יקצא על פני כל שטחה. — עופות המים יעלו מן הרחצה בנוצות חרבות, יען שימשחו תמיד את נוצותיהם במיץ עֶמֶן הנקבץ בשקרים (דיסטן) המיוותרים להם לתכלית הזה באחוריהם (*), וכן ירוצו רמשי המים על פני המים מבלי לטבל גם קצה כפות רגליהם בהם לפי שהנה משוחות תמיד במיץ עֶמֶן —

כמות ההתדבקות יתגדל מאד בין שני גופים מוצקים כאשר נביא ביניהם גוף נוזלי או גם גוף מוצקי שנתהפך לנוזלי על ידי החום, ר"ל: מהותך. אם נקח שני לוחות מתכות

(*) ומסבה הזאת תכסרה נוצות עופות המים (וולטסטר פאגל) כמו נוצת האנון והצר אנון לכדים וכסחות, יען שהנוזלים לא ירטיבו לוח, וגם כאשר יוקן עליהן מים לא תתדבקנה לגוף מקשה אחד, אולם לא כן הוא נוצות עופות היבשה כמו נוצות התרנגול וכל העופות אשר למשפחתו יחשבו, כי רטובות הנה אם יוקן עליהן מים (כאשר נראה בתרנגול רטוב). ולכן תתאחדנה לגוף מקשה ותאזנה את כח ספוגיות (סאבסטיטוציה) כאשר תכלענה בקרבן את זפת האדם, ומעתה נודע לנו שזאת סבה יקרת מחיר הנוצות מעופות המים על נוצות עופות היבשה, ולא מסבת הדברים הטפלים שמספרות המוזרות בלגנה מפעולות נוצות התרנגול על גופות החולים הנוטים למות.

חלקים שארכם ורחבם הוא יותר מעט משני אצבעות ונחמם אותם כנגד האש ונמשח אותם בחלב (aloe) ואחרי כן נצמידם, או אם נרצה להפרידם אחרי שעות אחדות נצרך לזה כח 100 ליטות, הרבץ (וייץ) וחקולן של סופרים (קויטסעז) נרבו גם כן את כמות ההתרבקות, בין השטחים שימשחו ביניהם, אם נגלול ניירות דקות המשוחות ברבץ טוב כתבנית מגלה עד שיהיה שטח עובי המגלה 1 אצבע מרובע או נצרך כח 30000 ליטות לנתק אותה.

מלאכות רבות הטבקו על אדני סגולת כח ההתרבקות, והנה מלאכת הצביעה, הכתיבה, הציור, הדפוס, צפוי הגופים בזהב וכסף וברזל, (פאנגקאדען, פארויבאכטען, פאעלינגען), צפוי המתכת בפחים דקים מאד מכסף (סילבסט), צביעת הזכוכית בצבעים מתכתיים (Amalgamieren) (אמלגאמירען), במלאכות מראות הצובאות (פאשיגאל פאבריקאטען), וציורי הזכוכית (גלאז ווארמאיי), גם כל מיני ההתרבקות הגופים זה לזה, כמו קיטטען, ליימען, לאטהען, שווייסען, (שנים הראשונים במיני העצים והאחרונים במתכות) נוסדו כולן על אדני כח ההתרבקות — אחרי דעתנו כל אלה נקל יהיה לנו להבין סבת הנדללת כח ההתרבקות בין המוצקים על ידי הגופים הנוזליים והלוזשים (קאטטאכטען), יען שגם בהשטחים היותר חלקים ומלוטשים תמצאנה גבנוניות ושקערוריות הנעלמות מעיני בשר, ועל ידי הנוזלים ימלאו החריצים האלה ויתרבה כמות הנקודות הנוגעות זו בזו, ולכן תתגדל ההתרבקות בערך רבות חלקי הפנישה.

§. 74. כח משיכת קנייהשערות. (קאנייהשערען), אם נטביל שפופרת של זכוכית הפתוחה משני עבריה בקערה המלאה לה נוזלים, או לא ישוה גובה שטח הנוזלים שבתוך השפופרת אל גובה שטח הנוזלים שבהקערה, והוא: אם השפופרת טבולה היא במים, או גובה עמוד המים שבהשפופרת מגובה המים שבהקערה, ואם היא טבולה בכסף חי, או יהיה גובה עמוד הכסף חי שבהשפופרת שפלה משטח הכסף החי שבהקערה — החויונות האלה מעלית וירידת שטח עמוד הנוזלים בהשפופרת, נקראו בשם חויונות קנייהשערות (האמאטענאקאטען) ספטייונגען, קאפילאר פאנאלינגען). יען שהקנים שנראו בהם החויונות האלה המה דקים מאד, והנה המוליד את החויונות האלה יקרא בשם כח משיכת קנהיהשערה (קאפילאר פאנאלינגען) Capillarität), והוא מתיחס (b) אל שינוי הערך שבין כח התקשרות חלקי הנוזלים זה לזה. (c) לערך כח ההתרבקות שבין הנוזלים ודופני השפופרת, כמות הברל הגובה בין עמוד הנוזלים שבתוך השפופרת ובין פני הנוזלים המקיפים אותם, תתעד בערך מהופך לרוחב השפופרת. אם נטביל שתי שפופרות האחת רחבה 1 לינע והשנית 2 לינען, או יהיה הברל הגובה בהשפופרת הראשונה פי שנים מאשר בהשניה, ר"ל: אם יהיה עמוד הנוזלים שבהשפופרת הרחבה 1 לינע; גובה או שפל בשיעור $\frac{1}{2}$ אצבע מגובה הנוזלים שבהקערה, או יהיה עמוד הנוזלים שבהשפופרת הרחבה 2 לינען; גובה או שפל במרת 1 אצבע מהנוזלים שבהקערה. על היסוד הזה נוסדו באורי חויונות שונים, והוא: (1) קירות הבתים שנוסדו על אדמה לחה זזיעו שנים רבות גם אם החומרים שנבנו מהם היו חריבים ויבשים בעת הבנותם. (2) המים ימשכו מבעד לדופני האניות פנימה דרך הפאנען של העץ. (3) כתמי הדיו הלחים ימשכו אל תוך הנייר הבליידבוק (קאטטאכטען) ולא ימשכו אל תוך נייר הכתיבה הרבוק

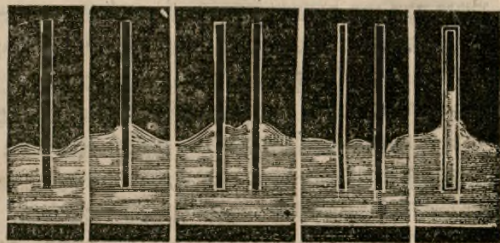
יען שהדבק יסתום את פיות חלוליו הדקים. (4) הדיו יעצר בתוך הקולומים על ידי הסרק הנעשה בו ולא ישפך בפעם אחת החוצה, יען שהסרק יפעל פה בתור קנה השערה. (5) על ידי יתר עין יבש יבקעו סלעים ואבנים כאשר נתקע' את היתר בסדקיהם; יען שהלחות האצורות בהאבנים ימשכו לראש היתר ויגרילו את עביו. (6) אם נקח נייר בלתי דבוק ונשים אותו מעל לשתי צלוחיות, שהאחת מהנה היא בלתי מלאה מים, והשנייה היא כקנה לגמרי, אז יקשכו המים בחזקה אל תוך הנייר וירטיבו גם את קצה הנייר השני אשר מעל להצלוחית הרקה. (7) כדורים נבוכים מזוכית שזצופו על פני המים ירצו במהירות גדולה אל דופני הכלים כאשר יתקרבו עליהם (עיין § 75). (8) בתאי המצעים (פלאמנטים) שאלכסון חלוליהם הוא $\frac{1}{250}$ לינע יעלו המים בהם מהשרש עד הראש, בענפיהם, עליהם, פרחיהם ופרקם, בכח חזק ובמהירות גדולה למאד. (9) הצמר, צמר הגפן, הצוקער, ותחול, ובכלל כל הגופים שחלקיהם המה רפויים יבלעו המים בקרבם ויעבירו אותם במהירות גדולה גם להחלקים הבלתי מורטבים מפאת דקות החללים הרבים הנמצאים בהמה. (10) נטף הכסף חי יהיה כדורי כשינתן על שטח הזוכית וימס כשינתן על שטח הבריל או הכסף. (11) נטף המים יהיה כדורי כשינתן על השמן או על שטח המכוסה באבק דק, וילך תמס כאשר ינתן על העץ. (12) תכל הנמחה בין שני עמודים יתקצר על ידי הרטיבה בעוד שיתגדל בעביו ויכריה את העמודים להנמות זה למול זה בכח גדול.

סבת משיכת קנה השערה ואופן מדירתה ופעולותיה בארנו לנכון בחבורנו הגדול חוקות שמים וארץ בארוכה, על פי מופתי חכמת השיעורים, שמה הוכחנו שבכח הזה שיקשכו בו הנוזלים מדופני קנות השערה הוא הנותן את התמונה הכדורית לנשפי הנוזלים, ולגרמי השמים, ומעתה הלא יבין כל נבון את תועלת ותכלית הכח הזה בכל הבריאה, הוא יראה את האדמה להוציא לחם ועשב מן הארץ, הוא יתן היכולת בידי הפרחים לכוץ שפעת טל היוזר מן השמים, הוא יוליך את כל הלחות האצורות בעורקי החיים למען ירצו בתקופותיהן סביב, הוא יוציא את הזעה מקרב גופנו להסיר כל חלאה מקרבנו, ואם נתבונן עוד ונראה: שהכח הזה הוא יליד כח ההתקשרות שלהלקי הנוזלים ואשר על ידו יצרו כל גרמי השמים בתבניתם הכדורית, או נתפלא על עוצם חכמת וכח הבורא, עלת כל העלות וסבת כל הסבות, ואשר כל כחות המבע כקמן כגדול ישוו בעיניו, בהכח ההוא שהתלכדו השמש, הארץ, הירח ויתר הכוכבים לכדורים נוראים, יתלכדו גם אנלי זעת אפנו ואנלי הטל לכדורי נוזליים קטנים, חקה אחת ומשפט אחד להם, כי בערכם לכח היוצר הבלתי תכליתי יעלו כל הכחות בתהו ויאבדו, לא יכבד להיוצר להקיף רבי רבבות הכוכבים במסלוליהם על בלימה, מלהוריר את הטל והמטר ממרומי העבים, או לאמר לשלג הוא ארץ.

§. 75. בחינת אמתות חזיונות קנה השערה. אם נקח לוח של זוכית ונטיבולו בתכונה זקופית בתוך כלי מים אחרי שנמשח את הלוח בשמן, אז נראה שהמים לא ירטיבוהו, ומצב פני המים על יד הלוח יהיה שפל ממצב פני המים שבחבלי

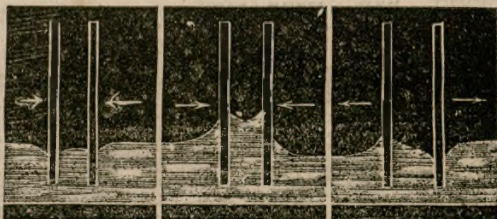
השתנות הגופים בסגולותיהם

כמו שתורנו צורה 13, אבל אם נטביל את הלוח כשהוא נקי מכל שמנונית, או ירטיבוהו המים ויוגבהו בקרבנו כמו שתורנו הצורה 14, אם נטביל שני לוחות נקיים המקורבים מעט זה לזה, או יוגבהו המים על יד שני הלוחות ושטח פני המים שבינותם יהיה שקעורית כמו בצורה 15, אבל אם נמשח בשמן את שני הלוחות בטרם שנטבילם, אז ישקע פני המים על יד הלוחות, ושטח המים שבינותם יהיה גבנונית כמו בצורה 16, וכל שנסיף לקרבם זה לזה כן יעלה למעלה עמוד המים שבינותם כמו שתורנו צורה 17.



ככל החזיונות האלה אשר ראינו פה בהמים נראה גם אם נטביל את הלוחות בכסף חי, והוא: בלוחות של זכוכית שלא יורטבו מכסף החי ישקעו המים בינותם, ובלוחות של מתכת אשר יורטבו מהכסף חי יעלו המים למעלה בינותם, כל עוד שנקרב את הלוחות זה לזה, וכן יתראו לנו גם כל יתר חזיונות המשיכה שנתבארו לנו.

צורה 18. צורה 19. צורה 20.



כאשר נתלה את הלוחות של זכוכית בחושים ונטבילם במים בהיותם קרובים זה לזה, אז ימשכו זה את זה כשהיו שניהם נקיים או שניהם משוחים בשמן, כמו שתורנו הצורות 18; 19, אבל הלוחות ירחפו זה את זה בהיות האחד נקי והשני משוח בשמן, כמו שתורנו הצורה 20.

את כל החזיונות האלה נראה גם בשני כדורים של עצי מגופה (קטקקוֹטון) הצפים על פני המים, ואשר יורטבו קהמה כמו שתורנו צורה 21, וכן גם בשני כדורים של שעוה הבלתי נרטבים מהמה כמו בצורה 22, בשני האופנים האלה ימשכו הכדורים

צורה 21. צורה 22. צורה 23.



איש את אהיו בהתקרבם זה לזה, אבל בשני כדורים האחד של עצי מגופה והשני של שעוה הצפים על פני המים, נראה שכאשר נקרב אותם זה לזה, או ירחפו איש את משנהו כמו שתורנו הצורה 23.

זה לזה (§ 27), או יתאחרו הפאָרען שלהם לתעלות דקות ישרות ועקלקלות, ואשר תפעלנה מפאת קטנות אלכסוניותן בתור קנה־השערה, באופן הזה יתבאר עליות המים למעלה בערמות חול או בתוך החומות המיוסדות על אדמת בצה, עליות השמן והחלב בפתילות הדולקות, עליות מיץ הצמחים משרשם עד צמרם, וכל יתר החזיונות שנתבארו (§ 74), אמנם עוד מלאכה אחת נקיה וקלה נזכיר פה שיסודתה היא גם כן (כמשיכת קנה־השערה) בחוקי רמיבות הנופים מהנוזלים (§ 73), והוא: דפוס האבני (פטינדוקק) או (ויטהגראפֿיס), וזה מעשיה: על לוח חלק של אבן נכתוב או נצייר איזה ציור בחרט מיוחד לזה המורכב מגופים שגִמְגִים (גאָגִים), ואחרי כלות הכתיבה או הציור נטביל את הלוח במים, והנה כל שטח הלוח יורטב מהמים בלעדי המקומות שהאותיות או הציור יקצאו בהם שמה יהיה חורב (פיקקק), יען כי שמנונית הציור לא תורטב במים לפי (§ 73), ואם נקח כר של עור (אדעקנע בלוט) ונטביל אותו בדיו מיוחד לזה העשוי מפיח (פוס) ושמן, ונלחץ אותו על הלוח או יורטבו מהדיו השמן הזה אך המקומות החרבים, ר"ל: מקומות הציור והכתיבה, אבל כל יתר שטח האבן שהיה רטוב במים לא יורטב עוד מהדיו, ואם נלחץ במעגילה (וולט) אחרי כן את הנייר על הלוח, או יעתק הכתב או הציור העתקה שלמה ומהודרת על הנייר.

§. 77. העברת הנוזלים (פדקסמוס). עוד מין אחר מחזיונות שינות יקצא הנוסד גם כן על כח המשיכה בחלקי החומרים הדבקים והנפגשים זה בזה מבלי אמצעי, והוא: כל שני נוזלים המתערבים זה בזה אם ינתנו בכלי אחד, יעברו גם דרך מתיצה המבוללת ביניהם ויתערבו יחד, החזיון הזה יקרא בשם העברת הנוזלים (פדקסמוס) Endosmose, והוא: הכלי זכוכית b צורה 24 הפתוחה למטה, ואשר צואר צר ממעל לה, יסגר מתחת על ידי עור שלחופית (בוסט), בעוד שהצואר מלמעלה יסגר במגופה נקובה אשר שפופרת זכוכית צרה תעבור בה, והנה אם נמלא את הכלי הזאת בספירטוס או במים שנמס בהם צוקער או מלח, ונתלה את הכלי המלא לו מִי־התמסה הזאת מעל לכלי שני a המלא במים זכים; באופן שיטביל הכלי b בהכלי a וגובה שטח הנוזלים שבהכלי הפנימי ישוה לגובה שטח הנוזלים שבהחיצון, אז נראה שאחרי זמן לא כביר ירד שטח הנוזלים אשר בהכלי a ושטח הנוזלים שבהכלי b ושבהשפופרת יעלה מעלה מעלה נגד טבע הכובד וזיבזבו מפי השפופרת, אולם אם נמלא הכלי החיצון בהתמסה והכלי הפנימי בהמים הזכים, אז יורד שטח הנוזלים בהכלי הפנימי בעוד אשר שטח הנוזלים בהכלי החיצון יעלה למעלה, ואם נבחין את הנוזלים אחרי שנשתנה בהם מצב גבהי שטחיהם בשני הכלים, אז ירדע לנו שלא לבר שהמים נמוגו בהספירטוס או בהמסת הצוקער והמלח, אך גם הספירטוס והצוקער והמלח עברו מהתמסה אל המים הזכים. בלתי שווי גובה השטחים בשני הכלים האלה יורנו לדעת שהעברות הנוזלים האלה לא היו בכמותים שווים.

צורה 24



את ההעברה הזאת באר לראשונה החכם דיטראסעט 1822, זמן אז והלאה החזיקו חכמי טבע רבים ושלמים על ידי בחינותיהם את השערתו, והוא: סבת השתנות כמותי העברות הנוזלים דרך המקדח המבדיל ביניהם נוסדה על בלתי שווי כח המשיכה שימשכו שני מיני הנוזלים משני עברי השלחופית, ובגלל זה הנוזלים הנמשכים בכח יותר גדול מהשלחופית, יעברו גם בכמות יותר גדול אל הכלי השני מאשר יעברו הנוזלים הנמשכים רק בכח קטן מעבר השני אשר להשלחופית, כמות ואופן ההעברה מהנוזלים דרך המקדח המבדיל לא יתערך לטבע הנוזלים לבד רק גם לטבע עצמות המקדח המבדיל ביניהם, כן ד"מ נודע לנו שדרך קרום קשקש הספוגי (היוס מוים קודשוק) יעבור הספירטום יותר בנקל מהמים; בעוד אשר דרך עור השלחופית יעברו המים יותר בנקל מהספירטום. —

החזיונות האלה העירו את חוקרי הטבע מאד יען שעל ידם נודע להם אופן העברות הליחות השונות בגופות החיים והצמחים דרך דופני תאיהם הדקים ואופן התמזגם זה בזה לגופים נוזלים שוויהתמונה. כל משכיל יבין מרעתו כי מקורבים הנה חזיונות ההעברה לחזיונות משיכת קנייהשערה. —

78. §. העברת האוירים זה בזה (דיפוזיציון דש גזים). אם נקח שני גופים אויריים ממינים שונים, ונמלא מכל אחד מהם בקבוק, ונחבר את פיות הבקבוקים זה לזה, או יעלה האויר שבהבקבוק התחתון ויתמוזג עם האויר שבהבקבוק העליון, ולעומת זאת יורד האויר מהבקבוק העליון אל הבקבוק התחתון ויתמוזג עם האויר שבו, ואחרי זמן לא כביר יהיו שני הבקבוקים מלאים אויר ממוזג במוזג שוה, גם כשיהיה כובד האויר שבהבקבוק התחתון גדול מכובד האויר שבהבקבוק העליון. החזיון הזה יקרא בשם העברת האוירים זה בזה (דיפוזיציון דש גזים Diffusion der Gase).

79. §. מציצת הגופים האויריים (אבסורפציון דש גזים). אחרי שבארנו עד הנה מהמשיכות שימשכו חלקי הגופים המוצקים והנוזלים זה את זה, נבאר פה גם מהמשיכות שבין החלקים האוירים ובין הנוזלים והמוצקים, ואשר מסבת המשיכה הזאת יתעבו הגופים האויריים במקום פגישתם בשטח הגופים המוצקים והנוזלים ובמקום פגישתם בגופים אויריים במינים או בשאינים מינים, הגופים האויריים יתגדלו במדרגת מעבם בערך קרבתם אל שטחי הגופים המוצקים והנוזלים, ויתקטנו במדרגת מעבם כל עוד שיתרחקו מהם, ומתסבה הזאת יחויב להיות מדרגת המעבה מהאוירים הכמלאים את תלולי הגופים המוצקים במדרגה יותר עבה מהגופים האוירים התפשים המקיפים אותם.

הנסיון הורנו שהפתם (קשה) ימצוין בתלוליו מהגופים האויריים כמות גדול ואשר יתלחצו בו בכח גדול, ומסבת צמצום מקומם של האוירים יתמו מאד, והוא מבואר לפי (49 §), וכאשר ימוצו הגופים המוצקים את הגופים האויריים בקרבם כן ימוצו גם הנוזלים את האוירים בכמותים גדולים או קטנים, הבהינות הורנו שמדה אחת מים תמצוין בקרבה מדה אחת אויר-חומץ-פתמי (קשהפניוויספסמון), אולם אך $\frac{1}{27}$ ממדתו יוסד

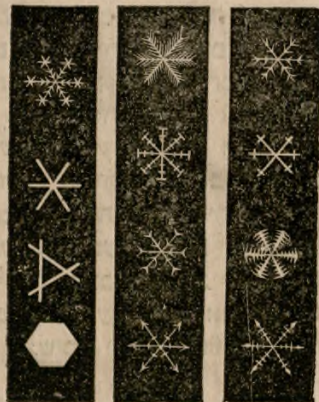
החמוצי (וויסרטיקן), $\frac{1}{4}$ מאויריסור-המימי (וואסער סטף גאז). הסגולה הזאת תקרא בשם **מציצת הגופים האויריים** (פאקטטיקא דער גאז אבסורפציע Absorption der Gase). היסוד החמוצי אשר יקצצו המים מאויר הנשימה הסובב את הארץ הוא מוכרח ורב התועלת מאוד לקחתו הימים והנהרות, אחרי שרק בדרך הזה נגיעו בעלי החיים האלה אל שאיפת הרוח-חיוני הזה, האויר הנבלע במים יוגרש מהם על ידי הבישול, אבל בעמדם לרוח היום ומוצי שנית את האויר. המעם הטוב אשר להמים הוא מאויר יסוד הפחמי האצור בהם, ולכן יהיה מעם-המים המבושלים תפל. גם הגופים המוצקים יבלעו גופים אויריים, הפחם יבלע חומץ-הפחמי בשיעור הגדול 20 פעמים מכמותו, כן ד"מ יוכל אצבע מעוקב פחם לבלוע בקרבו 20 אצבעות מעוקבים מאויר-חומץ-הפחמי, לכן לא נתפלא עוד לראות שהפחם השחוק הרק היטב יבער לפעמים מאליו בבתי מלאכת אבק המורה, והוא מבליעתו את היסוד החמוצי בשיעור רב. בלמדנו את חכמת העמי נשוב עוד ונתפלא על השתנות-הכמותים מהגופים האויריים השונים שיוכל גוף נוזלי אחד לבלוע בקרבו, כן יבלע אצבע אחד מעוקב מים אך $\frac{15}{1000}$ אצבע מעוקב אויר הנשימה, אולם לעומת זאת יבלע 1 אצבע מעוקב מים, 500 אצבעות מעוקבים אויר-חומץ-מלחי (וואוויסר גאז) ושבע מאות אצבעות מעוקב אמאניאקגאז, נמשך מזה שבעור שהמים ימשכו אליהם 1 חלק מאויר הנשימה יבלעו 38900 חלקים מהאמאניאק האוירי.

§. 80. התהפכות הגזולים למוצקים (קריסטליזאציען). בכל הגופים המוצקים יתקבצו

האטומים לנקודות טבעיות בעלי תמונות ידועות וקצובות שבקיבוצם יולידו את הגופים, בהגופים בעלי אברים (קריסטליזאציען) נראה אם נתבונן בהם היטב שכל נקודותיהם יסודרו בסידור נכון ונפלא במשטרו (סגולות-הסידור והסידור), וכן בהגופים הדוממים נראה שגם חלקיהם היותר קטנים (אם נעזוב אותם פשוט להתאחד מבלי להפריעם על ידי כל כח חיצוני) יתאחדו לגוף שלם בתמונת שווי המשטר לכל עבריה (וויסרטיקא דער גאז אבסורפציען), ויש מהם שגם חלקיהם היותר דקים המה בעלי תמונה מסודרת, ובהתאחדם לחלקים יותר גדולים, אז יהיו גם אלה מסודרים בתמונתם כהחלקים הקטנים שמהם הורכבו, והחלקים האלה יתאחדו לגוף שלם שתמונתו היא גם כן מסודרת בדמות ובצלם חלקי הדקים.

הגופים המתקבצים מחלקיהם במשטר נכון כזה, יקראו בשם **בדלחיים** (קריסטליניס Krystollinis), ואישי החלקים היסודיים שמהם הורכבו יקראו בשם **בדלח** (קריסטלל), הבדלח אשר למרבית הגופים הבדלחיים ישתנו זה מזה כן בתמונתם החיצונה וכן בתבניתם הפנימית (סטרוקטור), גופים בלתי בדלחיים (אמורפוסטאטיוס אמורפוס) יקראו בשם **בלתי מתוארים** (אמורפוס ; געשטאלטלוס אמורפוס), הבדלחים שונים המה למאד בתבניתם, והוא בדלחי מלח הבישול (קריסטלל) המה כתבנית מעוקבים רבועים (וויסרטיקא דער גאז אבסורפציען) בדלחי הקאנדיד-צוקער המה כתבנית עמודים מרובעים (וויסרטיקא דער גאז אבסורפציען), השלג הוא בדלח-מימי (וואסער-קריסטלל), וכן גם הכפור (יף) שנית על ענפי העצים והקרח שעל לוחות חלונותינו ויורנו

די באר את התמונות המסודרות אשר לברלחיהמים, הצורות 25; 26; 27, תורניה לנו שתרם עשרה תמונות שונות מהשלג, תמונות הקריסטאללען רבות הנה לבלי ספורות, אמנם בכל זאת היה לאל יד חכמי הטבע להלק אותן לשש שיטות כלליות, על פי תכונות ומספר צורה 25. צורה 26. צורה 27.



שטחיהן, קצותיהן, נטיותיהן, וקוטריהן, ידיעות השיטות האלה על נכון בכל אותותיהן, היא הכמה בפני עצמה גדולה למאד הנקובה בשם קריסטאללוגרפיה (Krystallographie) שיסודתה היא על עמודי חכמת מדידת הגופים, ותועלתה רבה מאד לחכמת החוין והכעמי, ובחבורנו חוקות שמים וארץ בארנו אותה בארובה.

§. 81. חווק הגופים המוצקים (פסטיג'קייס).

ההתנגדות שיתנגד כל גוף מוצק לאיזה כח מעכאני הפועל על הפרדת חלקיו זה מזה, יקרא בשם הכללי חווק הגוף (פסטיג'קייס), ולפי אופן הכחות המעכאניים הפועלים על הפחדות קישור חלקי הגופים, יבדילו חכמי הטבע והמעכאניק לארבעה מיני חווק, הלא המה:

- (א) חווק הפשוט או חווק האורך (אבולוט פסטיג'קייס); הוא ההתנגדות שיתנגד כל גוף מוצק (בכח התקשורתו) להכחות הפועלים עליו לארכו לנתק אותו לשנים.
- (ב) חווק מחזיר הפעולה (ריקוויקטנט פסטיג'קייס); הוא התנגדות הגוף להכח שמנקטו הוא ללחויץ אותו (טנדריקסס) או למחון ולכתוש אותו (טנדטאונן טנדטאונטסס).
- (ג) חווק המצמרף (טנאטיג פסטיג'קייס); הוא התנגדות הגוף למול הכחות שמנקטם הוא לשבר אותו לרחבו על ידי הכפיפה.
- (ד) חווק השוירה (טנכויקס פסטיג'קייס Torsionsfestigkeit); הוא הכח שיתנגד בו הגוף להכח שמנקטו הוא לנתק או לשבר אותו על ידי השוירה (דוכ טנדטאונג).

§. 82. חווק הפשוט. החווק הזה הוא בלתי מותקם לאורך הגופים, רק לכמות שטחיה

הכריתה (קובכטניט) ומשתנה בכמותו לפי השתנות טבע עצם חומר הגוף, ולכן בשני גופים א; ב מחומר אחד, ששטח כריתה א יגדל 1; 2; 3; פעמים משטח כריתה ב, או יגדל גם החווק הפשוט מהגוף א מהחווק הפשוט אשר להגוף ב גם כן בשיעור 1; 2; 3; פעמים, ר"ל: אלו היה נקרע או נתק הגוף ב אשר שטח כריתתו הוא 1 אצבע מרובע כאשר נתלה עליו משקל 5 פוד; או לא ינתק הגוף א המחויק בשטח כריתתו 3 אצבעות רק בכח מוצא הכבד 15 פוד.

למען נדע את כמות חווק הפשוט מהגופים נבחר לנו קנים (סטקט) בעלי שטח כריתה ידועה, ד"מ: שעבם הוא כרוחב שטח הצורה 28, ונראה את כמות המשקלים שנצרך להעמיס על

הצמח התחתון למען שינתקו, וכאשר יודע לנו על ידי הבחינה הזאת כמות המשקלים הנצרכים לנו לנתק הקנה מעצם הזה ששטח כריתתו הוא 1 צענטימעטער מרובע, ר"ל: כרוחב הצורה 28, או נוכל לדעת על ידו את חווק כל הגופים הדומים להקנה בחומרם על ידי כפילות מספר הצענטימעטער-המרובעים שיהיוק שטח כריתת הגוף הנחקר מאתנו עם כמות המשקל הנצרך לנתק את הקנה שמדת שטח כריתתו הוא 1 צענטימעטער מרובע ואשר בחרנו בו לאחרות המדה.



על ידי בחינותם מצאו חכמי הטבע את חווק הפשוט מהעצמים שיבואו פה; ואשר שטח כריתת עֲבִים הוא 1 צענטימעטער מרובע כגודל הצורה 28. עצי שמים טאָננען . . = 600 קיללעגראמם || עצי אלון (אייעל) . . = 600 קיללעגראמם עצי תדרה (בובע) . . = 500 || עצי תאשור (בוכסבוים) = 1150

וכן מצאו על ידי בחינותיהם גם את כמות החווק ממיני מתכות שונים כשהזאת שטח כריתתם גם כן כמדת הצורה 28, כאשר יבאו פה בהלוח הקטן הזה, והוא:

עופרת	100 = קיללעגראמם	ברזל במטילים	2500 = קיללעגראמם
ברזל	300 =	ברזל בקנים דקים	6000 =
צינק	600 =	חומי ברזל דקים	7000 =
ברזל נצוק (גוסמיינסן)	1100 =	חומי נחושת	7000 =
נחושת קלל במטילים	1250 =	חומי נחושת קלל	8500 =
נחושת במטילים	2000 =	צאָמענט שטאַהל	11000 =

בהגופים שתבנית סדרו חלקיהם הוא משתנה ישתנו בחוקם לפי שינוי נטיותיהם, ד"מ: העצים או בכלל הגופים המחוברים מחוטים דקים (פּאָטענציאל קאָנסטנט), ידווקו לכאד לנטיות אורך חוטיהם ויחלשו לנטיות רוחב החוטים, ד"מ: חווק עצי שמים לרוחב החוטים הוא אך = 35; תדרה = 70; עצי אלון = 100 קיללעגראמם.

83. §. חווק המחזורי פעולתו. אם נלחץ על ראש מטה (טאָב) מאיזה חומר שיהיה, או ישבר או מסבת להתלחצות (דוק קוּסטאָנג), או על ידי הקפיפה (דוק ביסאָנג), המטה יכפף כשיעלה ארכו או גבהו בערך 3 עד 10 פעמים מאלכסון הכריתה היותר קטנה שבו (אם דמר דורכמאססער וינעם קאָנסטנט קוּסטאָנטס), הכל לפי טבע קשיות חומר המטה, אם לא נעזוב את המטה להכפף לאחר מרוחתיו על ידי משענות שנשעין אותו בהן מכל עבריו, או לא ישתנה חווק מסבת השתנות ארכו.

84. §. חווק החזרה המתנגד להתלחצות. חווק החזרה מהגופים השווים בחומרם, הוא נערך לכמות שטח כריתתם היותר קטנה אשר להם, ד"מ: אם נצרך לנו להתלחצות איזה גוף ששטח כריתתו הוא 1 צענטימעטער מרובע משקל הלוחץ בכח 100 ליטרות, או יצטרך לנו ללחיצת גוף אחר ממינו השה אליו בארכו והגודל ממנו בשטח-הכריתה 10 פעמים, כל לוחץ שכמותו הוא $100 \times 10 = 1000$ ליטרות. גם את כמות החווק ההוא מצאו חכמי הטבע בגופים רבים (על ידי בחינותיהם), כי בהיות ארכם וקוטמם

ורחבם 1 צענטימעטער יתלחצו על ידי משא הכבד במשקלו כמספר הקיללעגראממען שנצין פה בצדס כאשר יתבאר בהלות הזה, והוא :

ברזל-צוק (גוסמייזן)	13000 = קיללעג'	אבן שיש שחור . . .	790 = קיל'
מתכת-כליתותה, קאנאנען מעטאלל =	10000	ברזל	720 =
ברזל חרוש (פזידמייזן)	4900 =	אבן גראניט אמוץ .	420 =
נחושת	4000 =	עצי עשען (לאָרס) .	610 =
נחושת קלל (זעססונג)	4400 =	עצי תדרר	540 =
אבן פאָרפיר	2470 =	עצי שטים ואלון .	450 =
אבן באַזאָלט	2000 =	עופרת	145 =
אבן חול (זמנדסטין)	870 =	לבנה שרופה	150 =

§. 85. חוּק החזרה המתנגד אל הכפיפה. חוּק החזרה המתנגד להכפיפה יתערך בערך ישר לשמח הכריתה היותר קטנה שימצא בהגופים ובערך מהופך לארכם, אם נקח לאחדות ההתנגדות שיתנגד איזה גוף בחוקי החזר כשיהיה ארכו רחבו ועביו שוים, ונשער על ידי האחדות הזאת את חוּק הגופים מכמותים שונים, אז יצא לפי בחינות החכם ראָנדעלעט, כמותי החוּק בעד ברזל חרוש ויצוק ועצי הבנין בהשיעורים אשר בשלשת הלוחות האלה :

לוח א' ברזל חרוש

ערך ארכו אל רחבו	ערך ההתנגדות	כמות ההתנגדות לכל צענטימעטער מרובע	ערך ארכו אל רחבו	ערך ההתנגדות	כמות ההתנגדות לכל צענטימעטער מרובע
1 =	1	4800 = קיללעגראמם	63 =	$\frac{1}{5}$	960 = קיללעגראמם
18 =	$\frac{27}{40}$	3240 =	81 =	$\frac{1}{8}$	600 =
27 =	$\frac{1}{2}$	2400 =	92 =	$\frac{1}{10}$	480 =
36 =	$\frac{2}{5}$	1929 =	100 =	$\frac{1}{12}$	400 =
45 =	$\frac{5}{16}$	1500 =	108 =	$\frac{1}{16}$	300 =
54 =	$\frac{1}{4}$	1200 =			

עצי הבנין (בויהאָלצער)

לוח ב' ברזל יצוק

ערך ארכם אל רחבם	ערך ההתנגדות	כמות ההתנגדות לכל צענטימעטער מרובע	ערך ארכם אל רחבם	ערך ההתנגדות	כמות ההתנגדות לכל צענטימעטער מרובע
1 =	1	6900 = קיללעגראמם	1 =	1	420 = קיללעגראמם
4 =	$\frac{2}{3}$	6600 =	12 =	$\frac{5}{6}$	350 =
8 =	$\frac{1}{2}$	4950 =	24 =	$\frac{1}{2}$	210 =
15 =	$\frac{1}{3}$	3300 =	36 =	$\frac{1}{3}$	140 =
20 =	$\frac{4}{15}$	2640 =	40 =	$\frac{1}{6}$	70 =
25 =	$\frac{1}{5}$	1980 =	60 =	$\frac{1}{12}$	35 =
30 =	$\frac{1}{6}$	1650 =	72 =	$\frac{1}{24}$	17½ =
36 =	$\frac{2}{15}$	1320 =			

משלש'ת הלוחות הקטנים האלה נודע לנו שערך התמעטות חוץ החזור מהגופים מסבת ארכם הוא משתנה מאד לפי טבע הגופים, חוץ הברזל יצוק יתמעט במחציתו כשעלה ארכו על עביו 8 פעמים, ולעומת זאת לא יתמעטו העצים במחצית חוקם רק כשנתוסף ארכם על עביו 24 פעמים, וחוק הברזל תרש יתמעט במחציתו כשיהיה ארכו 27 פעמים גדול מעביו, ברזל יצוק יתמעט בחוקו עד $\frac{1}{3}$ להיות ארכו מרובה על עביו רק 15 פעמים, ובעצים עד שיהיה ארכם מרובה על עביו 36 פעמים.

86. §. החזוק המצטרף. ההתנגדות שיתנגד הגוף לאיזה כח ואשר יכסוף לכפוף אותו עד שישברנו יקרא בשם חזוק הרוחב (מלחמה וסמולסטיגיקים) או גם בשם חזוק המצטרף (מלחמה וסמולסטיגיקים) יען שהחזוק הזה יתערך גם לתכונת הגופים גם לאופני הסבילה (מלחמה וסמולסטיגיקים).

אם יש לנו חומר ממשקל ידוע, ר"מ: 40 ליטרות ברזל, ונחלק אותו לשנים ונעשה לנו מהחצי האחד ממיל'מקשה (מלחמה) שארכו הוא אמה, ומהחצי השני נעשה שפופרת חלולה גם כן באורך אמה, אז יקבר לנו לכפוף את השפופרת החלולה מאשר את המטיל המקשה, ר"ל: הכח ההבדל בין הכחות הנצרכים לנו לכפיפת השפופרת יתגדל בהתגדל אלכסון חלוליה, ולפי זה יגדל כמות הכח הנדרש לכפיפת שפופרת ברזל שארכה 1 אמה ומשקלה עשרים ליטרות ואלכסון חללה 1 אצבע, מהכח הנדרש לכפיפת שפופרת של ברזל אחרת השווה אליה בארכה ובמשקלה ואשר רוחב חללה הוא 2 אצבעות, כל אלה הורנו הנסיון.

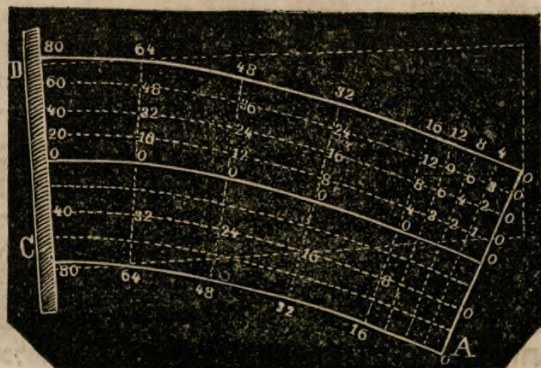
אמנם נדענו שהחוק הזה לא יובן לרוב הקוראים מבלי ביאור, יען שכל משכיל על דבר יתעורר לשאול: הן השפופרת לא נשתנתה מהמטיל המקשה בארכה ובמשקלה רק בחללה, ואיכה יעצור כח האוויר שבהחלל לשאת על שכמו משקלים כבדים בעוד שהחומר המקשה ירביץ תחת משאו וישבר באפס יד? הן אם ננסה לתלות באוויר חלל השפופרת גרר חול דק אחד יפול למטה, והאוויר לא ישים מעצור לפניו, ואיכה ישא החלל על שכמו משאות רבבות ליטרות? כאשר הורנו הנסיון בבניני הנשירים הגדולים הנשענים על שפופרת חלוליות; אמנם בכל השאלות העצומות האלה שתתריבנה כל עוד שנוסיף להתבונן בהחזיון הזה, לא אולת יד ההכמה להבין גם את סבת החזיון הנפלא הזה, ולכן נבאר אותה פה ברחבה מעט, והוא:

את כל גוף נוכל לציר לנו שהוא מורכב משדרות (מלחמה) זו למעלה מזו ושכל שדרה מורכבת מחומים מונחים זה בצד זה, הכפיפה תולד על ידי התארכות החומים (מלחמה), מהשדרות העליונות מהמוט, הוא הצד הבולט או הגבנוני (מלחמה) שבו; ועל ידי התקצרות החומים שבצד התחתון הוא הצד השוקע והשקערוני (מלחמה). אם נחלק במחשבתנו את עובי כל גוף לשדרות רבות (מלחמה) כאשר אמרנו; אז דעת לנכון נקל כי חומי השדרה החיצונה שעל פני שטח המוט מלמעלה יתארכו יותר מכל יתר חומי השדרות שתחתיהם, וכן יתקצרו יותר

גם החושים אשר להשררה החיצונה שעל פני שטח המוט מתחת מכל יתר החושים שבשררות הסדרות ממעל להם, ומעתה יבין כל משכיל מדעתו שבכל השררות תמצא שורה אחת שבה תפגשנה השררות הכתארכות בהשררות המתקצרות, ואותה נקרא בשם קוטר הבינים (בייטקוטקס). תכונת (הגט) קוטר הבינים בהגופים תשתנה מאד לפי טבע הרכבתם, והוא: יש גופים שיתנגדו אל ההתארכות וההתקצרות בשיעור אחד, ר"ל: בכח הזה שנוכל על ידי המשיכה להגדיל את ארכם במדת רוחב האצבע, בכח הזה נוכל גם לקצר ארכם (על ידי הלחיצה) במדת האצבע ויש שונה להם להתארך מלהתקצר, או כאשר נאמר במלות שונות: יש גופים ששיעורי החוזק הפשוט והחוזק החוזר ישווה בהם, ויש גופים שהחוזק הפשוט יגדל בהם מהחוזר, ויש שחוזק החוזר יגדל בהם מהפשוט, ולכן תשתנה תכונת קוטר הבינים בהגופים לפי ערכי שני מיני החוזק זה לזה, ר"ל: הפשוט והחוזר, והוא: אם שווים המה בשני מיני החוזק יעבור מישור (בבטט) קוטר הבינים דרך נקודת הכובד (בויטקוטקס) § 107 של שטח הכריתה (קופרטיטט), תהיה באיזה תמונה שתהיה מרובעת עגולה וכדומה, אולם אם החוזק החוזר יגדל באיזה גוף מהחוזק הפשוט שלו כמו בברזל יצוק, או תהיה תכונת קוטר הבינים מתחת לתכונת נקודת הכובד, ואם יגדל בו החוזק הפשוט מהחוזק החוזר כמו בעצי אלון, או ילך קוטר הבינים ממעל לנקודת הכובד.

נמשך מזה שמדת התארכות והתקצרות חושי השררות תתערך בערך ישר לכמות מרחקם מקוטר הבינים, אמנם גם אישי החושים לא יתארכו ולא יתקצרו בשיעור אחד על פני כל ארכם, והוא: בנקודת תלית המטקלים (מויטקוטקס) תקטן גם ההמתחה גם הלחיצה מבבל יתר הנקודות שלאורך החוט הזה, ובנקודת הקביעה (בטטקוטקס) תגדלנה ההמתחה והלחיצה מבבל יתר נקודות אורך החוט, וכל הנקודות הרבות אשר לאורך החוט שבין נקודת התלית והקביעה תתערבנה בלמות קבלת הפעולה מהמשא בערך ישר לכמות מרחקן מנקודת התלית ובערך מהופך למרחקן מנקודת הקביעה.

צורה 29.



הצורה 29 תורנו את תמונת כפיפת המוט ותכונת קוטר הבינים המסומן בהציון 0 על פני כל ארכו, ואת כמות התארכות והתקצרות שדרותיו משני עברי קוטר הבינים לפי מרחק הנקודות בהנה מנקודת התלית והקביעה לשמנו בציוני מספרים (בטט) על כל שדרה ושררה, והציונים יודיעו לנו את

כמות ההתנגדות שיתנגדו בהנה כל חוט וחוט אל הכפיפה, או במלות שונות: את כמות החלק מההתנגדות להכפיפה שיקח כל אחד מן החוטים, והנה אלו התארכו כל החוטים שלמעלה מקוטר הבינים במדה אחת, ואלו התקצרו כל החוטים שמתחת לקוטר הבינים גם כן במדה אחת, ר"ל: לוויו כמות התארכות והתקצרות כל אחת מהשרדות כהתארכות והתקצרות החוטים שעל שטחיהם העליון והתחתון; ולו היה סכנת השבירה (פירסוף) של החלק העליון והתחתון שוים זה לזה; כי עתה היה כמות חוץ המצטרף של המוט בתכנית גדלו (אקטיווין), אבל באשר שגם ההתארכות גם ההתקצרות תלכנה הלוך והסור משטח המוט העליון והתחתון כל עוד שיתקרבו לקוטר הבינים במקום שתתבטלה מכללן, לכן יהיה החוץ האמתי מכל גוף שכריתו מרובעת אך חצי החוץ שהיה לו אלו לא נתמעט בו החוץ לעומת קוטר הבינים, ר"ל: אם היו כל שדרותיו מתנגדות להמשאות התלויות בו בשיעור התנגדות השרדות העלויות והתחתונות. — ומעתה אם נחלק ד"מ את עובי המוט לעשר שדרות שעובי כל אחת מהנה הוא 1 צענטימטר, או תעזורנה שתי השרדות הפנימיות (מפאת קרבתן אל קוטר הבינים) אך מעט להגדיל החוץ המצטרף של הגוף, בעוד ששתי השרדות הקיצונות מלמעלה ומתחת תעזורנה עוד רב לזה, ולכן הלא יבין מעתה כל נבון מדעתו שבמקום הנצרך חוץ הגופים אך לבלי הועיל תהיה הוספת החומר בקרבת קוטר הבינים במקום שיתנגד החומר להכפיפה רק בשיעור קטן למאד; ולעומת זאת תהיה לנו לתועלת גדולה להגדיל כמות חוץ הגוף אם נקח החומר שעל יד קוטר הבינים ונשים אותו ממעל ומתחת בהגוף הרחק מקוטר הבינים, ומקום קוטר הבינים והשרדות הקרובות אליו ואשר סביביו ישאר פנוי ורק מהחומר.

ומעתה קרו כל השאלות העצומות מדוע יגדל חוץ הגופים החלולים מהמקשיים? והוא: יען שהחוץ המצטרף יתערך לא לבד אל רוב חומר הגוף בערך משקלו כי אם גם לערך מרחק החומר מקוטר הבינים, ואל תכונת תליית המשא. על פי החוקים האלה נצא לנו שכמות הכח המצטרף בשני גופים מחומר אחד יתערך בערך מהופך לארכם, ובערך ישר לרחבם, ובערך מרובע לגבהם, ד"מ: שני מטילי ברזל א; ב השוים זה לזה בארכם וגבהם (עבים), והמטיל א יגדל 2, 3. . . פעמים מהמטיל ב ברחבו, או יגדל המטיל א גם 2, 3. . . פעמים בחוץ המצטרף מהמטיל ב. שני מטילי ברזל א; ב אשר בארכם ורחבם שוים המה זה לזה, אך המטיל א יגדל 2, 3. . . פעמים מהמטיל ב בעוביו, או יגדל המטיל א גם 4, 9. . . פעמים בחוץ המצטרף מהמטיל ב. שני מטילי ברזל א, ב השוים זה לזה ברחבם ועבים אך המטיל א הוא ארוך 2, 3. . . פעמים מהמטיל ב, או יקטן המטיל א גם כן 2, 3. . . פעמים בחוץ המצטרף מהמטיל ב, ומה יצא לנו כי הקרש שעביו הוא 1 אצבע ורחבו 10 אצבעות יגדל בחוץ המצטרף עשר פעמים אם נציגהו על חודו באופן שיתהפך עביו לרחבו ורחבו לעביו, באשר כי בנוח הקרש על צדו הרחב היה כמות חוקתו $10 \times 10 = 100$ ובנותו על צדו הקצר היה כמות חוקתו $10 \times 10 \times 1 = 100$. ויתר מזה עיין בחבורנו הגדול חוקות שמים וארץ, ובחבורנו זה (§ 89) גם (§ 130).

§. 87. השתנות החוזק בהשתנות אופן הסבילה. החוזק המצטרף ישתנה בגוף אחד גם בהשתנות הכונות נקודת ההעמסה (בעלמסטיגונגס פונקט), ונקודת הקביעה (בעלמסטיגונגס פונקט) לאופנים רבים, והוא:

א הקצה האחד מהמוט קבוע בקיר בעוד שהקצה השני ממנו הוא מסובל (בעלמסטיגט), כמו שתורנו הצורה 30.

ב הקצה האחד מהמוט קבוע בקיר והמשא מסובל על פני כל ארכו כמו שתורנו הצורה 31.

ג המוט נשען באמצעותו ומסובל משני קצותיו במשקלים שווים כמו שתורנו הצורה 32.

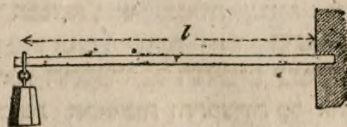
ד שני קצותיו חמה נשענים, והמשא תלוי באמצעותו כמו שתורנו הצורה 33.

ה המוט נשען בשני קצותיו והמשא מסובל על פני כל ארכו, כמו שתורנו הצורה 34.

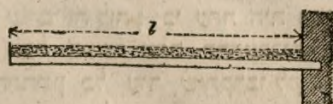
ו שני קצותיו קבועים בשני קירות, והמשא תלוי באמצעותו, כמו שתורנו הצורה 35.

ז שני קצותיו קבועים בשני קירות, והמשא מסובל על פני כולו, כמו שתורנו הצורה 36.

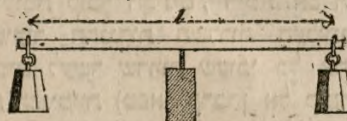
צורה 30.



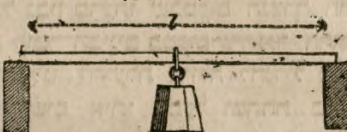
צורה 31.



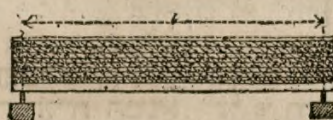
צורה 32.



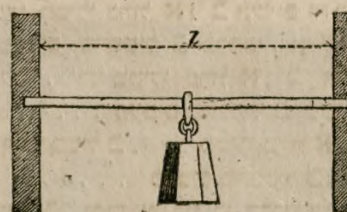
צורה 33.



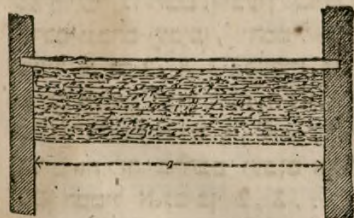
צורה 34.



צורה 35.



צורה 36.



בכל שבעת הצורות האלה מן 30 עד 36 יורה האות 1 על כמות אורך המוט.

אם נסדר את שבעת אופני ההשענה והסבילה בתורוה אחת, ונסמן אותם:

בהאותיות **א, ב, ג, ד, ה, ו, ז**, אז יצאו לנו ערכי המשאות במספרים **1, 2, 4, 4, 8, 8, 16**, ר"ל: אם נצרך לנו משקל

כבר לשבר המוש בהיות תכונת ההשענה והסבילה כבאופן א, או יצטרך לנו לשבירתו באופן ב $2 = 4$, ובהאופנים ג; $7 = 4$, ובהאופנים ד; $1 = 8$, ובאופן ז $16 = 16$ ככרים. — בחינות החכם טרעדגאלר הורונו: שבגופים שמדתם 1 צענטיםמטער בארם רחבם ובהם יהיה המשקל הנצרך לשבירתם, ברזל חרוש 1050; ברזל יצוק $1075 =$; נחשת קלל 3470; עצי אלונים $272 =$; עצי תהרר (ביז) $166 =$ קיללעגראמם.

§ 88. ערך חווק הרוחב מהגופים החלולים (הקהים) למול המקשיים (מקשיים).

למען יבין כל איש את דברינו בסימן 85 מערך הוספת החווק בהגופים החלולים על חווק הגופים המקשיים, נביא פה חשבון צדק, והוא: נניח שמשקל כל אצבע מעוקם ברזל הוא $\frac{1}{4}$ ליטרא, והנה יש לנו 504 ליטרות ברזל ומהנה נלצה לעשות קורה מרבעת מאורך 84 אצבעות $1 =$ קלאמטר, והנה אם נעשה את הקורה כולה מקשה (מקשה) או יהיה רחבה 4 ועביה 6 אצבעות (צורה 37), שטח כריתותה יהיה או $6 \times 4 = 24$ אצבעות מרובעים ותשבורת גשמה $2016 =$ אצבעות מעוקבים. לכן יהיה משקלה $\frac{2016}{4} = 504$ ליטרות. נניח עוד שיש בכח ברזל בת אצבע מעוקב לשאת ולסבול 3000 פוד משא במרם השברה, או יהיה (לפי § 85) בכח הקורה לשאת $\frac{3000 \times 6 \times 6 \times 4}{84} = 5143$ פוד

צורה 37. צורה 38.



בקירוב, ר"ל: רוחב פעם מרובע-הגובה פעם כההסבל מחולק על אורך הקורה כאשר נתבאר לנו (§ 85), ואם תהיה הקורה מסובלה כמו (בצורה 36), או יהיה כמות כח הסבל $5143 \times 16 = 82288$ פוד. אמנם אם נעשה הקורה חלולה באופן שעובי קירותיה מסביב תהיה ברוחב האצבע, או תהיה רחבה 6, ועביה 8 אצבעות כשתורנו צורה 38, ששטח כריתותה הוא גם כן 24 אצבעות מרוב'. כח הסבל מקורה כזאת אלו היתה מקשה נמצא

(לפי § 85), $\frac{8 \times 8 \times 6 \times 3000}{84} = \frac{1152000}{84} = 13714 \frac{1}{3}$ פוד בקירוב, ואם תהיה

מסובלה כמו בצורה 36, או יהיה כמות כח הסבל $13714 \frac{1}{3} \times 16 = 219430$ פוד. אמנם לפי שגודל חללה הוא 4 ברוחב, גם 6 אצבעות בגובה כמדת קורה המקשה (צורה 37), לכן נצרך לנו לגרוע את כמות כח הסבל של הקורה המקשה (צורה 37) מהקורה החלולה (צורה 38), ויוצא לנו לכמות כח הסבל האמתי של הקורה החלולה $219430 - 82288 = 137142$ פוד, נמשך מזה שמבלי לשנות את אורך הקורה ואת שטח כריתותה אף כמלא רוחב חוט השערה, ומבלי להוסיף על משקל הברזל אף כגרנר החרדל, הרינתו כבר בכח הסבל 54854 פוד ($= 137142 - 82288$), וכל זה הוא בשביל התרחקות החומר מקוטר-הבינים, והנה דעת לנבון נקל שהיה לאל ידנו להרוויח עוד אלפים ורבות פודען בכח הסבל אם נרחיק את דפנות הקורה החלולה יותר רחוק מקוטר-הבינים, ר"ל אם נגדיל עוד את החלל כהנה וכהנה.

§ 89. הגדלת כח הסבל של המשענת בהנתן לה תבנית ידועה. כח-הסבל

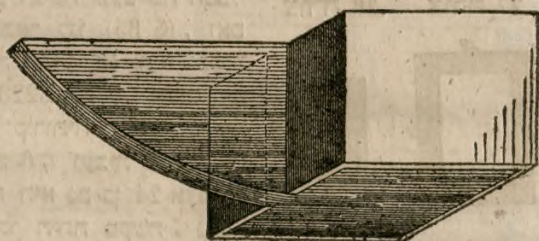
גדול בערך המשקל של המשענת נשיג בהנתן להמשענת התמונה כשתורנו הצורה 39, צורה 39. והוא: אם יהיה רוחב הקורה = 5 אצבעות ועביה = 12 אצבעות אז יהיה

שטח כריתותה $12 \times 5 = 60$ אצבעות מרוב' וכח סבלה $12 \times 5 = 2$ וגובה כל אחר $12 \times 720 = 8640$, אולם אם נחסר משני עבריה שני קרשים שרוחב כל אחד = 2 וגובה כל אחר = 10 אצבעות, אז תשאר הקורה בתמונת הצורה 39 ושטח כריתותה יהיה = 20, והנה כח הסבל של שני הקרשים הכרותים כהקורה הוא $(10 \times 10 \times 2) \perp (10 \times 10 \times 2) = 400$, נגרע זה מכח הסבל של הקורה השלמה יצא לנו לכח הסבל מהמשענת (צורה 39) $8640 - 400 = 8240$ והוא $\frac{4}{9}$ מכח הסבל של הקורה השלמה, בעוד שמשקל המשענת הוא אך $\frac{1}{5}$ ממשקל הקורה השלמה, אמנם אם נקח את כל הברזל מהקורה השלמה ונעשה ממנה משענת בתבנית צורה 39, באופן שגבהה



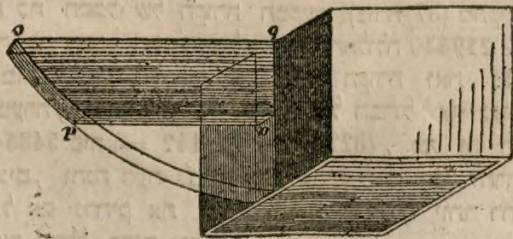
יהיה 24 אצבעות, ורחבה באמצעותה 2 אצבעות ורוחב צלעיה העליון והתחתון כל אחד 5 אצבעות, אז יהיה שטח כריתותה גם כן 60 כשטח הקורה השלמה, וכמות כח הסבל של המשענת הזאת יהיה $(24 \times 24 \times 5) - (20 \times 20 \times 1\frac{1}{2} \times 2) = 2880 - 1200 = 1680$ ויגדל $2\frac{1}{3}$ פעמים. צורה 40.

מכח הסבל שיצא לנו להקורה המקשה והמרובעת השווה אליה במשקלה וארכה, ושטח כריתותה, כח הסבל היותר גדול נשיג בהנתן להמשענת הקבועה בקצה האחד בהקיר את תמונת הפאראבעל (צורה 40), וביחוד אם נעשה אותה חלולה כאשר תורנו (הצורה 41); יען שבאופן הזה



נשתמש בהחומר באופן היותר מועיל לפי שבמקום הקבועה ימצא חומר יותר רב וקרוב לקוטריהבינים ובמקום תליית המשא ימצא אך חומר מעט, (בהצורה 41) לא יגיע חלל המשענת רק עד קוטריהבינים, אמנם דעת לנכון נקל שנרויח עוד בכח הסבל כאשר נעשה את המשענת חלולה גם מעל לקוטריהבינים, ונוסיף את החומר למעלה ולמטה במקום קביעת המשענת בהקיר.

צורה 41.



90. §. השתנות חוזק הגופים בהשתנות סדור חלקיהם בהם. בכלל יתגדל

חוק הגופים במתכת כאשר יבו בפטיש או ילחצו במעגילה (מחלש), או אם יורכבו הרבבה בעמית משני מינים שונים: הנייר, העור, והבגדים יתחזקו על ידי הלחיצה והגיהרן (פריטססן פולסססן), הנסיון יורנו שהחבלים הארוגים כמעגילה (כונדגסווקססס) או העשויים הלולים כתבנית נוד (פולפריקויג) המה חוקים מהחבלים השזורים, והשזורים המה חוקים מאלה שהושיהם נסדרו בקוים ישרים בלתי קשור זה בצד זה, אם נקח חוטם ונשזיר מהם חבל, או יהיה אורך החבל קטן מאורך החוטם, והאורך יתקמן עוד כל שנסיף לשזיר את החוטם. הנסיון הורנו שהחבלים שנתקצרו בשיעור חמישית מאורך החוטם שנשזרו מהם, המה היותר חוקים בכל החבלים השזורים, ר"ל: אם יש לנו חוטם שאורך כל אחד מהם הוא 5 אמות, ונשזיר מהם חבל, או ישיג החבל את תכלית חוקו בהתקצר ארכו על ידי השזירה אמה אחת, אולם אם יתקצר יותר או פחות מאמה, או יהיה חוקו פחות מעט או הרבה, מחזקת החבל שנתקצר אמה בדיוק.

§. 91. חוק השזירה (פריטססן פולסססן), החוק הזה יתגדל בגופים מקשיים (מחסיסס) בערך ישר להמדרגה הרביעית מאלכסונם, ר"ל: גוף א הגדול מן 5, 4, 3, 2, 1, 5, 6, 7. . . פעמים באלכסונו, יגדל 16, 81, 256, 625, 1296, 2401. . . פעמים בכמות התנגדותו להכח שמגמתו הוא לשברו או לנתקו על ידי השזירה, חוק השזירה יתערך גם בערך מהופך לאורך הגופים, חוקי החוק מהמין הזה נצרכים המה מאד לדעת לחכמי הבנין (פריטססן פולסססן) יען שעל ידם יוקצבו עובי ואורך קוטרי אבני הרחים וקוטרי אופני המעוף (פולססן פולססן) עיין בספרנו זה חלק שלישי.

§. 92. כח הספוגי או הנוציי (פולססן פולססן). כשם כח הספוגי או הנוציי (פולססן פולססן) קדשכ פריטססן פולססן) נכנה להסגולה אשר להגופים המוצקים לבטל את השתנות תמונתם שנשתנו בהם מסכת איזה כח חיצוני על ידו; ואת התשוקה לשוב לתמונתם הטבעית (מבלי עזרת כל כח חיצוני), ברגע ההוא שתתום פעולת הכח המשנה תמונתם. סבת הספוגיות הוא יליד כח ההתקשרות (פולססן פולססן) §. 67, והוא: אם יפעל איזה כח מעכאני זמן קצוב בגוף מוצק או יסבב הכח הזה איזה שינוי במדרגת המעכה של הגוף, וחלקיו הדקים ישתנו על ידי זה מתכונתם הטבעית, וכח ההתקשרות יתנגד עד גבול ידוע אל הכח המשנה את תכונת החלקים, כל עוד שלא עבר הכח המשנה את הגבול הזה, אז ישוב כח ההתקשרות לפעול ברגע שיחדל הכח המשנה מלפעול, ועל ידי זה ישובו חלקי הגוף למקומם ולמצבם הראשון, והגוף בכלל ישוב גם כן לאיתנו ולתמונתו הטבעית, כמות כח הספוגיות או כח חזרת החלקים (הנלחצים) לאיתנם, יהיה בגופים ספוגיים בתכלית (פולססן פולססן פולססן פולססן) שזה כח בדר להכח המשנה את החלקים, אולם אך מעט ימצאו בטבע גופים במדרגה ספוגיות כזאת, בהסימנים הקודמים ראינו שהכח המעכאני הפועל על הפרדת חלקי הגופים יוכל לפעול בארבעה אופנים; לכן נבדיל גם בכח הספוגי ארבעה מינים והמה: ספוגיות המתיחה (דסהנוגס פולססן פולססן), ספוגיות הכפיפה (ביפוגס פולססן פולססן), ספוגיות הלחיצה (דוקק פולססן פולססן), ספוגיות השזירה (דסהנוגס פולססן פולססן).

§. 93. ספוגיות המתיחה. כח-ספוגיות-המתיחה נחזה בהגופים המתפעלים מאיזה

השתנות הגופים בסגולותיהם

כח הפועל עליהם להגדיל ארכם, את הכח הזה נראה על ידי תשובת הגופים לארכם האמתי אחרי שהוסר מהם הכח המותח אותם; אולם גם בזה לא יעברו הלאה מגבולות קצובים, כמות ההתארכות שיתארך הגוף על ידי ספוגיותו הוא מתערך בערך ישר להכח המותח אותו. בגופים מורכבים מהומר אחד והמשתנים רק בכמות שטח כריתתם יתערכו בערך מהופך לכמות שטחי כריתתם (קונסטנטיים). — כח המתחה היותר גדול ואשר בכלות פעולתו ישוב עוד הגוף אל כח ספוגיותו הטבעית, יקצוב לנו את כמות כח הספוגיות (פלאסטיציטט) של הגוף; וכמות ההתארכות שיתארך הגוף על-ידי כח המתחה הזה, יקרא בשם גבול הספוגיות (גראנט דפס פלאסטיציטט); והיחס שבין כמות כח הספוגיות ובין גבולו, יקרא בשם מדת הספוגיות (פלאסטיציטט-מחלק) קדש פלאסטיציטט-מחלקו). למען העריך את הגופים במדת ספוגיותם זה לזה נבחר לאחדות-שטח-הכריתה (חלם קונסטנטי-מחלקו) במדה צורה 42. ידועה, ד"מ: את מדת 1 צענטימעטער מרובע בגודל הצורה 42, ונקצוב על ידי הבחינה את כמות כח המתחה שנצרך לנו להאריך אותו פי שנים אלו היה חווק הפשוט של הגוף חווק לבלי ינתק בטרם הגיעו להאורך הכפול, ואם יגיע אליו אז ישאר עוד בכח ספוגיותו כמקדם; ועל האופן הזה יצא לחכמי הטבע גבול הספוגיות וכמות כח הספוגיות. ומדת הספוגיות בעד גופים אחרים, כאשר יתבאר לנו בהלוח הקטן הזה:



שמות הגופים	גבול הספוגיות	כמות הספוגיות במשקל הקיללעגראמם	מספר הקיללעגראממין למדת הספוגיות בעד 1 צענטימעטער מרובע
עצי אלון (חייבט)	$\frac{1}{600}$	200	120000
עצי שטים (טלכנט)	$\frac{1}{850}$	217	130000
עצי גופר (טלכנט)	$\frac{1}{470}$	315	150000
עצי עשען	$\frac{1}{885}$	127	110000
חומי ברזל (דחמטה)	$\frac{1}{1250}$	1475	1800000
ברזל במטילים (סטמבמיוסן)	$\frac{1}{1400}$	1400	2000000
ברזל עשות (סטמטה)	$\frac{1}{835}$	2500	2100000
ברזל עשות יצוק (גוססטטה)	$\frac{1}{4500}$	6600	3000000
ברזל יצוק (גוסמיוסן)	$\frac{1}{1200}$	670	909600
חומי נחושת קלל	$\frac{1}{742}$	1500	1000000
מתכת כלי תותח (קאנפגנאטטה)	$\frac{1}{1300}$	200	320000

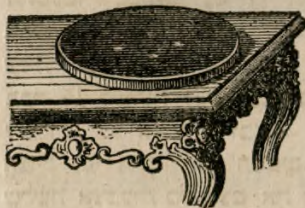
94. §. ספוגיות הכפיפה. את ספוגיות הכפיפה (ביסגוגם פלאסטיציטט) נחזה בהגופים המתפעלים מאיזה כח הפועל עליהם בנטיית יושר-הנפילה (ונקפכנט) לארכם (28 §), את הכח הזה נראה על ידי תשובת הגופים (הנקפפים) לתכונתם הראשונה, אולם גם פה יקצאו גבולות קצובים להכח הזה אשר משם ומעלה כל יעברו וכל ישובו עוד לתכונתם הראשונה. — בתוך הגבול הזה תתערך כמות הכפיפה בערך ישר לכמות הכחות הפועלים על

הגופים, וכח תשוקתם לשוב לתמונתם הראשונה יישוב (בגופים ספוגיים בתכלית) בר כבד להכח המושגת תמונתם.

§. 95. ספוגיות הלחיצה. (דוקוק טולסטיליטקט) הספוגיות הזאת מתנגדת בקצתה

אל ספוגיות המתוחה ובקצתה היא משותפת עם ספוגיות הכפיפה, כמו בלחיצת הגופים הכדוריים; ולכן תשמור את חוקות ספוגיות הכפיפה, פעולת הספוגיות ממין הזה תתבאר לנו בחלק השלישי בדברנו מחוקות הדחיפה, אם נקח כדור של שן (טולסטיליטקט) ונמשח אותו בשמן ונפילהו מגובה מעט על השולחן, אז נראה על השולחן כתם שמן עגול, ואם כי שהכדור לא יוכל לנגוע בהשולחן כי אם בנקודה אחת, בכל זאת יהיה השטח מהעיגול השמן רחב מעט כמו שתורנו הצורה 43 והוא מסבת התלחצות חלקי הכדור פנימה בכח חביטתם בדף השולחן וזוהו ישטח הכדור שטוח מעט (סטומח טבגטפולט) במקום פגישתו בהשולחן.

צורה 42



§. 96. ספוגיות השזירה (דכטהגנס טולסטיליטקט).

את הכח הזה נראה בכחיהסביבההחוזרת (לזיקקדכטהגנס) מהגופים ככלות הכח המשוך את פעולתו ויישובו הגופים לתכונתם שהיתה להם לפני השזירה, הספוגיות הזאת היא נכבדת מאד לחושי מתכות, חבלים,

שערות ומיתרי כלי השיר. ההתנגדות שתתנגד הספוגיות הזאת בקרב גבולות ידועים להכח המשוך תתערך לכמות מעלות הזוית שהגוף סבב בהנה, ותתגדל בערך גדול למאד בהוספת מדת אלכסוני הגופים ותתמעט בערך הוספת האורך, ויהיה לפי זה כח ספוגיות השזירה בחבל משור א, שהקיף שני פעמים בהשוורו גדול גם פעמים מספוגיות השזירה של חבל ב השווה לו בכל סגולותיו ואשר הקיף בהשוורו אך פעם אחת, אולם אם היה אורך החבל א, גדול פעמים מאורך החבל ב, אז ישוו החבלים זה לזה בבח שזירתם, יען שבמדה הזאת שהרויח החבל א בכמות מעלות התקופה הפסיד בסבת הגדלת ארכו. על חוקי הספוגיות ממין הזה נוסדו מאזוני השזירה (דכטהגנס) שהמציא החכם קאלומב ואשר נבאר אותם בבארנו חכמת העלעקטריציטאט בספרנו השלישי.

§. 97. גופים ספוגיים מתוחים ומתפוצצים. ההוינות שנראה בהגופים שנתפעלו

מכח חזק שאלץ את חלקיהם לעבור הלאה מגבול ספוגיותם, שונים המה למאד, את הגופים המוצקים נוכל לחלק על פיהם לשתי מערכות, והנה:

א גופים ספוגיים מתוחים (דכטהגנס טולסטיליטקט) אשר שינוי תבניתם יתמיד בהמה

גם בסור הכה המשנה, ולפי ערך כמות הכחות הנצרך להם לעבור את גבול ספוגיותם יקראו בשם קשים או רכים.

ב גופים ספוגיים-מתפוצצים (ספוגד מולטטיט קלכסט) המה גופים אשר כמעט יעבור הכה המשנה את גבול הספוגיות יתפרדו חלקיהם. —

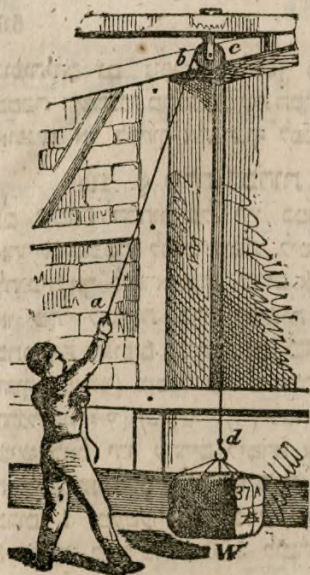
גופים ספוגיים-מתוחים ישתנו במדת ספוגיותם אחרי שעבר הכה המשנה את גבול הספוגיות בהם; אולם חלקי הגופים הספוגיים-מתפוצצים ישארו גם אחר פרידתם במדת ספוגיותם כמקדם. —

הגופים הספוגיים-המתוחים ישתנו שינוי תמידי (בוייבנדט) בתבניתם גם אם לא נפרצו בהם גבולות ספוגיותם אם יפעל אך הכה המשנה עליהם זמן כביר מבלי הפסק. — התועלות שנשיג מכח הספוגי רבו מלספר, כל נעימות הנגון וכל עבודות מוכנת הקיטור ומהלכי המורה שעות ומאזני הנוציים (פנדטק וולגטן) ומאזני השוירה נוסדו על סגולות הספוגיות כאשר יתבאר לנו כל אחד במקומו.

§. 98. ספוגיות הנוזלים. גם הנוזלים המה ספוגיים, אמנם לפי ששיעור התמעטות כמותם על ידי הלחיצה הוא קטן למאד בערך הכחות הלוחצים, לכן יחשבו ברוב החקירות לגופים בלתי-ספוגיים, החכמים ארשטד, שטורעם וקאללעדאן נסו בחכמתם על ידי כלי מורדד ההתלחצות (ע'לפולסטט) את כמות הקטנת מדת המים, והוא: כאשר ילחצו בכח 15 ליטרות לכל אצבע מרוב' משטחם ומצאו שנתלחצו אך $\frac{1}{21000}$; ובכח 1500 ליטרות לכל אצבע מרוב' $\frac{1}{210}$; ובכח 15000 ליטרות $\frac{1}{21}$ מכמותם, ואחרי החשבון הצדק לפי חוקי חיוק הגופים (§ 85) יוצא לנו שנקל לפוצץ את הקאנאנע שעובי דפנותיה שלשה אצבעות מלצמצם את המים $\frac{1}{21}$ מכמותם.

תם החלק הראשון מהספר הראשון



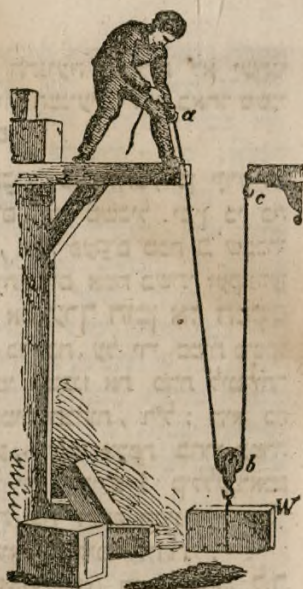


חלק שני

חכמת

שווי-משקל-הכוחות

(סטטיק, STATIK)



פרק רביעי

מדת הכחות, הרכבתם והפרדתם (חייגוויסטוואלס דבר קרקלשט, לואוואוסטוואלס חונד לשלסוואג)

דבר קרקלשט

§. 99. כחות מניעים. כבר נתבאר לנו (§ 2) שסבת כל השינויים תקרא בשם כח, והנה מהות עצם הכחות הפועלים בהטבע נעלם עוד מעיני כל חי, יען שהכחות האלה בלתי גראים לנו מצד עצמותם, רק יודע לנו מפעולתם בהגופים, אמנם גם הגופים ידועים לנו רק מסבת התפעלותם מהכחות; ולכן לא נוכל לצרר לנו חומר בלי כח טבעי כמו שלא נוכל לצרר כח טבעי מבלי חומר, כל מקום שימצא חומר ימצא גם כחות שונים הפועלים בו, וכל מקום שנמצא איזה כח טבעי ימצא גם חומר המקבל את פעולתו גם עצם שממנו יצא הכח הזה (§ 57), ולכן נבנה תמיד את הכחות על שם פעולתם שיפעלו בהגופים. לכחות שונים שמגמתם להוציא פעולה אחת לאור נקרא בשם משותף, כן ד"מ נבנה לכל מרבית הכחות המולידים תנועת הגופים או שנוי מהירות מרוצתם ונשית דרכיהם בשם כח מניע (בסופגשדס קרקלשט), מבלי לשום על לבנו שנוי מהות הכחות האלה, ולפי זה יהיה כח הכובד (§ 31), כח משיכת המאגנט, וכח משיכת העלקטרי (עיין בספרנו השלישי), גם כח התפשטות הגופים על ידי החום (עיין ספר שני), גם כח תשובת הגופים לתבניות הטבעית על ידי הספוגיות (§ 92), גם כח תנועת האדם ובעלי החיים (אשר ברצונם יוכלו להגיע מבלעדי

גופותיהם גם גופות זולתם) כולם כחות מניעים, וחוקי התנועה הכללית לא ישתנו בסבת השתנות ממות הכחות המולידים אותה, פעולת כל הכחות המניעים היא באחד משני אופנים או לרחוק את הגוף לפניהם או למשוך אותו אחריהם.

§. 100. מדת הכחות. כאשר יודע לנו מציאת הכחות מפעולתם, כן יודע לנו גם כמות הכחות על ידי כמות הפעולות הנולדות על ידם. כל משכיל יבין כי כח אחד א' שבכחו להגביה שתי ליטרות ברום אמה אחת לזעקונדע, יגדל פעמים מכה ב שבכחו להגביה אך ליטרא אחת ברום אמה לזעקונדע, או שתי ליטרות ברום אמה בשתי זעקונדען או שתי ליטרות ברום פחצית האמה לזעקונדע אחת — את ערך הזמן אל המקום בתנועות הגופים נכנה בשם מהירות, ולכן ישוער כמות כל כח על ידי כמות משקל הגוף (משאו) מוכפל על מהירות תנועתו. ועל כן בחרו חכמי אשכנז את מדת ליטרות-הרגל (סיקנו לר') לאחדות, לשער על ידו את כמות הכחות, ר"ל: היא כח שיש לאל ידו להרים ליטרא אחת ברום רגל אחת לזעקונדע, וחכמי צרפת בחרו במדת הקיללענגראממעטער (סימנו ק,מ), ר"ל: הוא כח שיש לאל ידו להרים 1 קיללענגראמם ברום 1 מעטער לזעקונדע, ועל האופן הזה מצאו את מדת כח הסוס הבינוני העובר 8 שעות ביום שהוא 500 ליטרות-הרגל, ואת כח האדם שהוא 70 ליטרות-הרגל. למדידת כחות המוכנות הגדולות בחרו בכח-הסוס (שטרק שטרק) הוא: 500 לר' (ליטרות-רגל) או = 70 ק"מ (קיללענגראממעטער).

כלים רבים הוכנו למדידת כמות הכחות, ויקראו בשם מודדי-הכחות (דימנזיונמטרס), היותר פשוט מהם הוא הכלי צורה 43, והוא: בנוצה חזקה מעשת ברזל (סטלס), הכפופה בתבנית זווית, תעבורנה שתי קשתות מתנועעות, הקשת האחת מחוברת להשוק העליון, ותוכל להתנועע דרך סדק שבשוק התחתון, וקשת השנית מחוברת בקצה האחת אל השוק התחתון, ותוכל להתנועע דרך הסדק שבשוק העליון, הקשת החיצונה היא מחולקת לקיום רבים, והוא: הקו הראשון יסומן מלמעלה בהציון 0, ויורה לנו את מרחק השוקים זה מזה כשתהיה הנוצה בלתי מסובלת, ואם נתלה על הקרם (המקקן) שבקצה הקשת המתנועעת מלמטה למעלה משקל ידוע, אז יתקרב השוק העליון אל התחתון מעט, וגם המקום בהקשת שיעמוד עליו השוק אז, יורשם בציון המורה על כובד המשקל. ככה יורשמו על הקשת כל קדקני השוקים זה מזה בהיותם מסובלים עם משקלים, 5, , 10, , 20, , 100, , 200, , , , 1000 ליטרות, ועל האופן הזה נוכל לנסות בכלי זה את כח האדם והבהמה, ד"מ: כח האיש שיקרב את השוקים בכחו עד קו 100, הוא = 100 ליטרות, וכח הסוס שיקרב אותם עד קו 600, הוא = 600 ליטרות.



§. 101. נקודת האחיזה והנמיה. בשלשה דברים נצרך לנו להתבונן בכל כח, והם: (6) נקודת האחיזה (אנגריפפונקט), (3) נמייתו (ריכטונג), (2) כמותו (אינטנזיטעט), בשם

נקודת האחיזה נכנה לנקודה בהגוף שעליה יפעל הכח מבלי אמצעי (אומניטטעלזכער), נמייתו היא תכונת הקו הישר שבו יכסוף הכח להניע את נקודת האחיזה, וכמותו הוא כמות הפעולה שיוליד הכח בהגוף, הכמות הוה ישוער באחדות-משקל ידוע, ד"מ: ליטרא, ככר, ודומיהם.

§. 102. הרכבת והפרדת הכחות. בשני כחות הפועלים בגוף אחד בנקודת

אחיזה אחת, ולנטיה אחת, יהיה כמות הפעולה הנולדת מהן כקבוצת כמותי הפעולות שהיו פועלים שני הכחות האלה אלו פעלו לאחדים, ד"מ: אם נצייר לנו אניה הקיטור השמה על פני הנהר, ואשר מבלי פעולת מוכנת-הקיטור בה היתה מתנועעת במרוצת שבלת הנהר במהירות 5 רגל לזעקונדע, אולם במים נחים היתה מתנועעת בכח המוכנה לבד 15 רגל לזעקונדע, אז תתנועע על ידי שני הכחות האלה יחד במהירות $5 + 15 = 20$ רגל לזעקונדע ובנטיה מרוצת שבלת הנהר, אולם אם תהיה מגמת כח מוכנת הקיטור בנטיה המנגדת למרוצת שבלת הנהר, אז תהיה מהירותה אך $15 - 5 = 10$ רגל לזעקונדע ולרוח המנגד אל רוח מרוצת השבלת, וזוה יצא לנו שלשה משפטים בהרכבת הכחות.

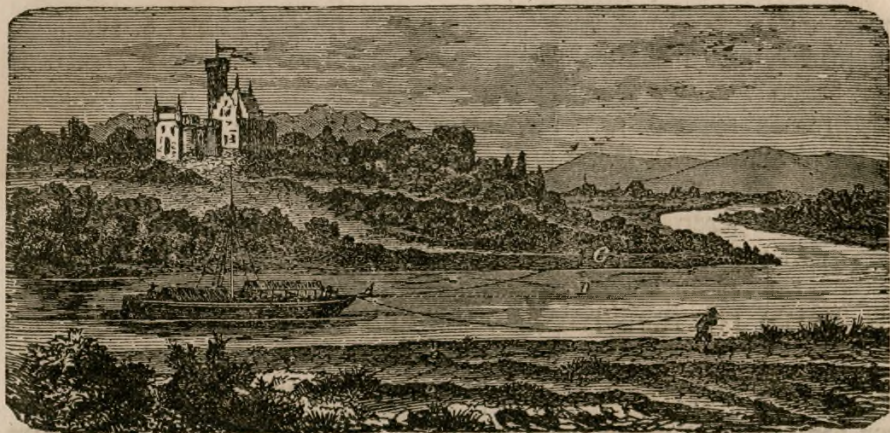
(א) כחות שונים הפועלים בגוף אחד, בנקודת אחיזה אחת ובנטיה אחת ולרוח אחד יתקבצו זה לזה בפעולתם.

(ב) כחות מניעים שונים הפועלים בנקודה אחת ובנטיה אחת, אבל לרוחות מנגדות יגרעו זה מזה בפעולתם, וכמות הפעולה יהיה אך כפי יתרון כמות הכח הגדול על הכח הקטן, והתנועה תהיה לרוח נטיית הכח הגדול.

(ג) שני כחות מניעים שונים הפועלים בנקודה אחת, לנטיה אחת, ולרוחות מנגדות, יבטלו זה את זה מכללם, והגוף ינוח גם אחרי הפעולה כמו לפני הפעולה. — אולם שונות הנה מאד תוצאות פעולת הכחות הפועלים בנקודה אחת אבל בנטיית שונות באופן שקוי הנטיית יסגירו זוית ביניהם. לבאור תוצאות הפעולות האלה, נבחר שנית בהאניה השטה בנהר, אולם פה נבחר באניה הנמשכת משני אנשים קטן וגדול, והוא: אם הקו $a b$ צורה 44 יתאר לנו את כמות ונטיית הדרך שהיתה עוברת בה האניה מהנקודה a בזעקונדע אחת אל היתה מתפעלת מכח האיש הגדול לבד; אבל הקו $a c$ יתאר לנו כמות הדרך שהיתה מתנועעת בה בזעקונדע אלו פעל עליה הקטן לבד, אז תלך האניה בכח שני האנשים יחד בדרך $a d$, את תכונת הקו הזה נמצא כאשר נמשך מהנקודה d קו מקביל להקו $a c$; ומהנקודה c קו מקביל להקו $a b$, ונחבר הנקודות המתחכות את שני הקוים האלה בקו ישר, ד"ל: הנקודה d אל a ; אם נעשה הקוים $a b$; $a c$; בערך גדלם ובנטייתם, מקנן כגדל ונטיית הדרכים שהיה רץ בהם הגוף בזעקונדע אחת; אלו היה מתפעל אך מכל אחד מהכחות לברו, אז יצא לנו גם הקו $a d$ מכוון בארכו ובנטייתו כהדרך שיריץ בו הגוף בהתפעלו משני הכחות כאחד, או בכלל: אם נצייר לנו בהקוים $a b$; $a c$ את כמות ונטיית שני כחות הפועלים בגוף אחד a , אז יורנו הקו $a d$ שהוא האלכסון המרובע המקביל $a d$, $c b$, את כמות ונטיית הכח שיוכל לפעול בהגוף a שפעולתו גדולה כשיועור קיבוץ שתי הפעולות משני הכחות יחד, המשפט הזה אשר כמעט

כל הכמת המעכאניק נוסדה עליו, הוא מהולל בשם מעשפט כרובעי מקביל הכחות.

צורה 54.



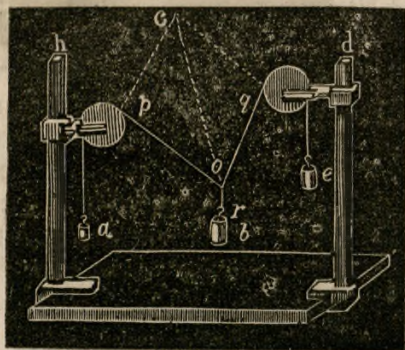
ומן פקס סמיוולוגיקוס דבר קרמס), יען שמדת הכחות תקצא על ידי ציור המרובע המקביל ששתי צלעותיו המתאחדות בנקודה אחת, תתארנה את כמות ונטיית הכחות, ואלכסון המרובע המקביל (המחבר נקודת אחיות הכחות עם הנקודה המחכת של הקוים המקבילים לנטיית הכחות) יתאר את הכה שכמות פעולתו ונטייתו הוא ככמות הפעולה והנטייה שיקבל הגוף מפעולות שני הכחות יחד.

§. 103. כח היוצא וכח צלעי. הכה d, צורה 44 שימלא בפעולתו פעולת שני הכחות a b, a c, יקרא בכלל בשם הכח התיכון (ויטסו קרמס), יען שנטיית פעולתו תהיה בתוך בין נטייתן, או גם בשם כח היוצא (כטוויטסמנס), יען שתוצאת פעולתו תשוה לתוצאת פעולות שני הכחות יחד, כל אחד מהכחות a c ; a b יקרא בשם כח צלעי (ויטסו קרמס), הכח היוצא ad משני כחות צלעיים a b, a c יתוסף בגדלו כל שתקטן הוויית b a c הנסגרת בין שני הכחות הצלעיים a b ; a c. כמות כח היוצא יגדל תמיד מכל אחד מהכחות הצלעיים לבד, ויקטן תמיד מקיבוצם ; כל עוד שתהיינה נטיותיהם שונות זו מזו, אולם כשתהיה לשני הכחות נטיה אחת לרוח אחד, או יהיה כמות הכח היוצא שוה לקיבוץ הכחות הצלעיים (§ 102), ולעומת זאת יתקטן הכח היוצא כל עוד שתגדל הוויית שבין נטיית הכחות הצלעיים, ותשוה אך להחבדל שבין הכחות הצלעיים, אם המה שוים בנטייתם רק שמנמנם הוא לרוחות מנגדות ובלתי שוים בכמות כחם

והכח היוצא יתבטל מכללו אם הכחות הצלעיים ישוו זה לזה בנטייתם ובכמותם ויתנגדו זה לזה ברוחות מגמתם. —

§. 104. בחינת אמתת חוק מקביל הכחות. למען נסות אמתת החוק ממרובע

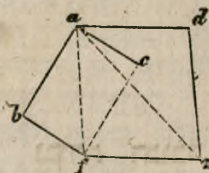
מקביל הכחות שנתבאר לנו (§ 102), נצייר מרובע מקביל c, q, r, p על הנייר, ונציג על השולחן שני עמודים b, h , ונחבר להם שני גלגלים q, p צורה 45, ונכרך חוט מסביב לשני הגלגלים, ונתלה שלשה משקלים a, b, e בשתי קצות החוט ובאמצעותו, באופן שהמשקל a יכבד כאורך הצלע $p r$ מהמרובע, והמשקל e יכבד כאורך הצלע q, r : אם יהיה אורך הצלע $p r = 5$ אצבעות ואורך הצלע $q r = 7$ אצבעות, או נתלה על קצה החבל הימנית 7 ליטרות ועל השמאלית 5 ליטרות, ואם יהיה אורך האלכסון $c r = 9$ אצבעות או נתלה באמצע החוט את המשקל $b = 9$ ליטרות, ואז נראה שהחוט יקפץ וירד למטה עד r וכעצמשים את המרובע המצויר מאחורי החוט, אז נמצא כי שני חלקי החוט יחופפו את שתי צלעות המרובע המקביל, המשקל b הוא הכח היוצא מהמשקלים a, e וההכנה הזאת תורנו בחוש את אשר יורה לנו הציור בדרך העיון, והוא : שהכח היוצא משני כחות צלעיים ישווה לאלכסון המרובע מהצלעות האלה.



§. 105. תוצאת הכח היוצא משלשה או מהרכבת כחות צלעיים. בעזרת משפט

מרובע-מקביל-הכחות (§ 102) נוכל למצוא את הכח היוצא גם משלשה או הרבה כחות, ד"מ : אם בהנקודה a צורה 46 יפעלו שלשה כחות $a b, a c, a d$ או נבקש לפי (§ 102) לראשונה הכח היוצא משני כחות. ד"מ :

צורה 46



כן $a c, a b$, ונמצא אותו לפי (§ 102) $a f =$, ואחרי כן נבקש הכח היוצא בין הכח $a f$ ובין $a d$ ונמצא אותו $a m =$, והוא יהיה הכח היוצא משלשה הכחות יחד, ודעת לנבון נקל למצוא באופן הזה גם הכח היוצא מכחות הרבה.

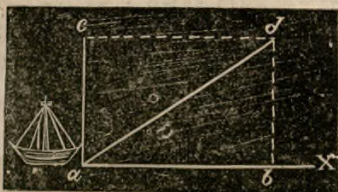
§. 106. הפרדת הכחות. כאשר נוכל למצוא כח אחד

השוה בפעולתו לכחות רבים, כן לא יבצר מאתנו למצוא גם כחות רבים השווים בפעולתם לכח אחד. ההמצאה הראשונה

תקרא בשם הרכבת הכחות וכבר באונוה, והשנית תקרא בשם הפרדת הכחות (פירוקם).

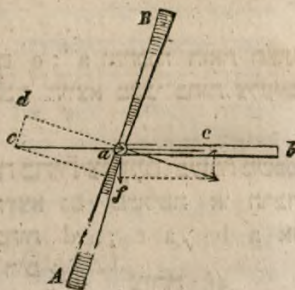
דעם קקטש) ותבאר לנו פה, והוא: אם יהיה $a x$ צורה 47 נטית שכולת הנהר, אולם $a c$ יורנו נטית וגודל הכח שיפעל הסוס ההולך על חוף הנהר והאסור בחבל הקשור בקצה האניה הנמשכת

צורה 47.



בנטיה משתנה כנטיות השכולת; כי עתה תהיה תוצאת שני הכחות יחד משיכה נטויה (סיפסן) $a d =$ ובדורה לאורך הנהר היא קטנה מן $a x$, או שזה רק לחלק מן $a x$, ולמען נמצא גודל החלק הזה, נפריד הכח $a d$ לשני כחות צלעיים $a b$; $a c$; שהראשון הוא בנטית אורך הנהר, והשני הוא בנטית רחבו, להכלית הזה נמשוך את הקו $c d$ מקביל ל $a x$, ואת הקו $b d$ נצב על הקו $a x$, יאו יורנו הקו $a b$ את כמות הכח הפועל על משיכת האניה לאורך הנהר לעומת השכולת, הקו $d b$ יורנו את כמות הכח שתדחף האניה על ידי המשיכה הנטויה להחוף, ואשר למען מנוע התקרבות האניה להחוף, נצרך לתופש המשוש להתנגד בכחו להכח הזה. כמשפט הזה נעשה בכל מקום שנצרך לנו להניע איזה גוף a בנטיה קצובה d , והכח שנשתמש בו יפעל בנטיה אחרת c למען יצא ערך כמות הכח המועיל לנו b , ולמען נדע במה להתנגד להכח הבלתי מועיל לנו d , גם פה נראה שהכח המועיל הנרצה לנו, יקמן כל עוד שתגדל הווית $b a d$ הנסגרת בין הכח המניע $a d$, ובין הנטויה הנרצה $a b$, באופן הזה נמצא גם כמות הלחיצה שילחץ איזה שטח מכח הפועל עליו בנטיות בעלות זוויות שונות, ד"מ: את הלחיצה שילחצו קירות הבתים ממשענות הגג ומהמשאות הרובצים עליהן, את כמות לחיצת הרוח על מפרשי האניות; או על מפרשי כנפירי החרוה (ווינדמילן סליטשן) העומדים בתכונה נטויה למול הרוח, כאשר יתבאר לנו על ידי הצורה 48. את דרכי חשבון הרכבת והפרדת הכחות בעזרת הכמת המשולשים, בארנו באר היטב ושום שכל

צורה 48.



בחבורנו הגדול חוקות שמים וארץ.

פרק המישי

נקודת הכובד ומבטחון עמידת הגופים (Stabilität) סטאביליטאט

§. 107. מנקודת הכובד (טוענסנקט). כבר נתבאר לנו (§ 37) שכל אחד מחלקי הגוף ינסוף לנפול אל הארץ כפי גודל כח משיכת הארץ עליו, ולפי שכמות הכח הזה

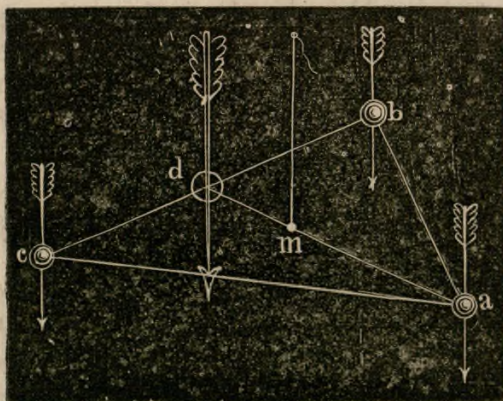
ישוה בכל החלקים השווים שבהגוף ונמיות פעולתם הנה כולן יחד בתכונה מקבלת (סמכיון)

צורה 49 .



את פעולת שני הכחות $b c$ באמצע הקו d , ומהו תהפכנה פעולות שלשה הכחות $a b c$,

צורה 50



והיו לפעולות שני כחות $a d$, הכח הפועל בנקודה d הוא כפול בגדלו מהכח הפועל בנקודה a , ולכן אם נחלק את הקו $a d$ על ידי הנקודה m לשני חלקים; באופן שהחלק $a m$ יהיה כפול בארכו מהחלק $d m$ או יחזיקו הכחות $a d$; זה את זה בשוויהמשקל, אבל לפי שהכח d הוא הכח היוצא משני הכחות $b c$, לכן נוכל לשום את הכחות $b c$ במקום הכח d מבלי להשביט גם כן שוויהמשקל בהגוף, נמשך מזה כי שלשה הכחות המקבילים $a b c$, יהיו בשוויה המשקל אם נשעין את הנקודה m ,

או אם נפעל בנקודה m בכח השווה בכמותו לשלשה הכחות $a b c$, והמנגר עליהם בנמיות, תהיה תכנית המשולש באיזה תמונה שתהיה, ר"ל: כמות כח ההשענה הנצרך לנו להשעין את הגוף בנקודת כובדו ישוה למשקל הגוף, וכל מה שנתבאר לנו מהכחות יתאמת גם אם נצייר לנו תחת שלשה הכחות שלש נקודות כבדות המתפעלות מכח משיכת הארץ, ולכן יהיה הכח היוצא m נקודת הכובד מהמשולש השלם, וכאשר תשעין הנקודה הזאת או יהיה מצב המשולש בשוויהמשקל, ובאופן הזה נוכל למצוא גם את נקודת הכובד מן 4, 5, 6, 7. . . או הרבה נקודות טבעיות המוקשרות יחד לגוף אחד בכל השתנות תכונתן זו לעומת זו לפי חוקי הרכבת הכחות (§ 102).

אחרי שמצאנו הדרך למציאת נקודת הכובד נבאר הסגולות העצמיות אשר לה:

(ה) תנועת הגוף תתחיל לתנועת נקודת הכובד, (ז) אם נקודת הכובד מאוזה גוף נשענה ונעצרה על ידי ההשענה מתנועת נפילתה למטה, ויכל הגוף לסבב סביבה, אבל בכל תכונותיו שישתנה הגוף בהנה על ידי תקופתו ישארו תמיד חלקיו בשוויון המשקל, (ג) המשענת או החבל שנקודת הכובד נשענה או נתלה בהם ישאו ויסבלו משא כל הגוף, ולכן נוכל לתאר לנו שמשקל כל הגוף מקובץ בנקודת כובדו, הוד הנושאת המשענת מהלוח צורה 49 תסבול את כל משא הלוח, (ד) אך בגופים מוצקים תמצא נקודת הכובד קבועה, והוא: יען שחוקי מרובע-מקבילי-הכחות (פרינציפיון דה מורקאנט) ישמרו אך אז את תפקידם כאשר לא ישנו הכחות בכל משך פעולתם את תכונתם.

§. 108. הנאי שווי המשקל בגוף הנפעל מכח הכובד לבד (סטטיקליטיק).

כל גוף המתפעל מהכובד לבד לא יוכל להיות בשווי המשקל אם נקודת כובדו היא בלתי נשענה בו, ההשענה הזאת תוכל להיות בשלשה אופנים, (ה) הגוף ישען תחת נקודה אחת ממנו, או (ז) תחת שתי נקודות, או (ג) תחת נקודות רבות שתכונתן איננה בקו ישר אחד. באופן הראשון תחויב להיות נקודת ההשענה ונקודת הכובד בקו זקוף אחד; באופן השני מחויב הקו הזקף העובר דרך נקודת הכובד לחתוך את הקו המקשר שתי נקודות ההשענה. באופן השלישי מחויב הקו הזקוף לפגוש בתמונת מרבית הצלעות שקצותיה יתוארו מרגלי המשענות, או במלות שונות: הקו הזקוף מחויב לפגוש בהשטח הננכל בין הקיום הישרים המקשרים נקודות רגלי המשענות.

§. 109. שווי המשקל באופנים שונים. יש השענה שאם ישען בה הגוף אז ישאר

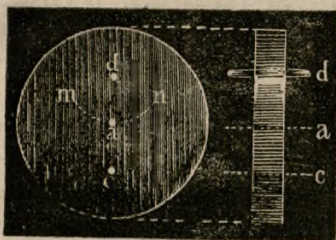
בכל מרבית השתנות תכונותיו בשווי המשקל, ויש השענה שרק בעמיד הגוף בתכונה ידועה יהיה בשווי המשקל, אבל אם יושבת משווי משקלו אז ישוב מאליו אל תכונת שווי משקלו שהיה בה; מיד בסור הכח המשביתו, ויש שלא ישוב מאליו לתכונת שווי משקלו גם בסור הסבה שהשביתה אותו. ולפי הסגולות האלה חלקי חכמי הטבע את אופני שווי המשקל לשלשה מינים, והמה: (ה) שווי המשקל מבלי כל נמיה (מיניאלטרנטט גוייטגווייליט), (ז) שווי משקל הקבוע (סטטיקליטיק גוייטגווייליט), (ג) שווי משקל הנופל (אפיילטריק גוייטגווייליט).

בשווי המשקל מבלי כל נמיה יעמוד הגוף כשתהייה נקודת הכובד ונקודת ההשענה במקום אחד, או כשתהיה בכל השתנות תכונות הגוף נקודת הכובד ממעל לנקודת ההשענה או לקורה השענה.

בשווי משקל הקבוע יהיה הגוף כשתהיה (בכל מרבית השתנותו בתכונתו) נקודת הכובד שלו או בגובה אחת או גבוה מתכונתה שתהיה לה בו בעת שווי משקלו; ואשר ברגע סור הכח (המשבית את הגוף משווי משקלו) תחד נקודת הכובד למקומה הראשון.

בשווי משקל הנופל ימצא הגוף כשתהיה נקודת הכובד בקו ישר ממעל לנקודות משענתו רק בתנאי שהיה הגוף בתכונה ידועה, ובכל שנוי שישתנה

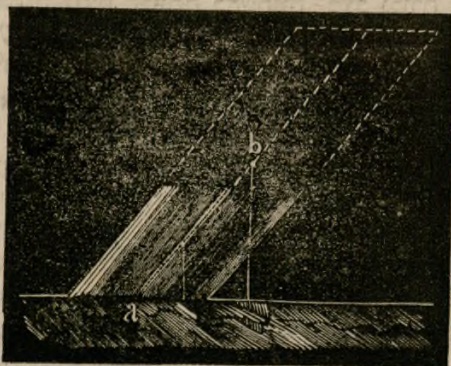
מתכונתו זאת תרד נקודת כובדו למטה, באופן כזה ינוח בשווי המשקל כל עוד
צורה 51.



שלא יפעל כל כח חיצוני עליו, אולם בכל נגיעה קלה יושבת הגוף משווי משקלו זה ולא ישוב עוד אליו, אך ינוח או באחת משני מיני שיווי-המשקל הקודמים. — את שלשת מיני שיווי-המשקל השונים תורה לנו הצורה 51, והוא: העיגול הנשען בקוטרו a יהיה בשווי-המשקל מבלי כל נטיה, ואם ישען בקוטרו d יהיה בשווי-המשקל הקבוע, ובהשענו בקוטרו c יהיה בשווי-המשקל הנופל.

§. 110. מחזקת ומצב (מסמך פפטיגקייט). הקו הישר ההולך מנקודת ההשענה דרך נקודת הכובד עד הארץ, יקרא בשם: קו נקודת הכובד (טוועלפונקטס ליינע), להקו הזה יש יד ושם בחכמת המעאניק בכלל, ובחכמת בנין האניות בייחוד (טייטלבויוקנסט), יען שאם תהיה תכונת הגוף במצב כזה שקו נקודת כובדו יהיה מחוץ לתושבתו, או יפול הגוף בלי ספק, ולכן יפול העמוד הגבוה בהיות תושבתו שטה נטוי, ולא יפול אם נקצר אותו, כמו שתורנו הצורה 52 שבהעמוד הגבוה תהיה נקודת כובדו בנקודה b , וקו נקודת הכובד לא יפגוש

צורה 52.



בשטה תושבתו, ולכן יפול; אולם אם נקצר העמוד עד המקום הלבן שבהצורה, או יפגוש קו נקודת כובדו בשטה תושבתו, והגוף יעמוד בטוח. ולכן נוכל לחרוץ משפט זה לבטחון העמידת הגופים (מסמך לייטקע), והוא: כל שתקרב יותר נקודת הכובד לתושבת הגוף וכל שיגדל כמות שטה התושבות כן ירבה בו גם בטחון ההעמדה; ולפי זה יהיה עמוד שחציו הוא מברזל וחציו מעץ יותר בטוח אם נציג אותו באופן שהעץ יהיה למעלה והברזל למטה מאשר אם הברזל יהיה למעלה והעץ למטה, וכן עמוד שכולו מחומר אחד

ושטה תושבתו האחד גדול מתושבתו השני, יעמוד יותר בטוח אם נעמידהו בשטחו הגדול למטה, מאשר אם נעמידהו בשטחו הקטן למטה.

ומסבה הזאת תתהפך העגלה המלאה לה עמיר כאשר תטה אך מעט מתכונתה הישרה, יען שקו נקודת הכובד יפגוש או מחוץ לשטה תושבתה, אולם לאתהפך כאשר תהיה מסובלה בחומרים כבדים, כאשר תורנו הצורה 53 באר היטב, הקו הישר $G C$ יורנו

במחון עמידת הנופים

את תכונת קו הכובד בהיות תכונת העגלה ישרה, והקו $c D$ בהיותה מסובלה בחומרים כבדים, והקו $A B$ בהיותה מסובלה בעמיר. הכדור הוא נשען מתחת לנקודת כובדו בכל תכונותיו, ובכל זאת לא יהיה מעמדו בטוח, יען ששטח תושבתו הוא רק נקודה אחת, ובכל נגיעה קלה יתקן ממנה.

צורה 53.

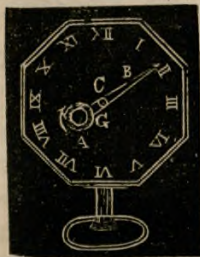


רוקרי החבלים (ויסטרקולס) יודעים להרחיב את תושבתם הצרה שישענו עליה, בעזרת מוט ארוך שיחזיקו בידיהם, ובוה יפעלו שכן נקודת כובדם יפגוש בשטח תושבת המוט שמשקלי עופרת כבדים מחוברים לו משתי קוצותיו, ולכן לא יפלו גם אם ינמטה גופם ימין ושמאל אהור וקדם.

ראשי המגדלים שבהערים פיזא ובאלאגנא באיטאליע, נמוים המה מקרויושרהאנד (§ 33), הראשון 12 רגל, והשני 9 רגל, בעוד שגובה הראשון הוא 190 רגל, וגובה השני הוא 134 רגל, ובכל זאת בטוחים המה במעמדם כל עוד שחומר הסיד (ווקסס) ירביק את אבניהם, יעזיכי קוי נקודות, כובדם יפגשו עוד בשמתי תושבתם.

§. 111. מורה שעות הקסמי (דיס ומגיסס מוהק). בגופים הסובבים על קוטר אופקי, תשתנה נמית תכונתם בהשתנות מצב נקודת כובדם, ועל אדני החזיון הזה נוסד כורה שעות הקסמי אשר את תמונתו תורנו הצורה 54. מורה השעות הזה הוא מורכב מלוח הציונים ציפערבלאט של זכוכית ומהמורה (ציגס) שעליו, ובאשר שלוח הציונים הוא שקוף, לכן יתראה לכל איש שאין כל מוכנה מאחורי הלוח שתכריח את המורה להקיף בתקופתו, ויען שהמורה יעתק בכל זאת מרגע לרגע ויורנו בכל שעה ושעה על ציון אחר המצוין על הלוח, לכן ידמה להחמון שקסמים היו בידו של מתקן המורה השעות הזה, וכי המורה יתנועע בכחות למעלה מהטבע, וזה אשר קסב לו את שמו הקסמי.

צורה 54.



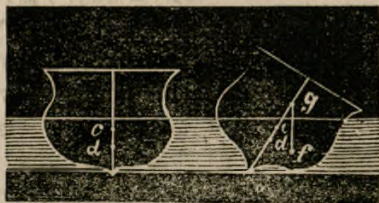
אמנם גם המורה הזה ישמע לחוקת הטבע, וסבת תנועתו היא השתנות מצב נקודת כובדו מרגע לרגע. וזה מעשהו: במרכז הלוח ימצא חור שבו יוכל המורה לסבב תפשי על צירו האופקי, את תבנית המורה (ציגס) נראה באר היטב בהצורה 54 שהוא מחורר בקצהו B ומתעגל למבעת בקצהו A. הקצה המתחד יורה כפעם בפעם על ציון השעה, והמבעת A היא חלולה, ובחללה יוכל כדור קטן להתנועע תפשי, בתוך המורה פנימה ימצאו מעשי אופנים המניעים את הכדור בתוך המבעת החלולה בנימית החץ שבהצורה, באופן שבכל 12 שעות ישלים הכדור תקופה שלמה בחיקף המבעת, והנה על ידי העתקת תכונת הכדור הכבד מרגע לרגע בערך המורה,

ישתנה בהמורה מרגע לרגע גם מצב נקודת כובדו, ובאשר שנקודת הכובד תכסוף תמיד לנזח בהמקום היותר שפל בקו נצב מתחת למישור ההשענה מהמורה למען יהיה מצב המורה בשיווי משקל הקבוע, לכן יסובב מזה בהכרח שהמורה בעצמו יתנועע בתנועה מנגדת לנטיית תנועת הכדור שבטבעתו, ר"ל בנטיית הציונים I, II, III, IV עד שזבו אל I, ובאשר שהמוכנה הפועלת את התנועה קבועה בהמורה פנימה ולא מחוצה לו, לכן גם אם נסיר את המורה מלוח הציונים בשעה 12 ונקבע אותו שנית בשעה 3 או יורה המורה שעה 3.

§. 112. * מבטחון הגופים הצפים במים. כאשר ימצאו בגוף העומד על משענת מוצקה

שלשה מיני מצבים השונים בערך בטחון עמידתם, (א) שיווי המשקל מכלי כל נטיה, (ב) שיווי המשקל הקבוע, (ג) שיווי המשקל הנופל (מיריפסנטס=סטאביליז=חונד אביליז גלייבטוויכט) כמו שנתבארנו לנו (§ 108) כן ימצאו שלשה מיני המצבים האלה גם בגופים הצפים והמבולים במים והוא: (א) בגוף המרחף בתוך המים, (ר"ל אשר לא יצוף ולא ישקע בהם), תהיה נקודת כובדו בקו יושר הנפילה מתחת לנקודת הכובד של כמות המים הנגרשים מתחתיו, ואם תהיה תכונת שתי נקודות הכובד האלה בקו ישר אחד, אז יהיה הגוף במצב שווי משקל הקבוע כאשר תהיה נקודת כובדו למטה מנקודת כובד המים הנגרשים מפניו, ובמצב שווי-משקל הנופל יהיה, כשתהיה נקודת כובד הגוף למעלה מנקודת כובד המים, (ב) בגוף הצף על פני המים, ד"מ: האניה צורה 55 תהיה גם כן במצב שווי משקל הקבוע כשתהיה תכונת

צורה 56. צורה 55.



נקודת כובדה בקו ישר מתחת לנקודת הכובד מהמים, אולם גם בהיות תכונת נקודת כובד האניה e ונקודת כובד המים d בתכונה אחרת תוכל להיות האניה במצב שווי משקל הקבוע, ונטייה מעט לימין כשתורנו הצורה 56 ונקודת הכובד מהאניה תהיה גם אז e, אולם נקודת הכובד מהמים הנגרשים תחתיה לא תהיה במקום d רק במקום f, והנה כח כובד האניה יפעל במקום c למטה, ולחיצת המים תפעל

במקום f למעלה בנטיית f g, האניה תתחיל להתנועע מסבת שני הכחות הנגדרים האלה ותכסוף לשוב לתכונתה הראשונה. הנקודה g תקרא בשם מרכז הקיצון (מטצנטרום) או נקודת ההפיכה (מטצנטרום). ולכן נוכל לחרוץ משפט צדק, שגוף הצף במים ישאר בשווי משקל הקבוע כל עוד שנקודת כובדו תהיה מתחת לנקודת ההפיכה. שטח המישור (דיא טבעט) שבו יחתוך פני המים את האניה, יקרא בשם מישור ההצפה (טוייזונטטנט), והקו המחבר את שתי נקודות הכובד, ר"ל של האניה ושל המים הנגרשים מפניה, יקרא בשם קוטר ההצפה (טוייזונטקס), והמישור שיחלק את האניה לשני

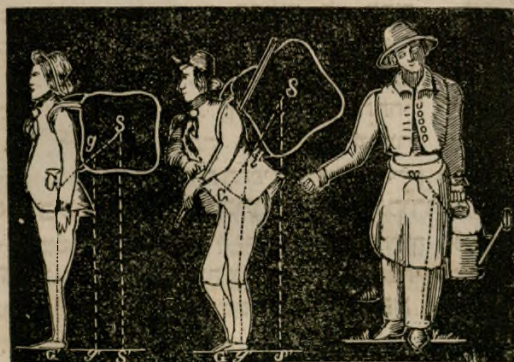
(* נבקש פני הקוראים המתחילים, לדלג על הסימן הזה, כי לא יצינו אם מוזר להם היסוד הארכימעדי אשר יתבאר בדברנו מחוקות שווי משקל הנוזלים ואחרי שיצינו שמה יחזרו על הסימן הזה.

חלקים השווים בתבניתם ובכמותם (מין 2 זיגמטריספ סהייסן) יקרא בשם מישור משהו החלקים (זיגמטריספ סהייסן). האניה לא תצלול במים כל עוד שיהיה הקצה העליון ממישור ההצפה שפל מעט מקומת האניה. והיא יותר בטוחה במצבה כל שתהיה נקודת כובדה קרובה יותר לתושבתה, ולכן תהיינה האניות המסובלות יותר בטוחות מהריקות. את כמות כח ההצפה נמצא על ידי כפילת מכילת החלל הנסגר בין מישור ההצפה של האניה הריקה ובי מישור ההצפה של האניה המסובלה משא-שלמה (מקובלסטן), ואם נקצוב את מכילת החלל במדת הרגל המעוקב אז נכפיל את מספר הרגל במספר 70 שהוא משקל 1 רגל מעוקב מים, ואם יצא לנו, ד"מ: מדת החלל הזה = 6000 רגל אז תוכל האניה לשאת משא $6000 \times 70 = 420000$ ליטרות. מי הים המה כבדים מעט ממי הנהרות, ולכן תשקענה האניות בנהרות עמוק מעט מאשר במי הים, האניות תוכלנה לשאת משא יותר בשוטן בים מאשר בנהרות, באניה אשר מכילת הללה הוא 5000 רגל מעוקבים, ואשר כח סבילתה הוא 8750 פוד בשומה במי ימים, יהיה ההבדל הזה כדי 250 פוד, ר"ל בבואה במי הנהר לא תסבול כי אם 8500 פוד. כאשר יצופו גופים מוצקים הקלים מהנוזלים, על הנוזלים, כן יצופו גם נוזלים קלים על נוזלים כבדים, השמן יצוף על המים, והמים המתוקים על המלוחים, ולכן יהיה טעם המים העליונים אשר באשרות הנהרות (זיגמטריספ) בהימים מתוק, וטעם המים התחתונים מלוח.

§. 113. נקודת הכובד בבעלי החיים. החיות והבהמות ובכלל כל הולך על

ארבע יעמדו בטוחים כשיפגוש קו נקודת כובדם בהמרובע הנסגר בין ארבעת רגליהם, והאדם יעמוד בטוח כשיפגוש קו נקודת כובדו בהשטח הנסגר בין שתי רגליו. אם יפשוט החי את צוארו או ירים האדם ידו או רגלו, אז ישתנה בו מצב נקודת כובדו, האדם הנושא איזה משא ישנה מצבו לפי תכונת המשא עליו, אם ישא משא מאחוריו

צורה 57. צורה 58. צורה 59.



צורה 57 או נצרך לו להטות גופו לפנים כמו בצורה 58 ואם ישא אותו לפניו כנגד תווהו אז יטה את גופו לאחור, וכן בעלותו על ההר יטה את גופו לפנים, וברדתו יטה אותו לאחור; הנושא את המשא בידו הימנית כמו בצורה 59 אז יטה את ראשו ורובו לצד שמאלו, אחרי שמבלעדי הנמיות האלה יפול קו נקודת הכובד המשותפת גם להאדם גם להמשא מחוץ לקו הישר המחבר שתי כפות רגליו, והאדם יפול או מחסרון ההשענה. האנשים הנאבקים (ייגסן) איש את רעהו נרחיבו צעדם תחתיהם למען לא ימעדו קרסוליהם,

שבהרחיקם כפות רגליהם זה מזה נרחיבו שטח משענתם, ובכל מרבית הנטיות שינמנו בהאבקם יחד, יפול תמיד קו-נקודת הכובד בהשטח הרחב שבין רגליהם. האדם העומד על רגליו האחת יכפוף רגליו השנית לאחור מעט; להאדם היושב תהיה נקודת כובדו באמצע תושבתו, וכשירצה לעמוד יאסוף רגליו אליו ויטה ראשו למול רגליו עד שיעצב קו נקודת כובדו אל רגליו. הילד שלא הרגיל עוד את נפשו ללכת, יפול פעמים רבות בכל נטיה קלה; הילד יוכל ללכת בהשענו באיזה עצם, אולם יפול מהר בעזבו את העצם שישען בו, יען שברגע שיגביה את רגליו האחת לפניו תשתנה תכונת נקודת כובדו בו, ועוד לא למד את נפשו להנמנות בנטיה כזאת שקו נקודת כובדו יפגוש תמיד בשטח תושבתו. גם האדם הגדול לא יחכם מהילד לחשוב את נטיותיו על פי שנוי תכונת נקודת כובדו בו, אך מבלי שים לב יעשה כל התנועות האלה שכבר הטביע היוצר בחסדו בו ובכל יתר החיים שיוֹדעו להם הנטיות האלה לא בהשכל ודעת (אשר רובם בלתי מוכשרים לו) רק על פי רוב ההרגל, למען ילכו ולא יכשלו, ינמו ולא יפולו. הנוק מחכים, יאמר משל הקרמוני, והתי שנפל בעורו צעיר בהנמנותו בנטיה ידועה, ישמור לנפשו לבל יטה גופו עוד בהנטיה הזאת.

פרק ששי

מהמוכנות הפשוטות ופעולתן

114. § המוכנות (מחשיבנות). כבר נתבאר לנו § 99 שסבת התנועה היא איזה כח, אולם שלטון הכח על התנועה הוא מוגבל למאד, אחרי שכל כח שלא יקצא בקו ישר למול העצם המתנועע לא יוכל לסבב את התנועה בו מבלי אמצעי, ד"מ המשקל הלוחץ על הלוח המוצע תחתיו, ירחוק אותו בקו נצב למטה, המים השוטפים ממערב למורה יניעו את העצמים הנפגשים מהם לפאת מורה, אמנם רבות ראינו גם שהמשקל התלוי במורה השעות יסבב המורים (ינגיט). האופנים, המוטלות (ספנדל) והפטיש, במהירות ובנטיות שונות; והוא: המוטלת תלך רצוא ושוב מהימין אל השמאל; מורה הועקונדען ישלים את תקופתו מסביב לקוטרו בכל מינוטע, ומורה המינוטען בכל שעה; מורה השעות בכל 12 שעות; מורה הימים בכל חודש; אופנים רבים ינועו מהימין אל השמאל, ואחרים מהשמאל אל הימין, רבים יקיפו על קוטרים וקופים, ורבים על קוטרים אופקיים; כמחזה הזה נחזה גם במים העוברים מעל להסוללה שעל יד הרתים המניעים את אופן המים על קוטרו האופקי, ואת אבני הרתים על הקוטר הזקופי, ואם נשאל לנפשנו: כמה ישתנו כחות המשקל הפועל במורה השעות והמים הפועלים בהרתים, מכח המשקל הלוחץ בכובדו על הלוח ומכח המים הפוגשים בקורה הצפה על פני הנחר? אז נשיב לנו: שתקונים מתקונים שונים נתקנו גם בהמורה שעות גם בהרתים, שעל ידם תצתק פעולת הכחות מנקודה לנקודה, והמשקל שפעל רק בקו נצב למטה בלחצו על הלוח, יפעל באמצעות ההכנות האלה גם למעלה ולכל רוח; וכן יפעלו גם המים בהרתים

בעזרת הכנות, את ההכנות האלה שעל ידן תעתקנה פעולות הכחות ממקום למקום או במלות שונות, האמצעים שבעזרתם יפעל הכח בנקודה שפחוץ לקו נטיתו יקראו בשם מוכנות (נחמיסנים).

§. 115. המוכנות הפשוטות והמורכבות. (חינכאכע=חונד לונדוואנטקונסטלסט וואלטיסן)

המוכנות שתיים הנה למיניהן, פשוטות ומורכבות; המוכנות הפשוטות שיש הנה במספרן, והנה: (א) הנושא (דער העבטל Hebel), (ב) הגלגל (דיס רולל Rolle), (ג) האופן על הסדן (דאס לאדן פון דער וועלל Wellrad), (ד) השטח הנמוי (דיס טיפפער טבעט Schiefe Ebene), (ה) השרויבע (Schraube), (ו) היתד (דער קייל Keil), ששת המוכנות האלה תחלקנה לשתי מערכות, והוא: יען שכל נטיות התנועות הנה ישירות או עגולות, לכן תהיינה המוכנות הפשוטות-היסודיות גם כן אך שתיים במספרן והנה: השטח הנמוי לתנועה הישרה, והנושא לתנועה העגולית, ותולדותיהן תהיינה: השרויבע והיתד למשפחת השטח הנמוי; הגלגל והאופן על הסדן למשפחת הנושא. המוכנות המורכבות הנה כל המוכנות שבעולם שמורכבות משתיים או הרבה מוכנות פשוטות; ובכל מוכנה גם בהיותה מורכבת לא יקצא כל חלק הפועל בהנה שלא יתחשב לאחת מששת המוכנות האלה, כאשר לא יקצא בכל התיבות המורכבות שבעולם אות אחד בלעדי אותיות האלפא ביתא.

§. 116. תועלת פעולת המוכנות להפועל והפעולה. בכל אחת מהמוכנות האלה

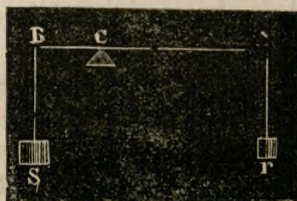
נוכל להניע הגופים במהירות או במתינות; להגביה או להוריד ביד אחת משאות כבדים שמאז ידים לא תניענה אותן ממקומו; או בכלל, המוכנות הנה האמצעים הנאותים להקל עבודת התנועה, אמנם הגם שיתראה לנו בראשית השקפתנו על המוכנות שמגדילות הנה את כמות התנועה בפועל, בכל זאת לא תהיה ההגדלה הזאת הגדלה מוחלטת רק הגדלה מצטרפת בערך הפועל אל הפעולה, ומדעתנו שדברינו אלה לא יובנו מבלי באור לכן נביא פה משלים לברר דברינו, והוא: נניח שיש בכח האדם להרים 50 ליטות בגובה מאה רגל במשך מינוט אחד, או דעת לנבון נקל שלא יוכל האיש ההוא להרים משא אלף ליטות הצבור יחד גם במשך 20 מינוט, רק שיחלק האלף ליטות לעשרים חלקים נפרדים ויגביה כל חלק וחלק במינוט אחד. אולם על ידי מוכנה יוכל האיש להגביה בפעם אחת גם משא 3000 ליטות בגובה 100 רגל מבלי לחלק אותו, אבל לזה יצטרך לו 60 מינוט. מהמשל הזה ראינו את תועלת המוכנה בערך הפעולה; ועל ידי המשל שנביא עתה, נראה גם את תועלת המוכנה בערך הפועל, והוא: האיש שיגביה במינוט אחד אבן כבדה במשקלה 200 ליטות בגובה 50 רגל, יעמול עשרת מונים ככה כפי שיעמול בהגביהו האבן הזאת בגובה ההוא על ידי מוכנה בעשרה מינוט. אולם אין כל מוכנה בעולם שעל ידה נרויח גם בערך הפועל גם בערך הפעולה ר"ל מוכנה הזאת שבעזרתה יוכל האדם להגביה 1000 ליטות במשך מינוט אחד בגובה 200 רגל, בעוד שמבלעדי המוכנה יהיה לאל ידו להרים אך 300 ליטות במשך 2 מינוט ובגובה 100 רגל.

מכל מה שנתבאר פה יוצא לנו לחוק ולא יעבור בחכמת המעכאניק, והוא: על ידי המוכנות לא יבא כל כח חדש, אך תועלתו הוא שעל ידן נשתמש בפעולת הכח באופן היותר מועיל לפי ערך הזמן והמשאות, והוא: אם נרצה לעשות על ידן בזמן קצר פעולות מהירות, או יצטרך לנו כח גדול, ואם נרצה לפעול בהנה בכחות קטנים או יוצרך לנו זמן ארוך; או בכלל כל שנרויה בהכח נפסיד בהזמן וכל שנרויה בהזמן נפסיד בהכח. מהמבואר לנו פה נוכל להרוץ שני משפטים יסודיים לפעולות המוכנות ואלה המה: (א) אין כח בכל מוכנה שבעולם להוליד מעצמה כל עבודה מעכאנית או להוסיף עליה מכפי שיעברו הכחות הפועלים בהנה, רק המוכנה תקבל העבודה מידי הכחות ותעביר אותה ממקום למקום ומכלי אל כלי, כן ד"מ תקבל המוכנה את פעולת האדם או פעולת משקל המים או פעולת ספוגיות הקיטור שפעלו עליה, ותעבוד בכח הפעולות האלה בסדני אפני הרהים או סדני עגלת הקיטור וכדומה. (ב) המוכנות תוכלנה למחר או לעצור מרוצת התנועה, להגדיל או להקטין זמן העבודה, אולם אין לאל ידן להגדיל כמות העבודה בכללה הנערכת תמיד בערך ישר לכמות הכח המניע הפועל בהמוכנה.

§. 117. הנושא (הסבטן). הנושא הוא משה מוצק בלתי נכפף (מוכניסגולוזופ-סבטן) הנשען

מתחת לאחת שבנקודותיו, ואשר יוכל להתנועע הפשי מסביב לנקודת משענתו הנקובה בשם נקודת המסיבה (דכסהפסוקט), בהצורה 60 יתאר לנו a את הנושא, c את נקודת

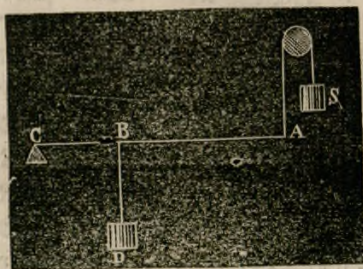
צורה 61.



צורה 60.



צורה 62.



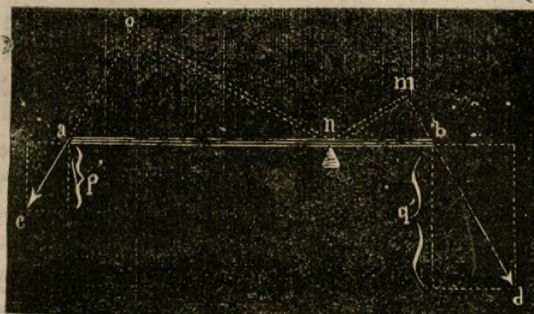
המסיבה. הנושא הוא מוכנה שנשתמש בה להגבית על ידה משאות ממקום נמוך למקום גבוה. באופן שבנקודה האחת ממנו יפעל איזה כח שמנמתו הוא לנצח פעולות הכח השני (המשא) הפועל בנקודה

אחרת מהנושא. משתי הכחות האלה הפועלים על הנושא לרוחות מנגדות נכנה להאחד בשם כח וגסמן אותו בהאות b , ולהשני בשם משא (עסו) וגסמן אותו בהאות a , המרחק שבין נקודת המסיבה ונקודת אחיות אחד מהכחות יקרא בשם זרועת הנושא (הסבטן-זרועת), בהצורה 60 שלפנינו תהייה a , c b שתי זרועות מהנושא a b . המרחק שבין נקודת המסיבה ונקודת אחיות המשא יקרא בשם זרועת המשא, והמרחק שבין נקודת המסיבה ונקודת אחיות הכח תקרא בשם זרועת

הכח. אם הכח והמשא יפעלו על הנושא משני עברי נקודת מסיבתו, אז יקרא בשם נושא

בעל שתי זרועות (לוימלדוויגסכ ה') (צורה 62). אולם אם גם הכה גם המשא יפעלו לרוח אחד

צורה 64.



צורה 63.



מנקודת

מסיבתו

יקרא

בשם

משא

בעל

זרוע

אחת

(מיימלדוויגסכ ה')

גכ ה')

צורה 62.

אם זרועות

הכח והמשא שוות הנה בארכן, או יקרא הנושא בשם נושא שוה הזרועות (גוימלדוויגסכ ה')

צורה 60. ואם זרועותיו בלתי שוות במדתן, יקרא בשם נושא משתנה הזרועות

צורה 65.



(מגוימלדוויגסכ ה') צורה 61. אם מוט

הנושא הוא עקום יקרא נושא עקום

צורה 63. אם שתי זרועותיו תסגורנה

זוית בינותן יקרא בשם נושא קרני

(ווינקלן הפשוט) צורה 64.

ביחס תכונת הכח, המשא,

ונקודת המסיבה זו לזו, יקראו הנושאים

לשלישה אופנים, ה) הנושא מהאופן

הראשון (הפשוט עכססכ חרט) הוא

שנקודת מסיבתו היא בין דכה

והמשא צורה 61. ג) הנושא

מהאופן השני הוא הנושא

שהמשא יאחז בו בין נקודת

אחיות הכח ובין נקודת המסיבה

צורה 62. ג) הנושא מהאופן

השלישי, הוא הנושא שהכח

ימצא בו בין המשא ונקודת

המסיבה צורה 65. והוא דף

הצעד (פריט ברסט) באופן המסוה

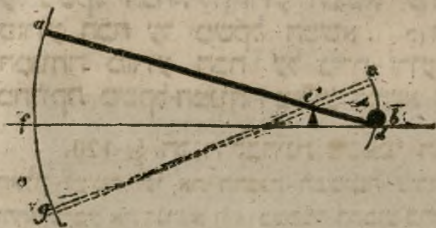
(ספינינגרד) אשר הכה שהוא הרגל הדורכת, על, הדף הפעל בין נקודת קביעת הדף על צירו

ובין נקודת אחיות הדף במוט המשיכה (לוגסמלדוויגסכ ה') האחרון באופן המסוה.

§. 118. ערך הכח אל המשא בהנושא. בכל נושא נצרך לנו להשתכל בארבעה

דברים: (6) כמות הכח, (3) כמות המשא, (ג) מדת זרוע הכח, (ד) מדת זרוע המשא, ולפי הבדל הכמותים האלה וערכיהם והלזה ישתנה תמיד כמות פעולת הנושא. — אם נתבונן על הזרוע הארוכה a צורה 66 בעת סביבה מסביב לנקודת מסיבתה, או

צורה 66.



יתראה לנו מהר שחלקיה השונים לא יתנועעו במהירות אחת, אך החלקים היותר רחוקים מנקודת המסיבה ימהרו בתנועתם יותר מהחלקים הקרובים אליה. ולכן בנושא בעל שתי זרועות שהאחת ארוכה והשנית קצרה יתנועע קצה הזרוע הארוכה במהירות יותר גדולה מאשר יתנועע קצה הזרוע הקצרה, אחרי שבעת ההיא שעבר קצה הזרוע הקצרה בהקשת הקטן b c, עברה כבר הזרוע הארוכה את

הקשת הגדול a g, והנה כמות כל כח מניע ישוה תמיד להמכפלה מכמות משקל הגוף המתנועע עם מהירות תנועתו, כאשר יתבאר בחלק השלישי מספרנו זה בדברנו מכמות כח התנועה, לכן גוף קטן המהיר בתנועתו יוכל לפעול פעולה גדולה כגוף גדול המתון בתנועתו, ולכן נוכיח מזה בצדק, שלמען הביא את הנושא a b צורה 66 בתכונת g c בעוד שהמשא b תלוי עליו, נצרך לנו לפעול אך בכח קטן בהנקודה a ממנו, אם נניח שהקשת a g ארוכה חמשה פעמים מהקשת b c, אולם משקל זרועות הנושא שוות זו לזו, ומשקל המשא b הוא 5 ליטרות, אז יספיק לנו כח ליטרא אחת להזיז המשא בשווי המשקל, ואם נוסיף מעט על משקל הליטרא או יכריע הכח את המשא, והוא: יען שמהירות המשא תקטן חמשה פעמים ממהירות הכח, לכן תהיה מכפלת משקל המשא הגדול עם מהירות תנועתו הקטנה, שוה למכפלת משקל הכח הקטן עם מהירותו הגדולה, יען כי $5 = 5 \times 1 = 1 \times 5$.

§. 119. חשבון הכח והמשא בהנושא. למען נמצא חשבון פעולת הנושא,

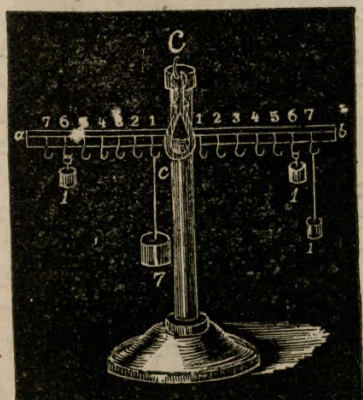
נתבונן על אורך זרועות הנושא ומשקל הכחות הפועלים עליהן בנושא העומד בשווי המשקל, ונמצא תמיד שערך זרוע המשא אל זרוע הכח, הוא כערך משקל הכח למשקל המשא, ולכן אם נקטן בכלל למשקל הכח בהאות ב, למשקל המשא א, ולמדת זרוע הכח א, ולמדת זרוע המשא ב, אז תצא לנו המערכה הזאת א: ב = מ: מ: כ (משוה א). ומוזה יוצא לנו לפי חוקי הכנות הערכים כי $א \times ב = ב \times א$ (משוה ב). וגם כי $א \times ב = ב \times א$ (משוה ג). וכן גם $א \times ב = ב \times א$ (משוה ד). וגם כי $א \times ב = ב \times א$ (משוה ה).

וכן גם $א \times ב = ב \times א$ (משוה ז). אם נפרש כל אחת משש המשוות האלגעבריות האלה במאמר, אז יצאו לנו ששה משפטים בחוקי הנושא, והוא: (6) ערך מדת זרוע הכח למדת זרוע המשא הוא כערך משקל המשא למשקל הכח. (3) המכפלה ממדת זרוע הכח עם משקל הכח תלוי בה תשוה למכפלת מדת זרוע המשא עם משקל

המשא התלוי בה. לכל אחת מהמכפלות האלה יקראו בעלי המעבאניק בשם משקל המנוחה (סטטיסטר וקאנטנט), יען כי בהיות המכפלות האלה ישוות בשתי זרועות הנושא או יעמוד בשיווי המשקל וינחה, ולכן נוכל לגדור את המושפט הזה במלות ישנות, והוא: כל נושא יהיה בשיווי המשקל אם תשיינה בו שתי זרועותיו במשקלן המנוחה. (נ) זרוע הכח שזה להכנה היוצאת מחלוקת משקל המנוחה מזרוע המשא על משקל הכח. (ז) זרוע המשא שזה להכנה היוצאת מחלוקת משקל המנוחה מזרוע הכח על משקל המשא. (ס) המשא שזה להכנה היוצאת מחלוקת משקל המנוחה מזרוע הכח על מדת זרוע המשא. (ו) הכח שזה להכנה היוצאת מחלוקת משקל המנוחה מזרוע המשא על מדת זרוע הכח.

§. 120. הכנה לבהינת מושפטי הנושא. למען נסות את אמתת ישות המושפטים

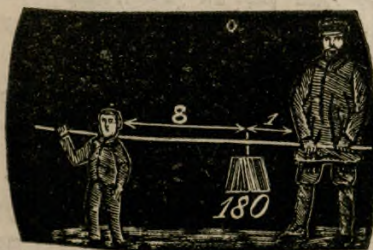
צורה 67.



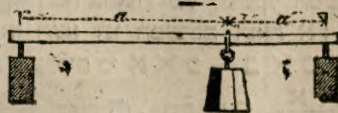
האלה נעשה לנו את ההכנה הפשוטה צורה 67 והוא: נקבע את הנושא a b במסמר הקבוע בהעמוד c, באופן אשר הזרוע a תשוה בארכה אל הזרוע b, ונחלק את שתי הזרועות לחלקים שווים, ונחבר קרסים לכל חלק וחלק, קרם לחלק, קרם לחלק, ונתלה על הקרסים משקלים, אז נראה כי משקלים שווים התלויים בעתי הזרועות, יהיו יקרוק או זה את זה בשיווי המשקל אם ירחקו במרחק אחד מנקודת המסיבה, וכן נראה גם כי ליטרא אחת התלויה על הקרם 7 מהזרוע השמאלית תחזיק בשיווי המשקל שבע ליטרות התלויות על הקרם 1 בהזרוע הימנית, וכל משכיל יבין מדעתו לנסות בעזרת ההכנה הזאת את כל ישות המושפטים שנתבארנו לנו בחסומן העבר.

§. 121. ערך הכח והמשא בנושא הנשען בשתי קצותיו. בהנושא ששתי קצותיו

צורה 69.



צורה 68.



הנה נשענות והמשא תלוי ביניהן צורה 68, יפעל המשא על כל

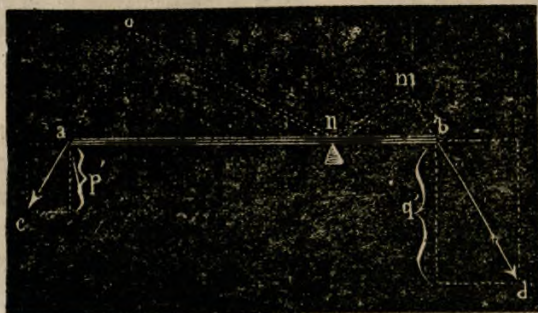
אחת משתי נקודות ההשענה בערך מהופך לכמות כרחקן מאחת הקצוות, באשר שאת כל אחת מזרועות הנושא הזה, (ר"ל את המרחק יעמשי נקודות ההשענה עד נקודת תליית המשא, a a בהצורה 68) רואין אותה כאלו היא נושא שלם בפני עצמו בעל זרוע אחת; ולכן אם ישאו נושאי הסבל משא במוט

הוא נושא שלם בפני עצמו בעל זרוע אחת; ולכן אם ישאו נושאי הסבל משא במוט

בשנים צורה 69 או יכבד המשא על האיש שיקרב אליו מאשר על רעהו הרחוק ממנו, באופן הזה יוכלו איש גדול וילד קטן לשאת משא אחד ביגיעה שווה במוט בשנים, ד"מ: אם בכח הילד לשאת במוט אך עשרים ליטרות ובכח הגדול לשאת 160 ליטרות, או יוכלו שניהם לשאת 180 ליטרות במוט ארוך 9 רגל, באופן שהמשא ירחק מהגדול אך רגל אחת בעוד שירחק מהקטן שמונה רגל.

§. 122. הנושא העקום והנושא הקרני. בהנושא העקום צורה 70 או בהנושא

צורה 71.



צורה 70.



הקרני צורה 71 יובא בחשבון אך המרחק הישר שבין נקודת אחיות הכחות ובין נקודת ההשענה, והוא מבואר בשתי הצורות על פי הקיום המנוקדים (סנקטינטע זיינען).

§. 123. תועלת הנושא. בהנושא מאופן הראשון נשתמש להגביה משאות כבדים

צורה 73.



צורה 72.



במקומות בלתי גבוהים, הצורה 72 תורנו נושא כזה הנקוב בשם מוט השבירה (בלעסטינגט) או נושא הלחיצה (דיוקפהסטינגט). בהצורה שלפנינו יורה לנו a את המשא, b את נקודת ההשענה, c את נקודת אחיות הכח. אולם אם תחת לרחוק את קצה הנושא למטה, יגביה אותו העובר למעלה, כשתורנו הצורה 73 או יתהפך הנושא הוה שהיה נושא מאופן הראשון וישוב לנושא מאופן השני ויקרא בשם נושא הסבל (טלמגהסטינגט), נקודת משענתו היא a, ונקודת אחיות הכח היא c, ומשאו הוא b. בהנושא מאופן השלישי תהיה נקודת אחיות הכח בין המשא ובין נקודת משענתו, לפי § 117, לכן כל עוד שירחק בהנושא הוה הכח מהמשא, וכל שיקרב יותר

הכה לנקודת ההשענה, כן יגדל גם דרך תנועת המשא, וכן יפרוץ גם כמות הכה הנצרך

צורה 74.



לתנועתו, ולכן לא יסכון לנו הנשוא מאופן השלישי להרים על ידו משאות כבדים, אך נשתמש בו בתור כף הקלע, לזרוק על ידו ולהניע משאות קלים במהירות גדולות, הפירמצעדים (פריסטבסטסר) אשר לאופני המשוחות (שווייטס) ולאופן הטויה (פסינכרוד) צורה 74 המה נושאים מהאופן השלישי, יען שהרגל הדורכת עליהם בכחה תקצא בהם בין נקודת המסיבה ונקודת אחיות המשא, והנה הכה הנצרך לשוירת החוטם הוא מצער למאד, ולעומת זאת נדרש להפצנו תקופה נמתרה לגלגל הטויה למען יושור חוט ארוך בזמן קצר, את התכלית הזאת תשיג האשה הטוה, בדרכה ברגלה על הפירמצעד קרוב לצירו, והרף המחובר להמטה המניע את

האופן יעלה ויורד במהירות גדולה למאד, בעוד שהרגלה תתנועע בתנועה מתונה ובלתי

מיגעת;

ולו היה

רף המצעד

נשען

באמצע,

ר"ל לו

צורה 76.



צורה 77.



צורה 75.

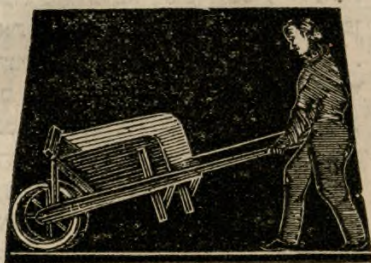
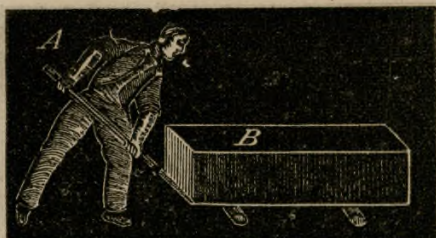


פעל בתור נושא מאופן הראשון, אז היתה צריכה האשה למחר בתנועת רגליה כמהירות מרצת האופן והמלאכה היתה מיגעת מאד. המסקרים צורה 75 יפעלו בתור נושא מהאופן הראשון; אולם מפוצץ האגוזים וסכין הירקות צורות 76, 77 המה נושאים מהאופן השני, גם האיש הדוחף לפניו בעזרת

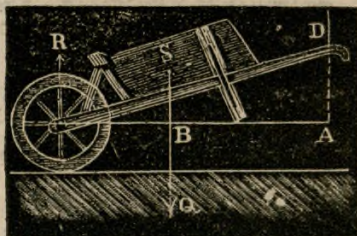
המוט A את המשא B צורה 78 והמניע על ידי עגלה הנדחפת (סייבקארט) Siebkarte צורה 79 יפעלו על נושא ממין השני, ולכן נוכל למצוא חשבון צדק לכמות הכה שבו יצטרך האיש

לפעול בהניע את המשא בעגלה כזאת, והוא: נניח שאורך העגלה מקוטר האופן צורה 80 עד קצה צורה 79.

צורה 78.



צורה 80.



המוט D הוא 5 רגל, ובמות משא חלק העגלה שיגביה בידיו הוא 400 ליטרות, ומרחק קיטר האופן מנקודת אחיזת המשא (ר"ל הוא נקודת הכובד של העגלה עם משאה) B, הוא 1 רגל, ובמות מרחק אחיזת ידיו D מנקודת אחיזת המשא הוא 3 רגל במרחק ישר ר"ל במרחק B A (הוא מכוון אם יהיה הקו A D = 3 רגל מהקו S B, או יהיה לפי § 118. ערך הכב אל 400 כערך 1 אל 3 לכן יהיה כמות הכב אך כשליש המשא = $133\frac{1}{3}$ ליטרות.

§ 124. ערך הכב להמשא בשלשה מיני הנושאים. למען דעת ערך הכב הנצרך לצנח משא קצוב בשלשה מיני הנושאים, נבחר לנו שלשה נושאים מכל המינים מאורך אחר = 60 צענטימעטר, ומשקל המשא נקח = 80 קיללעגראמם, מרחק נקודת ההשענה מהמשא בהנושאים מהאופן הראשון והשני = 10 צענטימעטר, ובהנושא מהאופן השלישי הוא ככל אורך הנושא, ולכן מרחק הכב מנקודת ההשענה הוא בהנושאים מהאופן הראשון והשלישי = 50, ובהנושא מהאופן השני = 60 צענטימעטר, ואז יוצא לנו לכמות הכב הנצרך לנו להגבת המשא עמשקלו 80 קיללעגראמם שלש המערכות האלה:

$$(1) \text{ להנושא מאופן הראשון } כ = \frac{80 \text{ קיללעגראמם} \times 10 \text{ צענטימעטר}}{50 \text{ צענטימעטר}} = 16 \text{ ק"מ} = \frac{800}{50}$$

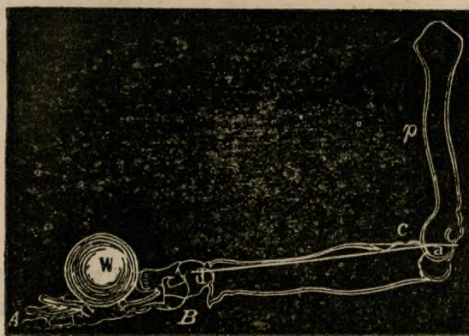
$$(2) \text{ להנושא מאופן השני } כ = \frac{80 \text{ קיללעגראמם} \times 10 \text{ צענטימעטר}}{60 \text{ צענטימעטר}} = 13\frac{1}{3} \text{ ק"מ} = \frac{800}{60}$$

$$(3) \text{ להנושא מאופן השלישי } כ = \frac{80 \text{ קיללעגראמם} \times 60 \text{ צענטימעטר}}{50 \text{ צענטימעטר}} = 96 \text{ ק"מ} = \frac{4800}{50}$$

משלש המערכות אלו יוצא לנו שערך הכחות הנצרכים להגבת 80 קיללעגראמם בשלשה אופנים הנושאים, הוא כערכי המספרים 6 : 5 : 36; נמשך מזה שהנושא מאופן השני הוא היותר נאות להגבת המשאות, והנושא מאופן השלישי הוא היותר גרוע מכולם להגבת

המשאות, יען שנצרך לנו (פה במשלנו) להניעו, כח הגדול 6 פעמים מהכח הנדרש להאופן הראשון

צורה 81.

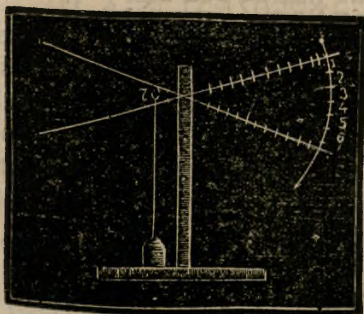


וכח הגדול יותר משבע פעמים מהכח הנדרש להנשא מאופן השני, ולעומת זאת הגדל תועלת הנשוא מהאופן השלישי להגדיל המהירות (§ 117). גם הטבע תפעל בנושא מאופן השלישי במקום שצריכה להוליד מהירות גדולה, והוא: יר האדם צורה 81 בורקה איזה עצם למעלה, פועלת בהור נושא מאופן השלישי, ששרירי הכתף (σπαστήρ) p המתכווצים המה הכחות המניעים, וחמוק האמה (εὐνοχέτης) c הוא נקודת משענתו של הנושא A B c המורכב מעצמות הורוע. אם יגביה איש משא

חמישים ליטרות הנתון על כף ידו, או יהיה כמות הכח הנצרך להתכווצות שריר הכתף במדת אצבע אחת = 1000 ליטרות, ויען שכל המכווץ מהשריר הפועל על הזרוע הקצרה 1 אצבע, יצטרך להחזיק בשווי המשקל 50 ליטרות התלויות על זרוע ארוכה כאמת איש = 20 אצבעות, לכן יהיה כמות הכח המכווץ = $20 \times 50 = 1000$ ליטרות.

125. בחינת אמתות חוק הזהב המעכאני. אם נתבונן על כל אחד משלושה

צורה 82.



מיני הנושאים בכל מרבית השתנות הבניות, נמצא שכלם ישמרו בפעולתם את החוק שלא יעבור שנתבאר לנו כבר בדרך כלל § 116 בדברים האלה: כל שנרויח בהכח נפסיד בהזמן וכל שנרויח בהזמן נפסיד בהכח, וכל משכיל יראה כי החוק הזה הוא נצב לעד גם בכל יתר המוכנות, כאשר יתבאר לנו בספר הזה פעמים רבות; ולכן יקשב החוק הטבעי הזה לאבן הפנה אשר כל חכמת המעכאניק נוסדה עליה, ולכן קראו חכמי המעכאניק להחוק המהולל הזה בשם חוק הזרוב המעכאני (דיס בקודמנס כטנגל דבר ופסלמיק), למען נסות את אמתות החוק הזה נעשה לנו את ההכנה צורה

82, והוא: נקח לנו לוח של עץ ונקבע באמצעיתו מוט זקוף ואל המוט מלמעלה נחבר נושא בעל שתי זרועות שוות שמרת כל זרוע ממנו היא 12 אצבעות, הנושא יוכל להתנועע חפשי על צירו, ואם נתלה משקל 12 ליטרות בחבל דק על הזרוע השמאלית מהנושא במרחק 2 אצבעות מנקודת מסיבתו, או יורד המשקל על הלוח. ואם ננסה להגביה אותו על ידי אשר נדחק בידנו על קצה הזרוע הימנית, או נצרך לנו כח הגדול רק מעט משתי ליטרות למען

הנביה את המשקל של 12 ליטרות מעט מעל השולחן. פה הרוחנו 10 ליטרות בהכח. אולם לעומת זאת הפסדנו מהמהירות 10 אצבעות, כי אם נציג שני קניימה: האחד על יד המשא, והשני על יד הזרוע הימנית, אז נראה בחוש שהמשקל השמאלי הורד אך בגובה 2 אצבעות בעוד אשר זרוע הנושא הימנית הורמה $2 \times 6 = 12$ אצבעות כאשר תורנו הצורה באר היטב. §. 126. באור משפטי חוזק המצטרף לפי משפטי הנושא. אחרי שנתבאר

לנו חוקי הרכבת הכחות §. 102, וחוקי נקודת הכובד §. 107, וחוקי הנושא §. 119, נוכל לבאר עתה את חוקי החוזק המצטרף בערכו לאלכסוני הגופים, והוא: (§. 86) הנדנו בדרך כלל, שהחוזק המצטרף יתערך: (ג) בערך ישר לרוחב הגופים, (ב) בערך מרובע עובי הגופים, (ג) בערך מהופך לאורך הגופים, ופה נבאר אמתת שלשה המשפטים האלה לפי חוקי חכמת הטבע וחכמת השיעורים, והוא: כבר בארנו §. 86 שנוכל לתאר לנו כל גוף היותו מורכב מחוטים ושדרות רבות, ופה נוסף להגיד שנוכל גם לתאר לנו כל אחת מההתנגדות שיתנגד כל חוט וחוט (מהגוף הנכסף) צורה 83 להבחן P שמגמתו הוא לשבר את הגוף במקום קביעתו בקיר C D, כאלו הנה כחות נפרדים המגנדים מקצתן אל הנתיקה (נקודת) ומקצתן אל השבירה, ואם נסמן להתנגדות חוט אחד נ, ואת רוחב הגוף הנכסף ר, ואת עביו ע, אז דעת לנבון נקל שמספר אישי ההתנגדות תהייה $\frac{R}{n} = R \times \frac{1}{n}$, או כמות אישי הכחות הוא ככמות ששה הכרית (קוטר) של הקורה המסובלה, ומשכן ההתנגדות הכללית יהיה לפי חוקי הרכבת והפרדת הכחות בנקודת הכובד אשר לשטח הכרית, ויען שבגוף מרובע

צורה 83.

תהיה נקודת כובדו במחצית עביו, לכן נסמן פה את משכן ההתנגדות

הכללית בהשיעור $\frac{R}{2}$ (מחצית העובי),

ר"ל בהשיעור $\frac{R}{2}$ תרחק נקודת אחיזת

כה התנגדות הכללית מנקודת

השבירה (בכח העצירה) C, נמשך

מזה שכמות התנגדות הכללית

$= \frac{R}{2} \times \frac{1}{n} \times \frac{1}{n}$ והוא כה הפועל

על זרוע נושא שמדתו $= \frac{R}{2}$,

ובאשר ימשקל המנוחה (משקל) נוסף

מכל זרוע נושא המתפעלת

מאיה כה היא מכפלת אורך הזרוע

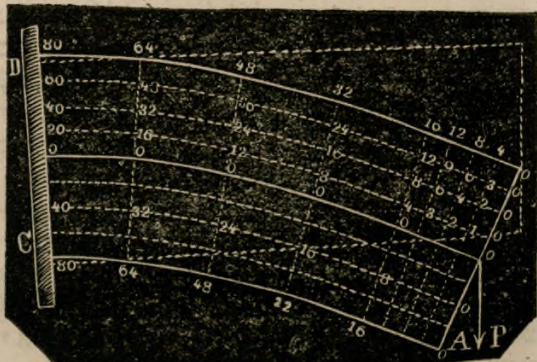
עם כמות הכח (לפי §. 119), לכן יהיה פה משקל המנוחה מההתנגדות העבירה $= \frac{R}{2} \times \frac{1}{n} \times \frac{1}{n}$

ואם נפיש את השיעור האחרון הוה במאמר, אז יוצא לנו

שכמות ההתנגדות הכללית להשבירה, ישוה לרוחב פעם עובי פעם עובי פעם ההתנגדות

הפרטי שלחוט אחד, והנה עובי פעם עובי הוא מרובע העובי (כי מרובע כל מספר

הוא כפולתו בעצמותו), ובה מבואר כבר המשפט הראשון והשני, יען שאם נגדיל את



השיעור r , או יתגדל מחיר שיעורי ההתנגדות n בערך פשוט, אולם אם נגדיל השיעור r או נתגדל ההתנגדות n בערך מרובע של r .

משקל המנוחה של הכת המשבר הוא $A \times P$, אם A יורה לנו על המרחק $A \times C$ שהוא אורך הקורה, ולמען יהיה P בשיווי המשקל עם ההתנגדות הכללית להשכירה, נצרך להיות $A \times P = \frac{r \times e \times x \times x \times x}{2}$ לכן $P = \frac{r \times e \times x \times x \times x}{2 \times A}$ המשוה האחרונה

הזאת תורנו את כל שלשה משפטי חוק המצטרף, כי אם נפרשנה במאמר יצא לנו, שהכת הנצרך לשבר איזה עצם מוצק הוא מתערך להמנה היוצאת מחלוקת המספר הנולד מכפילת הרוחב עם מרבע העובי מחולק על מספר מדת האורך, ואת המנה הזאת נכפיל בהצי ההתנגדות שיתנגד כל חוט וחוט אל השכירה.

§. 127. המשך באור משפטי החיזוק המצטרף. מדעתנו שבאורנו בסיומן העבר לא יובן רק להקוראים שלמדו הכמת האלגברא, לכן נבאר את המשפטים האלה באופן שיבינו גם אלה שזרה להם החכמה הזאת, והוא: כבר נודע לנו (§ 86) שלכל גוף כפוף יקצא קוטר הבינים (מיסרולסקי) שהוא בלתי מנגד לא להכת המנתק ולא להכת המשבר, ושכל אחת מהשדרות הסדורות מלמעלה ומלמטה לקוטר הבינים תתגדל בהתנגדותה להנתיקה או להשכירה בערך ישר למרחקה מקוטר הבינים, ד"מ: אם נשער לנו שהגוף A הנכפף הוא מורכב מעשרים שדרות עשר למעלה ועשר למטה מקוטר הבינים, ואם נסמן את השדרות הראשונות עששני צדי קוטר הבינים בהציונים 1; 1 יען שיתנגד כל אחד רק בהשיעור 1, העליון אל ההמתחה והתחתון אל ההתלחצות, ושתי השדרות השניות נסמן עם הציונים 2; 2 כאשר תורנו הצורה 60, או יצא לנו שיעור ההתנגדות הכללית אל ההמתחה שיתנגדו כל עשר השדרות העליונות, על ידי קבוצ אברי ההרזוה המספרית (המספרים המכונים) ההולכת בסדר הכספרים הטבעיים, והוא: $1 \pm 2 \pm 3 \pm 4 \pm 5 \pm 6 \pm 7 \pm 8 \pm 9 \pm 10 = 55$, כשיעור הזה יוצא לנו גם כמות התנגדות הכללית אל ההתלחצות שיתנגדו כל עשר השדרות התחתונות, ויהיה אם כן שיעור קבוצ שני מיני ההתנגדות ר"ל של ההתלחצות ושל ההמתחה $55 \times 2 = 110$, נשער לנו גם כן שגוף B העב פי שנים מהגוף A הוא מורכב מארבעים שדרות עשרים ממעל ועשרים מתחת לקוטר הבינים, ונקבץ את מספרי ההתנגדות מהשדרות העליונות והתחתונות, או יצאו לנו שני חרוזים על סדר המספרים הטבעיים מן 1 עד 20, והנה קבוצ כל המספרים הטבעיים מן 1 עד 20, הוא $210 = 210$, לכן כמות ההתנגדות הכללית גם להמתחה גם להתלחצות הוא $210 \times 2 = 420$, ואם נעריך זה לזה שני המספרים $110 : 420$ או נמצאם כערך $11 : 42 = 1 : 3 \frac{1}{11}$, אולם אם נתאר לנו את הגוף A מורכב משני אלפים שדרות ואת הגוף B מארבעה אלפים שדרות, או נמצא קבוצ ההתנגדות להשכירה מהגוף $A = 2001000 \times 2 = 4002000$ וקבוצ ההתנגדות מהגוף $B = 1001000 \times 2 = 2001000$; ואם נעריך את המספרים האלה זה לזה, או כערך $1001 : 4002$ או כערך $\frac{999}{1001}$ הזאת, ערך קרוב מאד לערך $\frac{1}{4}$ אל 1, ההסרון הקטן מן $\frac{1}{1001}$ שיקטן המספר $\frac{999}{1001}$ אל 1 והוא קרוב מאד לערך $\frac{1}{4}$ אל 1, ההסרון הקטן מן $\frac{1}{1001}$ שיקטן המספר $\frac{999}{1001}$ מהמספר 4 יתמלא אם נוסף לחלק את שני הגופים לשדרות יותר דקות ויותר רבות, וזה

לא יבצר מאתנו, אחרי שכל גוף יוכל להתחלק לחלקים אין מספר, ויען שכל עוד שנגדיל מספר שדרות הגוף A יגדל מספר שדרות הגוף B כפלים, וכל עוד שנגדיל מספר אברי החרוים בשני הגופים, כן יתקרבו יותר בקיבוצם לערך מרובעי עובי הגופים, לכן נוכיח מזה בצדק: שכל עוד שירבה מספר השדרות לבלי תכלית כן יקטן (בערכי קיבוצם) החסרון (מערכי המרובעים) גם כן לבלי תכלית, ד"מ אם נחלק לראשונה הגוף A לשתי שדרות, והגוף B לארבע שדרות לכל צד מקוטר הבינים, אז יהיה כמות התנגדות $A = 6$ וכמות התנגדות $B = 20$, ערך B אל A יהיה או כערך $\frac{3}{1}$ אל 1 , אבל כאשר חשבנו מספר השדרות עשר ועשרים אזי יצא לנו הערך 42 אל 11 או $\frac{3}{11}$ אל 1 , ואם חשבנו מספר השדרות אלף ואלפום יצא לנו הערך $\frac{999}{1001}$ אל 1 , אם נחשוב מספר השדרות 1 מיליאן ושני מיליאן אז יתקרב הערך מאד מאד, ובאשר שיש לאל ידנו לחלק הגופים גם על טריליאן קוואדריליאן ועד בלי תכלית ונתקרב אל הערך האמתי גם כן לבלי תכלית, לכן נוכל לגזור בצדק את משפט השני משלשה חוקי חוק המצטרף, והוא: חוק המצטרף משני גופים יתערך כמרובע גבהם. גם המשפט השלישי יתבאר לנו על פי חוקי הנושא, והוא: כבר נתבאר לנו (§ 119) שמשקל המנוחה מאיזה כח הפועל על הנושא הוא המכפלה הנולדת מכפילת משקל הכח עם אורך הזרוע, ולכן אם נתלה משקל אלף ליטרא על קורה ארוכה 2 רגל, אז יהיה כמות הכח השובר $(\text{ברכשנדקברטס}) = 1000 \times 2 = 2000$ ליטרות הרגל, ואם נתלה אותה על קורה ארוכה 4 רגל, אז יהיה כמות הכח השובר $1000 \times 4 = 4000$ ליטרות הרגל, והנה הקורה תתמעט מחוקה כל שיתגדל הכח השובר, ובאשר שעל ידי האורך הכפול יגדל גם כח השובר כפלים, לכן תקטן חוקת הגוף במחציתו, ומה יוצא לנו שחוק הגופים הוא מתערך בערך מהופך לכמות ארכם. המשפט הראשון הוא ברור מאליו ואינו צריך באור, יען שרוחב הגוף לא יתחס לא אל תכונת קוטר הבינים ולא אל מרחק נקודת אחיזת הכח ממקום השבירה.

§. 128. מאזנים דיישאו-יחד (דיו גויסוואגס) או המאזנים הידועים או מאזני

צורה 84.

החניני (גמיינע קדער קדעווער וואגס). תבנית המאזנים האלה שתתאר לנו הצורה 84 היא ידועה לכל, ולכן נסתפק פה אך להודיע את התנאים המוכרחים להיות למאזני צדק, והוא:

(א) אם נתלה המאזנים האלה או מחויבת הקורה לשכון בתכונה אופקית, ואם תלחץ בחוקה לעזוב הנטיה הזאת אז תחויב לשוב מאליה בתכונה אופקית בסור הכח המטה אותה, ולזה נצרך להיות תכונת נקודת הכובד בקו יושר האנך (אקס) כמט.

§. 33. מתחת לנקודת המסיבה (דרכהונגשונקס).

(ב) המאזנים צריכים להיות מרנישים (מיסשן משטיינליך ויון) ר"ל שירנישו גם הברעה קלה, ולזה נצרך להיות נקודת הכובד של הקורה קרובה מאד



T. I.

מתחת לנקודת מסיבתה, ואם יהיה המרחק בין שתי הנקודות האלה גדול מעט או יהיו המאזנים עצלים, ר"ל אך הכרעה גדולה תבריע את הכף (שההכרעה נקטת בה) לדרת מטה. את כמות הרגשת המאזנים נסמן על ידי שבר שהמכנה שלו (כשנסמן) הוא המשקל היותר גדול שנוכל לשקול במאזנים האלה (מבלי להפסידם) והמונה שלו (למחלק) הוא המשקל היותר קטן שמכריע המאזנים עם משאם בהכרעה נכרת לעין. המעכאניקער אָערטלינג Oertling הביא באספת-הרשות-המעשה בלאנדערן (לונדון) מינדוסטרי מוסטסטאונג (1851) מאזנים אשר בהיותם מסובלים בכל אחת מכפותיהם במשא 28 קילוגרמם (ערך 68 ליטרות רוסיות). היתה הכרעת $\frac{1}{100}$ גרמם עוד נכרת בהם, נמצא שכמות ההרגשה בהם הוא $\frac{1}{5600000}$ בערך משאם, אמנם האומנים הנפלאים הגדילו עוד לעשות, כי צלחה להם לפי עדות החכם אטא אולע, לעשות כעת מאזנים מרגישים אשר בהיותם מסובלים בליטרא יוכלו להרגיש לנו עוד הכרעת $\frac{1}{19}$ ממיליאן בליטרא שהוא ערך $\frac{1}{1460}$ ממשקל גרגר החטה. (נ) נצרך למעט זאת כמות החוכך בנקודת המסיבה של המאזנים על ידי הקטנת השטחים הסתחכים זה בזה, ועל ידי חלקת וקשיות השטחים האלה. (דוכן פֶּרְקִינְסוֹנִי דֶּבֶר כִּיבֶּרְטֶרן פֶּלֶטֶטֶן מוֹד דוֹךְ דִּי גֶלְטֶטֶס מוֹד הֶקֶטֶס דֶּקֶטֶסלֶטֶן).

§. 129. מאזני השולחן ומאזני המורים. הצורה 85 תורנו את מאזני השולחן.

צורה 85.



(טאמלמאסע) שהוכנו על חוקי הנושא העקום שוה הזרועות, והצורה 86 תורנו את מאזני המורים (לייגנמאסע) שכונו על חוקי הנושא העקום ובלתי שוה הזרועות, והוא: כל עוד שתדר למטה הזרוע הקצרה שהכף תלויה בה מסבת המשקלים הנתונים בה, כן תתרומם הזרוע הארוכה המחודדה בתבנית מורה מעלה מעלה, ותורה בחודה על מספר הציונים החרותים בהקשת והמודיעים את משקל המשא. קוי הקשת ומספריהם יוחקו על ידי הבחינה, והוא: המקום אשר יורה עליו המורה כאשר תהיה הכף

צורה 87.



צורה 86.



בקה יסומן עם 0, ואחרי כן יותן 1 לאטה בהכף, המורה יתרומם מעט ויחק שמה הציון 1, וכן יוסיפו את משקלי הלאטהען אחד אחד ויסמנו את כל מצבי המורה על הקשת, במאזני השולחן והמורים ישקלו אך משאות קלים.

§. 130. השקול במאזנים בלתי צודקים. גם במאזנים בלתי

ישאו יחד או בלתי צודקים, נוכל לשקול בצדק על ידי התחלפות המשא והמשקלים מכף האחת לכף השניה, והוא: אם נשקול איזה משא במאזנים בלתי צודקים (צורה 87) ומצאנו משקלו 20 ליטרות כאשר נתנו המשא בהכף הימנית; אבל כאשר נתנו

המשא בכף השמאלית היה משקל 21 ליטרות, או יהיה משקלו האמתי $\frac{21}{2} = 10\frac{1}{2}$ ליטרות, השיעור הזה יהיה צורך אך בקרוב ולא בדיוק, אבל בדיוק נמצא את משקל המשא השקול במאזנים בלתי צורקים על ידי תמונה אלגעברית שנסדרה על חוקי הנושא § 119, והוא: אם נסמן להמשקל האמתי הנעלם מאתנו בהאות π , ואת הזרוע הימנית כמספר המאזנים γ , ואת הזרוע השמאלית ψ , או יוצא אחרי שיקול הראשון, המשוה: $20 \times \psi = \pi \times \gamma$ ואחרי השיקול בפעם השנית יצא לנו המשוה: $21 \times \gamma = \pi \times \psi$ ואם נכפיל את שתי המשוות האלו זו בזו יצא לנו המשוה:

$20 \times 21 \times \gamma \times \psi = \pi \times \psi \times \pi \times \gamma$, לכן על ידי עזיבת השיעור $\gamma \times \psi$ שווה בשתי כתפות המשוה הימנית והשמאלית תקף המשוה לתמונה הזאת: $\pi \times \pi = 20 \times 21 = 420$ לכן π שהוא השורש המרובע מהשיעור $[\pi \times \pi]$, הוא שווה להשיעור $\sqrt{420} = \frac{4969}{10000}$ 20 והוא פחות בשיעור $\frac{11}{10000}$ מהשיעור $20\frac{1}{2}$ שיצא לנו על ידי חלוקת קיבוץ שני המשקלים לשנים.

§ 131. מאזני הנושא בלתי שווה הזרועות, או מאזני המהירה (משקלן). הצורה 88 היא נושא בעל שתי זרועות בלתי שוות בארכן, המשא יתלה על הקרס (הסקקס) המחובר להזרוע הקצרה בעוד שהכח שהוא הכחור יוכל להתנועע חפשי הנה ונהנה, למען שכל אשר יגרל המשא כן נרחיקו יותר לצד שמאל, ועל ידי זה תתאריך זרוע הכח ותחזיק בשינוי משקלה את הזרוע הקצרה אשר להמשא לפי § 119. לאורך כל הזרוע הארוכה מצוינים ציונים (מספרים), והציון שאצלו יעמוד המשקל בהחזיקו את המשא בשווי המשקל יורנו את מספר ליטרות המשא, במאזני המהירה הזאת תהיה נקודת ההשענה קבועה, ונקודת אחיזת הכח מתנועעת, אולם בהמשקל הראני או הבעועמער צורה 89 שיתבאר § 132 תהיה נקודת הכח קבועה ונקודת ההשענה מתנועעת, הציון שאצלו יעמוד חבל התליה בהחזיקו את הבעועמער בשווי המשקל, יורה לנו את מספר ליטרות המשא. ויתר משפטי המאזנים שכוננו על אדני חוקי הספוגיות

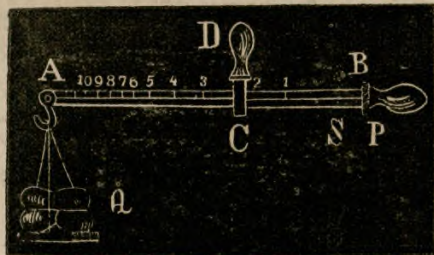
צורה 88.



הלא המה: מאזני הנוצות (משקלן וסגס), בכל מרבית השתנות תבניתם ופעולתם, מבוארים היטב ושום שכל בתבורנו חקות שמים וארץ. ומאזני הסכיבה (דכטהוולקס) יתבארו לנו בספרנו השלישי בדברנו מהעלעקטריציטאט, ומאזני הגשר והמעשירי (בדיקטשולנד דפניוול וולגס) יתבארו בספרנו זה חלק שלישי.

§ 132. משקל הראני (במספרים). הצורה 89 תורה לנו את הבעועמער בתמונתו היותר פשוטה, אם נרצה לקבוע בו את המספרים על פי החשבון ולא על דרך החיפוש § 129, או נמצא מקום קביעת כל מכמר בעד כל ליטרא, על ידי תמונה אלגעברית

צורה 89.



הבועזעמער (הרוק ממשא) בחבל תליתו
 בהמקום S, אז יהיה לפי משפטיו הנושא
 (§ 119) ולפי חוקי נקודת הכובד § 107,
 $\mathbf{M} \times \mathbf{Z} = \mathbf{M} \times \mathbf{Z}$
 מרחק נקודת הכובד מנקודת
 ההשענה, בהצורה שלפנינו יהיה
 מרחק זרועות המשא $\mathbf{A} \times \mathbf{C} = \mathbf{M} \times \mathbf{Z}$, לכן
 $\mathbf{M} \times \mathbf{Z} = \mathbf{A} \times \mathbf{C}$, או $\mathbf{M} \times \mathbf{Z} = \mathbf{A} \times \mathbf{C}$
 $\mathbf{M} \times \mathbf{Z} = \mathbf{A} \times \mathbf{C}$, אם
 יורה לנו את מרחק אחיות הכח

מנקודת המבד, בהצורה שלפנינו יהיה $AS = A$, לכן $\frac{A}{S} = \frac{A}{A} = 1$, לכן $\frac{A}{S} = 1$ מרחק קביעת המסמר מהנקודה S בעד איזה משקל קצוב, הוא כשיעור המנה היוצאת מחלוקת מכפלת מספר ליטרות המשא עם מספר אצבעות המרחק שבין A ובין S על קיבוץ משקל הבעועמער עם משקל המשא שנחקר על מקום קביעת מסמרו.

שאלה. בעועמער שמת A S בו היא 30 אצבעות, ומשקל הבעועמער הריק הוא 6 ליטרות, איזהו מקובץ של המסמרים בו, המורים על מספרי הליטרות?

תשובה. מקום מספר הליטרא 1 הוא $\frac{30 \times 1}{1 \pm 6} = \frac{30}{7} = 4 \frac{2}{7}$ אצבע

מן S. מספר הליטרא 2 הוא $\frac{30 \times 2}{2 \pm 6} = \frac{60}{8} = 7 \frac{1}{2}$. מספר 3 הוא $\frac{30 \times 3}{3 \pm 6} = \frac{90}{9} = 10$. מספר 4 הוא $\frac{30 \times 4}{4 \pm 6} = \frac{120}{10} = 12$. מספר 5 הוא $\frac{30 \times 5}{5 \pm 6} = \frac{150}{11} = 13 \frac{7}{11}$. מספר 6 $\frac{30 \times 6}{6 \pm 6} = \frac{180}{12} = 15$. העשירי $\frac{30 \times 10}{6 \pm 10} = \frac{300}{16} = 18 \frac{5}{4}$. העשרים $\frac{30 \times 20}{20 \pm 6} = \frac{600}{26} = 23 \frac{1}{13}$. השלשים $\frac{30 \times 30}{30 \pm 6} = \frac{900}{36} = 25$. הארבעים $\frac{30 \times 40}{40 \pm 6} = \frac{1200}{46} = 26 \frac{2}{23}$. השמונים $\frac{30 \times 80}{80 \pm 6} = \frac{2400}{86} = 27 \frac{39}{43}$. המאה $\frac{30 \times 100}{100 \pm 6} = \frac{3000}{106} = 28 \frac{16}{53}$.

אם נודע לנו מקום קביעת המסמר בעד איזה משקל קצוב M , ונרצה למצוא מקום קביעת המסמר בעד המשקל $M \pm 1$ ליטרא, אז נחשוב בהתמונה האלגעברית הזאת, $\frac{A \times B}{(M \pm 1) \times (M \pm 1)}$

ר"מ: אם נודע לנו שמרחק המסמר בעד שלש ליטרות $\frac{A \times B}{(M \pm 1) \times (M \pm 1)}$, ונרצה לדעת המרחק שבין המסמר להליטרא הרביעית ובין המסמר

הוא 10 אצבעות מן S , ונמצא (לפי השיעורים שקצבנו להבעועמער בהסימן הזה) לארכו ולמשקלו להליטרא השלישית, אז נמצא $\frac{A \times B}{(M \pm 1) \times (M \pm 1)}$ את התמונה הפרטית הזאת.

ולפי התמונה הכללית $\frac{A \times B}{(M \pm 1) \times (M \pm 1)} = \frac{6 \times 30}{(1 \pm 6 \pm 3) \times (6 \pm 3)}$

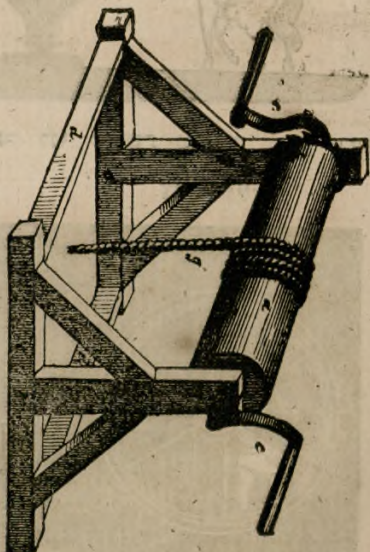
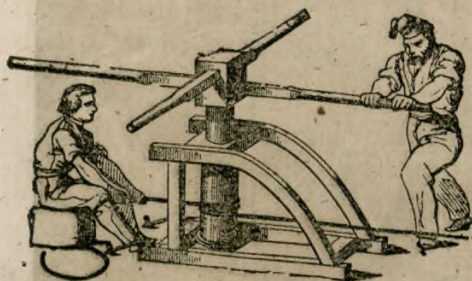
ז' $\frac{180}{10 \times 9} = \frac{180}{90} = 2$, ר"ל: אם היה מרחק המסמר השלישי 10 אצבעות מנקודת הכובד S , אז יהיה מרחק המסמר הרביעי 10

2 ± 12 אצבעות, והוא מסכים עם החשבון שמצאנו גם על ידי התמונה $\frac{A \times B}{C \pm C} = \frac{A \times B}{C \pm C}$

§. 133. האופן על הסדן (כחל חן דבס חקשם קדשכ ווילנא). הנושא לא יוכל לפעול בלי

הפסק, ר"מ: אם נרצה להרים משא בגובה 10 רגל על ידי זרועות הנושא שכמות קשת מסיבתו (דכסה בקיט) הוא בגובה רגל אחת, אז נצרך לנו לשנות את תכונת הנושא עשרת מונים, ובכל פעם ופעם תפסק פעולת הנושא רגע, והנושא יצטרך אז להשען בכל פעם על משענת יותר גבוהה, ולכן יסכון הנושא (בתבניתו הירועה) רק להגביה למעלה משאות כבדים בגובה

צורה 91.



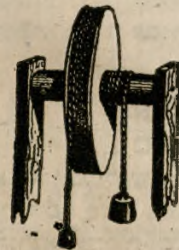
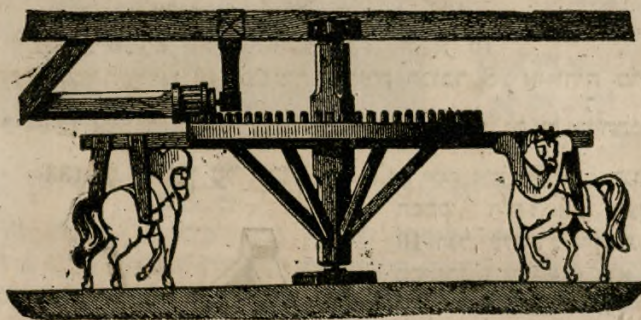
צורה 90.

בלתי גדולה על ידי כחות קטנים, ולמען שתהיה פעולת הנושא תמיד (סטטיק) נצרך להחליף בו את תבנית נקודת משענתו השקויה לציר ענול (מוקדסן דכשס), התמונה הזאת פשוטה מנושא כזה תורה לנו הקרן (קובעל) צורה 90, והוא: נושא שיוכל לסבב כגלגל על צירו מבלי הפסק. המעגילה עם הקרנים e, e המחברים לה, תקרא בשם עין הסדן (וילנא) קדשכ

הקטנה (המכונה), ערך הכח להמשא בו הוא כערך מחצית אלכסון מהסדן a שחבל המשא מכורך עליו לאורך הקרן c שהכח יפעל עליו, והוא מבואר לפי חוקי הנושא § 119, אם נרבה את מספר הזרועות מהנושא הסובב על צירו או יוצא לנו שיטת נושאים - (המכונה ויסעס) כמו בההאספעל בעל היתדות (ספייטן המכונה) צורה 91 אם נתבר את קצה היתדות האלה בקשתות עץ או ברזל יוצא לנו אופנים בעלי יתדות (ספייטן קדש) , להמין הזה יחשבו גם אופני העגלות (וואגנלדש) והאופן המשיבה הסוסי (שפנדל-גאסעס) צורה 92, אם נמלא את החללים

צורה 92.

צורה 93.



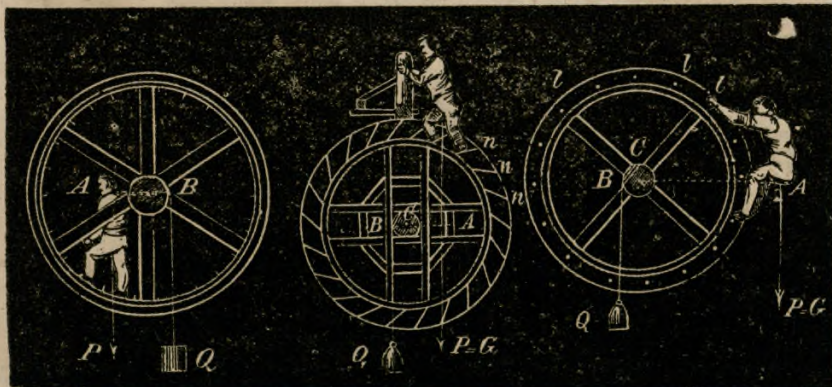
בין היתדות או יוצא לנו אופנים אמומים

צורה 93, את האופנים בעלי היתדות נוכל לתאר לנו לשיטת נושאים (המכונה ויסעס)

צורה 94.

צורה 95.

צורה 96.



שמספר זרועותיה הוא כמספר יתדות האופן, ואת האופן האטום נתאר לנו לשיטת נושאים שמספר זרועותיה הוא גדול לבלי תכלית, אם יהיה אלכסון האופן גדול פי שנים מאלכסון הסדן והכח יפעל על קצה החבל המקיף את האופן בעוד שהמשא תלוי על קצה החבל

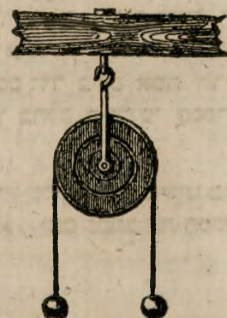
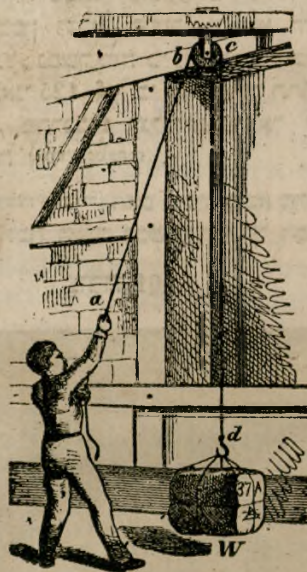
המקיף את הסדן, הלא אז כשיקיף האופן תקופה שלמה אז יורד הכח במדת אורך מקיף האופן למטה אבל המשא יעלה למעלה רק במדת אורך מקיף הסדן, ולכן תרבינה מהירות ודרך הכח על מהירות ודרך המשא כפי ערך גודל מקיף האופן אל גודל מקיף הסדן, ולכן בערך הזה שנפסיד במהירות המשא כן נרויח בכמות משקלה, ולישראל אחת התלויה על קצה החבל הכרוך על האופן, תחזיק בשווי המשקל שתי ליטרות התלויות על קצה החבל הכרוך על הסדן, והוא מבואר לפי חוק הזהב המעכאני § 125, ובחבורנו הגדול חקות שמים וארץ בארנו את פעולות כל מיני האופנים על סדניהם, בין שתכונת קוטריהם המה אופקים כמו אופן החבל (וי' נד), והקרייזאספעל; ואופן הקרני (הקצנהאספעל) צורה 90 ואופן הדריכה (טקסטלד) צורה 94 ואופן המרוץ (ליף נד) צורה 95 ואופן השלבים (ספלטסנלד) צורה 96, וגם אלה שקוטריהם המה זקופים כמו אופן מושך הארצי (סדווינדט) צורה 91 ואופן דריכת הפרים (ספלטסנלד) צורה 92 ואופן הסוסי (ספלטסנלד) צורה 92.

§. 134. הגלגל (קולום). הגלגל הוא לוח עגול הסובב על קוטר דק צורה 97, בית

צורה 99.

צורה 98.

צורה 97.

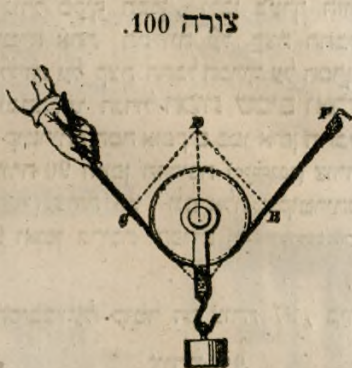


קיבול ידות הקוטר
(ספלטסנלד) יקרא בשם
מספריים (ספלטסנלד קוטר קולום).
הגלגלים המה שנים למינם
קבועים (ספלטסנלד), חוזרים
(ספלטסנלד), קבועים יקראו
הגלגלים שהמספריים
שלחם ישמרו תמיד מקומם

גם כשיתנועע הגלגל; וחוזרים יקראו כאשר גם הגלגלים גם המספריים יתנועעו יחד, הצורה 98 תתאר לנו גלגל קבוע, והצורה 99 תתאר לנו גלגל חוזר, הגלגל הקבוע יפעל בתור נושא בעל שתי זרועות שוות, יען שהמרחק שבין נקודת אחיזת הכח מהמרכז ובין נקודת אחיזת המשא מהמרכז שווים המה זה לזה, ולכן יהיה בו גם כמות משקל הכח שזה

לכמות משקל המשא. אמנם שונים מאד חוקי פעולות הגלגל החוזר מחוקי הגלגל הקבוע, והוא: בהגלגל הקבוע ינשא החבל עם שני משקליו מהגלגל, בעוד שהגלגל החוזר ינשא עם

המשקל התלוי בקרם המספריים מהחבל הכרוך תחתיו, ובאשר שקצה החבל הקשור בהקורה ישא מחצית המשא עליו, לכן לא נשאר להבחין לצנח רק מחצית משקל המשא, ולכן יתערכך פה הכח להמשיא כערך 1:2, ר"ל: בכח ליטרא אחת נוכל להרים משא שתי ליטרות. המשפט הזה הוא מבואר גם לפי חוקי הנושא, והוא: בהגלגל החוזר יפעל הכח על נושא בעל זרוע אחת שארכו הוא כמדת אלכסון הגלגל, בעוד שהמשא התלוי כנגד מרכזו יפעל אך על נושא קצר כמחצית אלכסון הגלגל, ובאשר שזרוע הכח תגדל פי שנים מזרוע המשא, לכן יקטן משקל הכח רק כחצי משקל המשא. כל שאמרנו פה הוא מבואר מאד על פי הצורה 100 והוא: הירד שהיא הכח,

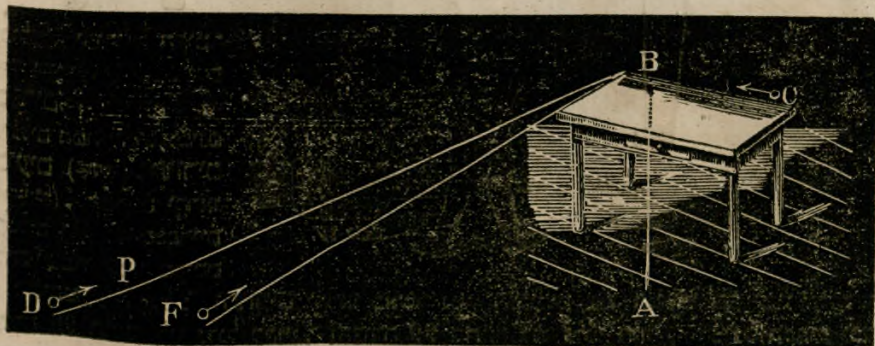


צורה 100.

תפעל על זרוע C B הארוכה כאלכסון הגלגל החוזר, והמשא התלוי כנגד מרכזו יפעל רק על זרוע קצרה כמחצית אלכסון הגלגל, נמשך מזה כי גם הגלגל ישמור את חוקי הנושא שנתבאר לנו § 119 ואת החוק הזהב המעכאני § 125, כי בעוד אשר תתרום היד ברום אמה תרים את המשא אך במדת חצי האמה, מהרכבות הגלגלים יתבאר לנו בחלק השלישי מספרנו זה בדברנו מתכמת תקוני המוכנות (אשכנזי עמ' 100).

§ 135. השמח הנמוי (מיסע טבסנ). אם נגביה משא מהארץ על השולחן בירינו בקו נצב B A למעלה, אז נצרך לנו לכה השווה בכמותו למשקל המשא, ואם נסחב את המשא

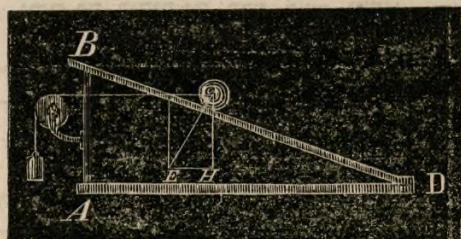
צורה 101.



על שטח אופקי, כמו על לוח השולחן C B, אז יסבול השולחן את כל כובד המשא ורק

(כ"בונג) שבין שטחי המשא והשולחן, אולם אם נעלה את המשא על השולחן באמצעות קרש נמוי המוצב על הארץ וראשו מניע לדרך השולחן B D, או דעת לנכון נקל שבאופן הזה יהיה הערך בין הכח והמשא ממוצע בין שני האופנים הקודמים, ר"ל: ערך הכח להמשא יהיה קטן ממשקל המשא, וגדול משיעור התנגדות החיכוך, ובאופן שכל שתהיה נטית השטח יותר גדולה כן יתקרב הערך יותר לערך הכח הנצרך להנהיגה הקופית, וכל שתהיה נטית

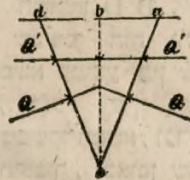
כח קטן ישפוק לנו לנצח את התנגדות החיכוך
צורה 102.



השטח יותר קטנה כן יתקרב הערך יותר לערך הכח הנצרך לסחיבת המשא בשטח אופקי, ר"ל: כח יותר גדול נצרך לנו להנכיח המשא על השטח הנוטה B F, מאשר על השטח הנוטה B D, בהשטח הנוטה צורה 102 יקרא הקו A B בשם גובה השטח, והקו B D בשם אורך השטח והקו A D בשם תושבת השטח, אם תהיה מגמת הכח לפעול בנטיה מקבלת לנטיית אורך השטח הנמוי, כמו נטיית הכח p צורה 101, אז יהיה ערך הכח להמשא כערך גובה השטח לארכו, ואם יפעל הכח בנטיה מקבלת לתושבת השטח הנמוי, כמו בצורה 102, אז יהיה ערך הכח להמשא כערך תושבת השטח לגבהו, ר"ל: אם תהיה התושבת A D גדול ארבעה פעמים מהגובה B A אז יהיה ערך הכח להמשא 1:4. בדרכים המרוצפים באבנים יהיה כמות התנגדות החיכוך שבין אופני העגלה ובין הרצפה אך אחד מחמשים מכובד העגלה, ולכן אם יהיה הר בדרך הזאת אשר מורדו יהיה באופן שיתלקט בו אחד מתוך חמשים, ר"ל: שיהיה אורך השטח הנמוי חמשים אמה וגבהו אך אמה אחת, אז תרד העגלה אחורנית מנסיבת כובדה, והסוס האסור בה יעבור עבודת משנה להעלותה על ההר, והוא: כי תחת אשר על דרך ישרה היה נצרך לו כח אך $\frac{1}{50}$ ממשקל המשא לנצח את החיכוך, יצטרך לו עתה עוד כח $\frac{1}{50}$ ממשקל המשא להעלות את המשא על השטח הנמוי, והוא: אם נחשוב את כח המשיכה (אוגרמזט) אשר להסוס בלכתו במצעדים מורגלים (במחלקה כ"ב סעיף) $140 = 140$ ליטרות, או יוכל הסוס למשוך בהעגלה על דרך סלולה באבנים, משא הכבד $50 \times 140 = 7000$ ליטרות, אולם אם תהיה הדרך במורד באופן שיתלקט בה אחד מתוך חמשים, אז לא יוכל הסוס הזה (מבלי להוסיף על גייעתו פי שנים) להעלות בעגלה כי אם משא 3500 ליטרות בנתיבות. ברור יהיה כמות התנגדות החיכוך אך $\frac{1}{200}$ מהמשא, ולכן אם יעלה מורד הנתיבה אך $\frac{1}{200}$, ר"ל: אם יתלקט בו גבהו מתוך ארכו אך אחד למאתים, אז יוכל הכח הנצרך להעלות את עגלת הקיטור על המורד ההוא, ולכן הוצבו ציונים על נתיבות הברזל להורות להמכוננים (אוסטנסטס) עליית וירידת הרכבים, למען ינעד להם להגדיל או להקטין את כח הקיטור לפי ערך תכונת מדרון הנתיבה.

הצמודים בתושבותיהם ופעולתה היא להפריד חבור חלקי גוף אחד או שני גופים, על ידי התלחצותה בינותם, או גם להדביק שני גופים בלחיצתה עליהם מנסיבת איזה כח הדוחק עליה, להתנגדות שיתנגדו הגופים להפרדה או להתחברות הזאת, נכנה פה ביחוס אל הכח בשם משא, הצורה

צורה 103.



103 תורה לנו יתד שנוכל לחשבה שהיא מורכבת משני המשולשים נצבי הזויות $a b c$ גם $d b c$, הצלע $d a$ יקרא בשם גב היתד (פיקטן) והצלע $b c$ בשם גובה היתד. לפי השתנות תבנית המשולשים שהיתד הורכבה מהם תקרא היתד בשם שוה הצלעות, אם כל שלש צלעותיו תשוונה בה, אולם אם רק שתיים מהנה שוות הנה תקרא יתד שוה השוקים, היתד שלפנינו היא שוה השוקים, אם נתבונן על פעולת היתד, או נמצא שהכח יפעל עליה בנמטת תושבת השטח הנמטי שלה והמשא יתרחק כרחוק הנקודות המקבילות משני שטחי היתד, אם נלחץ את היתד כולה בין שני שטחים, או נמצא שבעוד שהתנועע הכח בהדרך $c b$ עבר המשא בהדרך $d a$, ולכן יתערך ערך הכח להמשא בהיתד כערך רוחב גב היתד לקומתו, את פעולת היתד נראה בכלים רבים, כמו: בהסכין, הגרון, המספריים, ובכלל בכל כלי הכריתה (פנידעצמקלינג) את מכבש היתד (קילפכסס) ואת אופן הרכבתה עם מוכנות אחרות יתבאר לנו בחלק השלישי מספרנו זה.

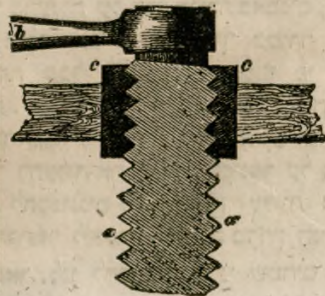
שאלה. כמה היא הלחיצה שנוכל ללחוץ בכח 360 ליטרות בעזרת היתד שרוחב גבה הוא 4 אצבעות ואורך כל אחד משני שוקיה הוא 15 אצבעות? (אם לא נביא בחשבון את כמות התנגדות החיכוך).

תשובה. לפי האמור למעלה, יהיה ערך הכח להמשא בהיתד, כערך רוחב גבו לאורך שוקיה, לכן תצא לנו פה המערכה הזאת:

$$360 : 15 = 24 \text{ מ}, \text{ לכן } 24 \times 15 = 360 \text{ ליטרות.}$$

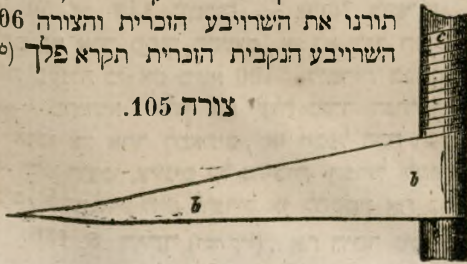
§. 137. השרויבע. אחת מהמוכנות היותר נכבדות היא השרויבע צורה 104, שני מיני שרויבען הן: זכר ונקבה (מקבליט מונד וויבליט), השרויבע הזכרית היא שטבעות מקיפה בולטות בה, והשרויבע הנקבית היא שטבעותיה תקוקות ושקועות בתוך הללה ועשויות לקבל בהנה את מקיפי השרויבען הזכריים, הצורה 104

צורה 104.



תורנו את השרויבע הזכרית והצורה 106 את השרויבע הנקבית הזכרית תקרא פלך (ספינדל)

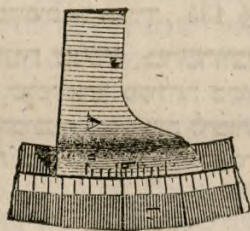
צורה 105.



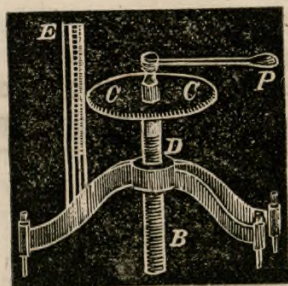
(ה) למדוד על ידן מדידות מדויקות מאד ולחלק על ידן את קנההמדה לחלקים שווים קטנים מאד כאשר יתבאר לנו בהסימן הבא.

§. 139. אופן המדידה בהשרויבע. מדידת המרחקים בעזרת השרויבע נוסדה על המשפט שנתבאר לנו § 137, והוא: בהשלים השרויבע תקופה שלמה יעלה או ירד המשא בשיעור המרחק שבין מקף למקף. והנה אם נצייר לנו שמרחק המקפים בהשרויבע צורה 109 הוא 1 ליניע, ואורך הנושא $P = 7$ אצבעות, אז יעבור קצה הנושא P בהקיפו תקופה שלמה דרך ארוכה 44 אצבעות, או 12×44 ליניען $= 528$ ליניען, ואם נעשה עיגול שאלכסונו הוא 14 אצבעות ונקבע השרויבע במרכזו, באופן שקצה הנושא P יגיע עד קצה המקף המחוּלָק על 528 חלקים שווים, (הצורה 110 תורנו חלק מהעיגול הזה), והנה בהעתיקנו את קצה הנושא במרחק חלק אחד מחלקי העיגול שהוא $\frac{1}{528}$ מאורך המקף השלם, תתרומם או תרד השרויבע

צורה 110.



צורה 109.



ליניע ארת ימצאו 35 מקפים, אם נחבר לשרויבע דקה כזאת נושא ארוך $10 \frac{1}{2}$ אצבעות, או תהיה מדת

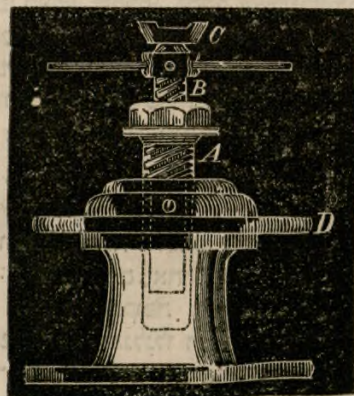
מעגל תקופת הנושא $= 66$ אצבע, וכשנהלק המעגל זה לחלקים שווים שמדת כל אחד היא 1 ליניע (כרוחב החמה) או יצא לנו $12 \times 66 = 792$ חלקים, וכשנעתיק קצה הנושא במרחק חלק אחד או תעלה או תרד השרויבע בגובה $\frac{1}{792} \times \frac{1}{35} = \frac{1}{27720}$ ליניע, והוא: יען שאלו הקיף הנושא תקופה שלמה כי עתה היה שיעור העליה או הירידה $= \frac{1}{35}$ ליניע, ועתה כאשר נעתק הנושא אך חלק $\frac{1}{792}$ מהתקופה השלמה, יהיה גם שיעור העליה או הירידה רק חלק $\frac{1}{792}$ מחלק $\frac{1}{35}$, ר"ל: אם נחלק 1 ליניע לראשונה על 35 חלקים ונקח חלק אחד מהחלקים האלה ונחלק אותו שנית על 792 חלקים, או יהיה חלק האחד מן 792 החלקים כשיעור העליה או הירידה, ומדת החלק הזה היא $\frac{1}{27720}$ ליניע, אם נציג השרויבע הזאת על שלחן ישר ונקח מחוגה ונקבע רגלה האחת בהשלחן, והשנית בפלך השרויבע באופן שהתנועת המחוגה בתנועת השרויבע, אז נוכל למדוד בה כמותי הגופים הדקים, והוא: נרחיב מעט את רגלי המחוגה ונתן את הדבר שנרצה למדוד כמותו על הרגל ההתחונה הנחה ונוריד את רגלה השנית על ידי תקופת נושא השרויבע עד שתגיע בעצם גם הרגל המתנועת, ואחרי כן נסיר את העצם הנמדד מבין רגלי המחוגה, ונקיף הנושא ונמנה את מספר החלקים שנעתק קצה הנושא (במעגל תקופתו) עד שהגיעה רגל ברגל, ר"מ: החכם יאהאן מיללער מזכיר בדברו מסגולת ההתחלקות שעובי חומי השערה מהצמר הפשוט הוא $= \frac{1}{50}$ ליניע

ישל צמר מערינא $\frac{8}{1000}$ ושל משי $\frac{4}{1000}$ ליניע, והנה במה ישאל הקורא לנפשו: איכה נוכל לצמצם בדיוק מדות קמנות כאלה? אמנם בהקדע לו אופן המדידה בהמיקראמטערשרויבע, יבין שנקל למדוד הברל עובי חושי השערות האלה כאשר נקל למדוד הברל עובי קורת בית הבר, והוא: נשים את שער הצמר בין רגלי המחוגה שנתחברה להשרויבע שהבאנו פה למשל, ונוריד רגל המחוגה עד שתגיע בחשערה, וזה נודע כאשר נוכל למשוך השערה אנה ואנה בהתחככות מעט, ואז נסיר השערה מבין רגלי המחוגה ונוריד את הרגל על ידי תנועת השרויבע עד שתגיע שנית רגל ברגל. והנה מספר החלקים שעבר עליהם הנושא מעת הוסרה השערה עד התדבקות הרגלים יורה לנו את מדת עובי השערה, ד"מ: אם יהיה מספר החלקים שעבר עליהם הנושא (אחרי שהוסרה השערה) למען דבק רגל ברגל $= 35$ אז יהיה עובי השערה $\frac{1}{792}$ ליניע, ואם נמדוד שער אחר מצמר עב ויהיה נצרך לנו להעתיק את הנושא 280 חלקים אז יהיה עובי $\frac{1}{198}$ ליניע. תועלת המיקראמטער רבה מאד לחלק את הקו לחלקים דקים מאד. ההכס פרויענהאפער חלק מדת רוחב האצבע על 32000 חלקים, על ידי המיקראמטער נמדוד את העצמים הדקים שלא יתראו בעיני בשר רק בזוכית מגדלת היותר טובה, באופן הזה מצאו את מדת כדורי הרים (באלקסונס) שאלכסונם הוא לפי הברל מיני החיים מן $\frac{1}{396}$ עד $\frac{1}{860}$ ליניע, וכמות חיות היציקה (מינעווקסיס) שארבעים אלף מיליאן מהם יכולו 1 אצבע מעוקבת, גם ימדדו בו את הזוויות הקמנות עד $\frac{1}{4}$ זעקונדע (העיגול יחלק על 360 מעלות, כל מעלה $= 60$ מינוטען, כל מינוטען $= 60$ זעקונדען) אם נשער לנו עגול כזה שגודל הזעקונדע בו הוא 1 ליניע (כרוחב החמה) אז יהיה אורך מקיף העיגול 1296000 אצבעות $= 108$ אלפים רגל, ומדת אלכסונו $= 34100$ רגל $= 9 \frac{3}{4}$ ויערסם בקרוב, מרת $\frac{1}{2}$ זעקונדע על כדור הארץ היא מתחת לעיגול המשווה $= 50$ רגל, ומתחת לעיגול הרוחב (בנייטנגלד) $= 60^{\circ}$ $= 25$ רגל.

§. 140. שרויבע היתרון (דיפערנציאלטוריס).

כאשר ראינו בהסימן העבר נוכל למדוד בהמיקראמטערשרויבע מרחקים דקים מחוט השערה, (א) על ידי הקרבת מקיפיה, (ב) על ידי הגדלת אורך הנושא המחובר אליה, או בכלל על ידי הגדלת ערך מקיף השרויבע לגובה מקיפיה, וכן נתבאר לנו (§ 137) כי בהגדלת הערך הזה נוכל להרים משאות גדולים בכחות קטנים, אמנם הטבע תשים גבולות עוים לשתי קצוות הערך הזה, ולכן לא נוכל להגדילו ככל הפץ לבנו, יען כי בהמעיטנו את גובה המקיפים נמעיט גם את חוקם, ועל ידי התארכות הנושא יגדל גם מקום ומשקל המוכנה. אמנם תכמת האדם גברה מאד להרים

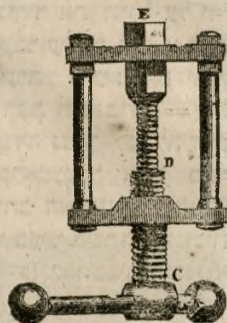
צורה 111.



גבולות הטבע, וגם פה לא אזלת ידה למצוא תחבולה להרחיב פעולת השרויבע מכלי

להקטין חוקה ומבלי להגדיל כמותה, הצורה 112 תורנו את השרויבע בהכנה נאותה לזה, והיא הנקובה בשם **שרויבע היתרון** (דיסטנציונל אפרייבס), בהצורה שלפנינו נתחברו שתי שרויבען בולמות השונות בגובה מקיפיהן ואשר תנועת האחת היא ממטה למעלה, והשנית ממעלה למטה, והנה נקל להבין שאלו היה גובה המקיפים בשתי השרויבען שוה, אז היו עומדות בכל משך תקופתן בגובה אחד, ואם יהיו מקיפי השרויבע האחת גבוהים מבהשנית, אז תעלה או תרד האחת בשיעור יתרון גבהה, יתבונן נא הקורא בהצורה 112 ויתאר לו

צורה 112.



c d לשרויבע עבה מתנועת באם השרויבע שבמפתן ההכנה (מקריבסונג), d E השרויבע הרקה ממנה קבועה בקצה העליון (המרובע) במשקוף ההכנה, השרויבע c d היא חלולה ובתוכה נחקה שרויבע נקובה, המקבלת בה את השרויבע הזכרית d E ובהתנועתה c d למעלה תרד d E למטה, ולו היה גובה מקיפיהן שוה כי עתה היתה העליה שוה להירידה, אמנם באשר שגובה מקיפי c d העולה למעלה יגדל מגובה מקיפי d E היוורת למטה, לכן יהיה שיעור העליה כגובה c d פחות גובה d E, ר"ל כיתרון גובה המקיפים, ובערך היתרון הזה יהיה גם ערך

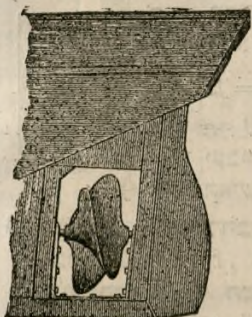
הכח להמשא בהמוכנה הזאת, ר"ל: ערך המשא להכח הוא כערך עיגול תקופת הנושא האחוז בהשרויבע לערך כמות יתרון העליה על הירידה, ולכן נוכל להרים בה משאות גדולים בכחות קטנים, או למדוד בה שיעורים דקים למאד, גם כשהיו חלקי השרויבען חזקים ומקיפיהן עבים, ד"מ: נעשה גובה מקיפי c d = 40 וגובה d E = 39 $\frac{4}{5}$ מיללע', שיעור היתרון יהיה $\frac{1}{5}$ מיללעמעטער ונחבר לה נושא אורך $1\frac{1}{5}$ מעטער, כמות מעגל תנועתו יהיה 6600 מיללעמעטער, ערך יתרון גובה המקיפים למול מעגל הנושא הוא כערך $\frac{1}{5}$ אל 6600 = 33000, לכן האיש שבכחו לסבב השרויבע בכח מאה ליטורות מגביה על ידה 3300000 ליטורות = ואם נקבעה השרויבע הזאת במרכז עיגול שאלכסונו הוא $2\frac{1}{10}$ מעטער, ומקיף העיגול מחולק על מיללעמ' או נוכל למדוד בעזרתה מרחקים דקים $\frac{1}{33000}$ מיללעמעטער. גם השרויבענווידע (צורה 111) היא שרויבע היתרון, אמנם משונה בתבניתה מהשרויבע שבארנו, ודרכי פעולתה בארנו בספרנו חוקות שמים וארץ.

§. 141. חומט המים (וואססערטענקסטק). הצורה 113 תורנו את חומט המים (וואססערטענקסטק)

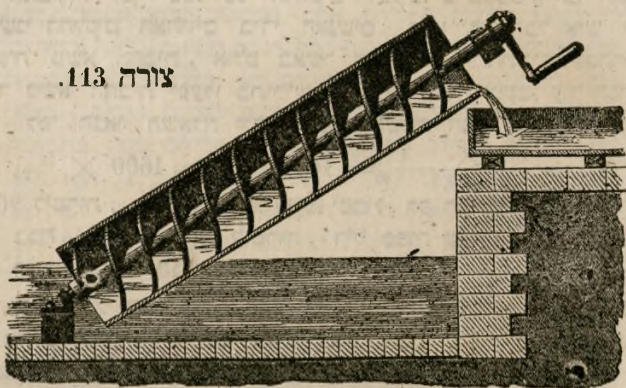
טענקסטק) שהמציא החכם ארכימדס הוני, (אשר חי במאה הארבע לאלף החמישי), תועלת השרויבע הזאת היא להעלות המים מעומק לגובה, והוא: בהתחיל האיש להניע השרויבע אז יבואו המים שבתוך מקיפה התחתון אל העליון ממנו, ומים אחרים יבואו במקיף התחתון, המים שבמקיף השני יתגלגלו במורד על ידי תקופת השרויבע להמקיף השלישי, והמים שבמקיף הראשון יבואו אז אל השני, כה יתגלגלו המים ממקיף למקיף עד אשר שבהשלימה השרויבע מספר תקופות כמספר מקיפיה נזובו המים מהמקיף העליון לתוך המקוה שהוכנה להקוות בה, וזיבת המים לא תפסק כל עוד שלא תפסק תנועת השרויבע. הצורה 114 תורנו את השרויבע המניעה את אנית הקיטור אשר פעולתה התבאר

לנו בספרנו החום והאור בדברנו על אניות השרויבען המתנועעות בכח הקיטור.

צורה 114.



צורה 113.

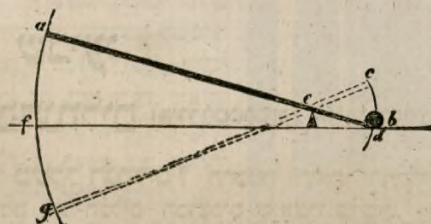


§. 142. שאלות שונות בפעולות המוכנות הפשוטות. א) שאלה. בהנושא a d.

צורה 116.



צורה 115.



צורה 115 נתלה המשא b הכבד 26 ליטות במרחק 2 אצבעות מן c, באיזה מרחק a c יפעל הכח שמשקלו = 4 ליטות בהחזיק את המשא b בשווי המשקל עד שתהיה תכונת הנושא f b ?

תשובה. לפי § 119 (משוה ג') יהיה א

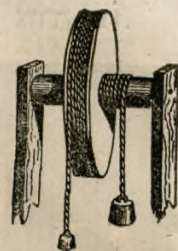
$$13 = \frac{52}{4} = \frac{2 \times 26}{4} =$$

(ב) שאלה. שני אנשים צורה 116 המעלים בשני חבלים חבית כבדה 1600 ליטות בכבש (סמססס) שקומתו היא 15 רגל, יארכו הוא 25 רגל, כמה הוא הכח שנצרך לכל אחד להחזיק בו את קצה החבל שבירו ?

תשובה. כאשר שכל אחד מהחבלים הוא נקשר בקצהו האחד אל המפתן A, לכן תהיה עבודת האנשים כאלו פעלו על גלגל חזור § 134, והוא: יען שהחבית

חכמת שווי משקל הנוזלים

תנשא מהחבלים הכרוכים תחתיו שיהלכו לארבעה חלקים השווים בכמות סבילתם את צורה 117.



כובד החבית, לכן ישאו שני החלקים הנקשרים בהמפתן בד כבד כמו שני החלקים האחרונים בידי האנשים, ולכן יסבול כל איש אך כרביעית משא החבית, אולם באשר שהחבלים התחתונים הנמתחים מכובד משא החבית יפעלו בתור שמה נטוי, לכן יתמעט עוד הכח, והוא: לפי תנאי השאלה ולפי משפטי השטח הנטוי § 135 יהיה

$$4800/\frac{5}{5} = \frac{1600 \times 3}{5} = 1600 \times \frac{3}{5} = 1600 \times \frac{15}{25} = 960$$

ליטרות, ובאשר שכל איש יסבול רק רביעית המשא, לכן יעבוד בכח $\frac{960}{4} = 240$ ליטרות, ר"ל כמות עבודתו הוא כעבודת האיש הנושא משא 240 ליטרות בידי.

ג) שאלה. בקצה החבל הכרוך על הסדן צורה 117 שאלכסונו הוא 1 רגל, נתלה משא כבד 1200 ליטרות, כמה צריך להיות אלכסון האופן אשר בכח 48 ליטרות שנפעל עליו נחזיק בשווי המשקל את המשא?

תשובה. לפי § 133 יהיה $48 \times \text{אלכסון האופן} = 1200 \times \text{אלכסון הסדן}$, לכן $48 \times \text{ז} = 1 \times 1200$, לכן $\text{ז} = \frac{1200}{48} = \frac{1}{48} \times 1200 = 25$ ליטרות.

פרק שביעי

חכמת שווי משקל המנוחה בהנוזלים (הידרוסטטיק) Hydrostatik.

§ 143. כמה תחקור חכמת שווי משקל הנוזלים? ההכמה הזאת תחקור על תנאי שווי משקל הנוזלים ביהוסם אל עצמם ואל הכלים המוצקים שיצרו בהם, ולכן יתבארו על ידה: חוקי לחיצת הנוזלים על דפנות ושולי הכלים המכילים אותם, חוקי תואר שמה הנוזלים, חוקי שווי המשקל בין נוזלים שונים, וחוקי הצפת ושקיעת הגופים בהנוזלים לכל מרבית פרטיהם.

§ 144. מולדת המפות (טלסקופ בידוג) הגופים הנוזלים יבדלו ביחוד מהגופים המוצקים, ברפיון כח ההתקשרות (כחחמיץ) § 68, ולכן יתנגדו אך מעט מוער לכל כח שמגמתו היא להפריד חלקיהם, גם הכובד בלבד יספיק להפריד חלקיהם ולסבוב בהם את ההגרה (מחסימיסדכפוליסט), ולכן לא נוכל לקבץ נוזלים בכמות גדול ולתת להם תמונה קצובה מבלי כלים שדפנותיהם המוצקות תעצורנה את קלות התנועה אשר לחלקי הנוזלים, אולם בכל זאת ישגה החושב כי בהנוזלים אולם יד כח המקשר לגמרי, אך גם חלקיהם יתלכדו ולא יתפרדו כל עוד שלא יתנגד כח זר המפריד התקשרותם, בכמותים קטנים מנוזלים יגדל כח המקשר חלקיהם גם על פעולת כח הכובד, הכובד יפעל אז אך על הגוף השלם ולא על חלקיהם הכבודים המרוחקים אך מעט מוער זה מזה, ולכן יפעלו החלקים זה על זה חליפות בפעולת המשיכה אשר להכח המקשר (כחחמיץ)

(64 §), ובאשר שחבה המקשה הוא נמצא בכמות אחד בכל החלקים השווים בכמותם אם ירחקו כולם במרחק אחד מנקודה מרכזית אחת המשותפת לכולם; ויען שהשתוות מרחק כל נקודות הנגף מנקודה אחת מרכזית בלתי אפשר כי אם בנגף כדורי, לכן יחויב מזה שכמותים קטנים מנוזלים יתלכדו גם המה בתמונות כדוריות, והן הנה המפות שתולרנה בכל מקום שכמות קטן מנוזלים לא יושבת מבה התקשרותו על ידי כחות זרים. האד העולה מן הארץ מתצמצם באויר והיה לעננים ועבים, הלקי העבים יתלכדו ולא יתפרדו והיו לטפות נוזליים אשר כה הכובד יורידם מטה בתמונות אגלי טל ומטר, התמונה הכדורית הוואת אשר לאגלי הטל והמטר הקטנים, היא היא ברמותה ובצלמה גם תמונת גרמי השמים, הארץ הירח השמש וכל הכוכבים המה אך טיפות מוצקות בים העולם הכללי, וכולם היו בראשית יצירתם בגיהם מרהם הרהו ובוהו גופים נוזליים, ולכן נחלו גם הם התמונה הכדורית שנשתנתה אך מעט מועד על ידי תקופתם מסביב לצוריהם והיו לתמונות עליפיות, כאשר תתבאר סבת ההשתנות הוואת באר היטב בספרנו עולם ומלואו.

145. § הנצוק (סטסטה). כל טיפה וטיפה מטיפות הנוזלים שומעת לקול הכובד

והפול אל מקום אשר יהיה רוח הכובד לקשכן, לכן אם תפולנה

טיפות רבות רצופות בזו אחר זו, או תתראינה לנו בתור קו נוזלי

ארוך המכונה בשם נצוק (סטסטה), אולם הנצוק הזה איננו חוט נוזלי

בלתי נפסק כאשר יתראה על פי מרמת חוש הראות, רק הוא

הרכבה מטיפות בודדות הרודפות אשה את אחותה בנפילתן, המרמה

תודע לנו כאשר נביט על הנצוק העובר לפני קיר השוך,

והוא: מן a עד m צורה 118 יתראה לנו בתמונת קו נוזלי שקוף

רחב מלמעלה וצר מלמטה, לעומת h יתרחב שנית ובמקום ההוא

יתראה לנו עכור (טרי) ובאלו הוא מורכב מגלדים רבים המקיפים

בלי סדרים איש את אחיו, ומשם ולמטה יתקצר ויתרחב שנית,

אולם גם החזיון הזה הוא אך תולדת מרמת החושים, אשר סבתו היא

מהירות העברות הטיפות הבודדות (פעם בהתרחבן ופעם בהתקצרן)

מלפני עינינו, ואשר כל אחת מהנה תשאיר רושם מורגש על רשת

עינינו, ואשר לא ימחה עוד גם כאשר תבוא הרגשת הטיפה השניה

להתאר על עור הרשתי, ושתי ההרגשות: העוברת וההנה, תתאחרנה

להרגשה בלתי נפרדת, כאשר יתבאר בספרנו חוקות שמים וארץ,

מרמת חוש הראות כזאת נהוה גם כשנעביר אנה ואנה פחם בוער,

כי יהל להתראות לנו בצורתו האמתית אך ידמה לנו כאלו עמוד

אש ארוך בלתי נפסק עומד ומאיר לפנינו, כאשר יתבאר בספרנו

החום והאור, הצורה 119 תורה לנו את הכריתה הוקפית (טנקטסטסטר

קוטסטסט) מנצוק הנוזלים בתמונתו האמתית.

146. § משפט פאסקל (דטר טסקליט וטלי). מסבת בלתי יכולת הנוזלים

צורות

118

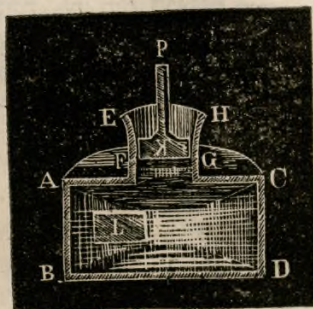
119



להתצמצם רק בשיעורים קטנים ובכחות גדולים למאד, כמו שנתבאר לנו § 98 תתפשט

צורה 120.

כל לחיצה כהרף עין בכמות נוזלים הנמצאים בכלי סגור
בכל חלקי הנוזלים לכל רווחותיהם בכח שווה לפי § 30.
את המשפט המהולל הזה גלה לראשונה המהנדס הצרפתי
בלאזיאוס פאסקאל. ואמתתו נתבאר על ידי הכלי
צורה 120, והוא: בצואר הכלי E F G H ימצא העלי
(קלמן) I P שהכח P ילחץ עליו, ואם יהיה כמות הכח
הלוחץ = 1 ליטרא, וכמות שטח חותם העלי הרוק
את המים = 1 אצבע מרובע, אז יקבל גם כל אחד
מחלקי השטח הפנימי שגדלו הוא 1 אצבע, לחיצה בת
ליטרא אחת, ולכן כמספר הפעמים שיגדל השטח
השלם מהכלי משטח העלי הלוחץ, כן במדה
ההיא תגדל גם הלחיצה שתלחצנה כל דפנות
הכלי ושוליה מכמות הלחיצה שילחץ השטח
מהנוזלים שמתחת להעלי, ולכן כל עוד שיגדל שטח

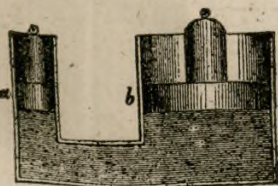


העלי הדחוק בו, כן יתרבה כמות לחיצת הנוזלים בהכלי כולו על
כמות הלחיצה שנלחץ רק העלי, ד"מ: אם נניח שאחד מחלקי שטח הכלי
הגדול בכמותו כשטח העלי הוא גם כן מתנועע, כמו החלק L שבהצורה, ואם ילחץ
העלי K במדת 1 אצבע פנימה, אז ילחץ החלק L במדת 1 אצבע החוצה, ואם נניח
שכל הרופן A B או התושבת B D הוא מתנועע על פני כולו,
וכמות שטחם הוא 100 אצבעות מרובעים, בעוד שכמות שטח
העלי יגדל אך 1 אצבע, אז דעת לנבון נקל שבעוד שילחץ העלי
פנימה בעומק 1 אצבע, אז ילחץ כל הרופן החוצה במרחק
 $\frac{1}{100}$ אצבע, ולכן ישמרו גם הנוזלים את חוק הוחב המעכאני
(§ 116, § 125), והוא: כל שנרויח בהכח נפסיד בהזמן.
כי בעוד שילחץ העלי K פנימה בכח משקל כבר אחד, ילחץ
הרופן בכח מאה ככרים החוצה, אולם תחת שעבר בזמן הזה
העלי במרחק אצבע שלמה יעבור הרופן
רק $\frac{1}{100}$ אצבע.

צורה 121.



צורה 122.



§ 147. בחינת אמתת לחיצת הנוזלים על

דופני ותושבות הכלים. כל מה שנתבאר לנו בסימן
העבר, נוכל להראות במופת גם על ידי הבחינה המנודת
(מטריקס) בעזרת ההכנה צורה 121, והוא: אם
נרצה להעלות את החותם הסותם את השפופרת הצרה,
בכח הדחיקה שנדחק על הרופן המתנועע a b צורה
121, אז נצרך לזה כח גדול שיש בו להניע עמוד מים a b c d, אמנם במדה ההיא

121, אז נצרך לזה כח גדול שיש בו להניע עמוד מים a b c d, אמנם במדה ההיא

שנפסיד פה בהכח נרויח בגובה העליה, והוא: אם יהיה שטח הרופן $= 12$ אצבעות מרובע, ושטח עמוד המימי העולה בהשפופרת 1 אצבע מרובע, או בהלחץ הרופן פנימה במרחק אצבע אחד יעלה עמוד המים בהשפופרת בגובה 12 אצבעות, וכן אם נלחץ את החותם b צורה 122 למטה, או יעלה החותם a למעלה, וכאשר יהיה שטח $b = 12$ רגל ושטח a רגל אחת, או אם נרחק את החותם b בעומק 1 אצבע למטה, יעלה a בגובה 1 רגל למעלה, ובאשר שלחיצת a b פנימה ועליית המים בהשפופרת תהייה בזמן אחד, לכן יתאמת גם פה המשפט הנפלא § 125: כל שנרויח בחזמן נפסיד בהכח.

§. 148. סבת לחיצת הנוזלים לכל עבריהם. אם נשים על השלחן שורות אחדות

של כדורים זו בצד זו, ועל גביהן נשים עוד שורות כדורים ואחרי כן נשים עליהן גוף כבד הלוחץ עליהן מלמעלה למטה, או ילחצו הכדורים לא לבד ממעלה למטה, אך גם ימין ושמאל, כמו שתורנו הצורה 123, וזהו: לפי שכל שני כדורים יגעו זה בזה רק בנקודה אחת, ולכן תספיק כל נגיעה קלה להדוף אותם ממקומם ובהלחץ הכדור למטה בין שני כדורים, ירחק את האחד לימין ואת השני לשמאל, ככל התזוין הזה שראינו בהכדורים המוצקים, נראה גם בהחלקים הנוזלים

צורה 123.



שתבנית כלם היא כדורית, כאשר תתראה לנו תבנית השיפות הנושפות שתקרנה מהנוזלים כמבואר (68, 74, 144, § §).

§. 149. הלחיצה-התושבתית (באדנדוקק) והדופנית (ויטטנדוקק). הלחיצה-

התושבתית והדופנית שילחץ בה איזה כלי מחוץ נוזלים, תתערך לגודל השטח הנלחץ, ולגובה עמוד הנוזלים שממעל להשטח הזה, הצורות 124, 125, 126, 127,

צורה 125.



צורה 124.



תורינה ארבעה כלים השווים זה לזה בכמות לחיצת-תושבתת, יען שכל הכלים האלה שווים המה זה לזה גם בשטחי תושבותיהם ונבחה הגם שישתנו מאד במדת מכילתם, כן תוכל להחזיק הקדרה צורה 127 עשר פעמים יותר נוזלים מהבקבוק צורה 126, ובכל זאת ישוו בכמות לחיצת-תושבתתם, יען ששוים המה בגבהם ובשטח תושבותיהם, הצורה 128 תורנו הכנה שעל ידה נראה בחוש את אמיתת המשפט הזה, והוא: הנושא בעל שתי זרועות ישא על קצהו A כף מאזנים, ועל קצהו B

לוח מתכותי עגול, שיחזיק בשווי המשקל את הכף הרקה, האותיות a b c d יתארו לנו ארבעה כלים מפולשים ושווים זה לזה בשטחי תושבותיהם, ואם ינתן אחד מהכלים ממעל להזרוע B ובכף המאזנים ינתנו משקלים, או ילחץ הלוח העגול לתוך הכלי מתחת ויסתום

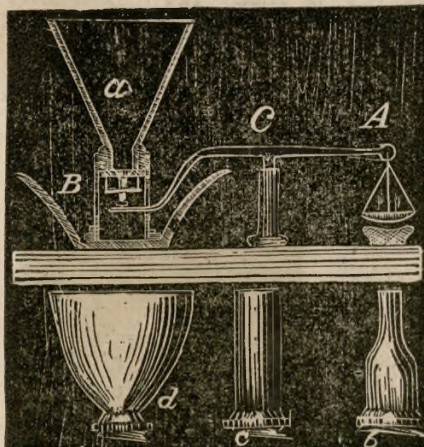
הכמת שווי משקל הנוזלים

אותו, והנה: אם יהיה לארבעה הכלים האלה גובה אחד, ונמלא כל אחד מהכלים

צורה 126.

צורה 127.

צורה 128.



במים ונתן אותם בזה אחר זה על הלוח B, או יוצרך לנו משקל אחד להחזיק בשווי המשקל את הלוח הסותם את תושבות כל ארבעת הכלים לבל ישפכו מימיהם, ר"ל המשקל הנצרך לנו לסתימת הכלי C, יוצרך לנו גם לסתימת הכלי b הקטן ממנו, או a הגדול

ממנו; ושיעור המשקל הזה הוא כמשקל עמודים ששטח תושבתו הוא כשטח הלוח הסותם, וקומתו היא כקומת הכלים האלה. משקל הרגל-מעוקבים במדה ובמשקל ארץ רוסיא היא $69 \frac{18}{100}$ ליטרות; ולכן אם יהיה שטח-תושבתו מאותה כלי $1 = 1$ רגל מרובע, וכמות גבהו $3 = 3$ רגל רוסיות, אז יהיה כמות לחיצת-תושבתו $207 \frac{52}{100} = 69 \frac{48}{100} \times 3$ ליטרות רוסיות, בין שיהיה שטח פני הכלי מלמעלה עשר רגל מרובעות או אצבע אחד.

§. 150. באור סבת השתוות הלחיצה התושבתית בכלים השונים במכילות

חלליהם והשוים בשטח תושבתם וגבהם. אחרי שבארנו אמיתת המשפט הזה על ידי

הנסיון נבאר אותו גם בעיון, והוא: כל הכלים הנמצאים 'בעולם נוכל לחלקם ביהם לחיצת-תושבתם לשלושה מינים, והמה: (א) כלים ישרים כגון הצורה 124, (ב) כלים הולכים ומתרחבים לכול התושבת, צורה 129, (ג) כלים הולכים וצרים לעומת התושבת, צורה 130, והנה בכלים ישרים יבין כל איש

מדעתו שבמות הלחיצה-התושבתית הוא שווה להמכפלה הנולדת מכפילות כמות עמה

צורה 131.

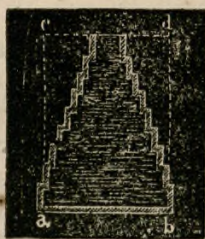
צורה 130.

צורה 129.

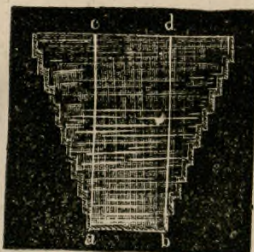


תושבתו עם גבהו, יען שבהם תשוה להציצה בד בכר למשקל המים שיכילו, אולם כל איש ידרוש מאתנו מופת על אמיתת משפטנו שגם בהכלי ההולך ומתרחב למעלה, צורות 130 131 תשוה להציצה התושבתית רק למשקל עמוד המימי $a c$ שקומתו ושטח תושבתו ישוה אל שטח תושבתו והגובה מהכלי צורה 124, ומשקל המים אשר מימין ומשמאל העמוד $a b c d$ צורה 130 לא ידחקו מאומה על תושבת הכלי $d b$, למען נבין אמיתת המשפט הזה נצייר לנו לראשונה כלי שהולך ומתרחב למעלה כתבנית סולמות צורה 132, והנה: פה נבין בנקל שחלק התחתון מהתושבת $p q$, יסבול אך את משא עמוד הנוזלי $p q e m$, בעוד שהמים הנותרים בהכלי הסובבים את העמוד הזה ינשאו מחלקי השטחים $r n, o n, o s$.

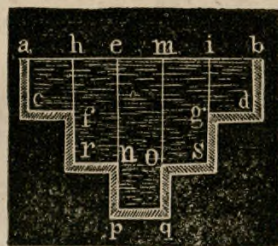
צורה 134.



צורה 133.

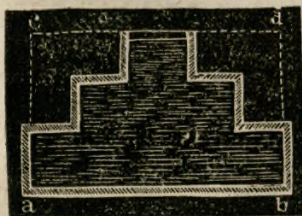


צורה 132.

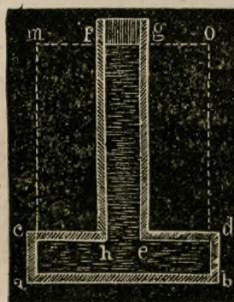


$d g$, והנה: גודל הסולמות האלה לא מעלה ולא מוריד לאמתת ההוכחה הזאת, ולכן נוכל לתאר לנו גם הסולמות קטנות מאד כמו בצורה 133, והתושבת $a b$ תשא אך את משא העמוד $a b e d$, ואת הכלי צורה 131 נוכל לתאר לנו שהוא כלי שסולמותיו קטנות הנה לבלי תכלית. גם הכלים ההולכים וצרים למעלה ילחצו בתושבותיהם במשקל עמוד נוזלים השווה לשטח תושבתם וגבהם, הכלי צורה 134 יסבול להציצה כמשקל עמוד מימי $a b e d$, והוא: אם להכלי $a b c d$ תרחב צורה 135 מחוברת באמצעיתו שפופרת ארוכה וצרה $h e f g$ ואם נמלא את הכלי עד פי השפופרת בנוזלים, אז דעת לנבון נקל שלראשונה תסבול תושבת הכלי $a b$ את משקל העמוד $a b e d$, אולם לפי שהעמוד הזה ילחץ עוד מהעמוד $f g$ שילחץ בכובד משקלו על השפופרת $h e$ (שטח), והלהציצה הזאת תעבור בכל הנוזלים הממלאים את הכלי תרחב $a b c d$, באופן שכל אחד מחלקי השדרה העליונה השוה בכמותו לשטח השפופרת

צורה 136.



צורה 135.



משקל העמוד $a b e d$, אולם לפי שהעמוד הזה ילחץ עוד מהעמוד $f g$ שילחץ בכובד משקלו על השפופרת $h e$ (שטח), והלהציצה הזאת תעבור בכל הנוזלים הממלאים את הכלי תרחב $a b c d$, באופן שכל אחד מחלקי השדרה העליונה השוה בכמותו לשטח השפופרת

יסבול לחיצה הגדולה בכמותה כמשקל עמוד הנוזלי $f g h e$, ולכן יסבול חלק מהתושבת $a b$, השווה בכמות שטחו להחלק $h e$, לחיצה השווה בכמות משקלה כעמוד הנוזלים השווה בגובהו אל $h f \perp c a$, ולכן יהיה שיעור לחיצת התושבת השלם $a b$, כמשקל עמוד הנוזלים $a b m o$, ונקל להבין שגם הכלים צורות 130, 134, 136, ילחצו כמשפט הזה.

§. 151. השתנות הלחיצה התושבתית על ידי הפיכת הכלים בעלי תושבות

השינויות בכמותן. מהמבואר לנו § 150 יוצא לנו שבכמות אחד ממים ובכלי אחד, נוכל להוליד לחיצות תושבתיות השונות מאד בכמותן, ד"מ: אם יהיה הכלי צורה 136 גבוה 3 רגל ומלא מים על כל גדותיו וסתום משני עבריו, ואורך צלע מתושבתו הרחבה = 6 רגל, ואורך כל צלע מתושבתו הצרה = 1 רגל, אז יהיה כמות הלחיצה שילחצו המים על תושבתו הרחבה = $3 \times 6 \times 6 \times 70 = 7560$ ליטרות, (אם נחשוב את משקל רגל המעוקבת מים במדה ובמשקל ארץ רוסיא = 70 ליטרות), אולם אם נהפך את הכלי ונציגהו בתושבתו הצרה למטה, אז יהיה כמות הלחיצה התושבתית בו רק = $3 \times 1 \times 1 \times 70 = 210$ ליטרות, והנה על ידי הפיכת הכלי בלבד נשתנה הלחיצה בשיעור = $(7560 - 210) = 7350$ ליטרות, והוא ערך הלחיצה מהתושבת הרחבה ללחיצת התושבת הצרה הוא כערך 36 אל 1, והנה מבלי להוסיף בהכלי אף טיפה אחת, ומבלי להגדיל הכלי אף כמלא רוחב חוט השערה, נגדיל את הלחיצה התושבתית (בהפכנו את הכלי מתושבתו הצרה ונעמידהו על תושבתו הרחבה) בשיעור 7350 ליטרות, וכמו כן נוכל להקטין גם את הלחיצה התושבתית מהכלי בשיעור 7350 ליטרות, (אם נהפכו מתושבתו הרחבה ונעמידהו על תושבתו הצרה) מבלי לגרוע אף טיפה אחת מהנוזלים, או להקטין את הכלי כמלא רוחב השערה.

§. 152. מכבש הנוזלים להחכם רעאל. מהמבואר לנו סימן העבר ראינו ונוכחנו

שנוכל להוליד בכלי מלא נוזלים לחיצה תושבתית הגדולה ממשקל כל הנוזלים הנאצרים בהכלי, והתחבולה הזאת העירה את רוח החכם רעאל להמציא מוכנה פשוטה ומועילה מאד לכבוש את העצמים שנרצה להוציא את שמנם או את לחותם מהם, והיא המוכנה הנקובה בשם מכבש המין הרעאלי (כחומר פקטנחף פקטנחף) צורה 137, וזה אופן פעולתה: העצם שנרצה להוציא את לחותו ממנו ינתן בין שני פחי מתכת המנוקבים בתבנית כברה הנמצאים בתוך הצילינדר הרחב $A B$, במסכה הצילינדר A מלמעלה קבועה שפופרת ארוכה וקצרה a , המלאה לה מים עד פיה, והמים המעטים שבתוך השפופרת a ילחצו על המים התחתונים b שבהצילינדר כאלו היו נלחצים ממשקל עמוד מים ששטח תושבתו הוא כשטח מסכה הצילינדר הרחב וגבוהו הוא כגובה השפופרת, ד"מ: אם נניח ששטח תושבת הצילינדר הוא 4 רגל מרובע, וגובה השפופרת הוא 12 רגל, ושטח השפופרת הוא 12 אצבעות מרובע, אז יהיה כמות משקל המים שבהשפופרת ערך 70 ליטרות רוסיות, וגודל הלחיצה שילחץ בה את פני המים שבהצילינדר = $4 \times 12 \times 70 = 3360$ ליטרות, או 84 פוד, ואם יהיה שטח כריתות השפופרת אך אצבע מרובע, וגובהה 12 רגל, ושטח כריתות הצילינדר 9 רגל מעוקבת, אז יהיה כמות משקל המים שבתוך השפופרת אך ערך 6 ליטרות, וכמות לחיצתו = $9 \times 12 \times 70 =$

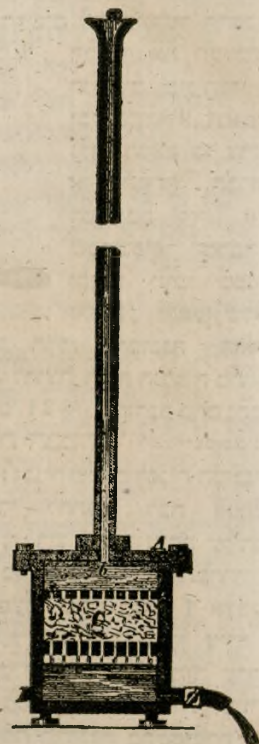
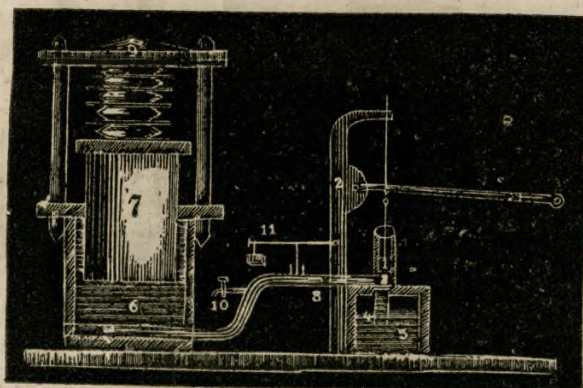
7560 ליטות, או 189 פוד, נמצא שכמות לחיצת המים באופן הזה הוא 1260 פעמים גדול מכמות משקלם.

צורה 137.

§ 153. מכבש הנוזלים (Hydraulische Presse)

(Presse) מסגולת העברת הלחיצה שלהנוזלים, המציא החכם בראמא תחבולה מהוכחה ורבת התועלת, והוא: להרויח בהכח על ירי הקטנת כמות השטח הנלחץ פנימה והגדלת השטח הנלחץ הוצה § 146, הצורה 138 תורנו את מעשה המכבש הזה. בימינו ימצא כלי מוריק-המים הלוחצי (דקוקקסטיס) ומוט העלי (קלובנסטטינג) שלה 1, יקבל את תנועתו מהנושא שנקודת מסבתו הוא 2, וממנו יצא נצב (המנדגין) שהפועל ירחק עליו, בתשובת הצילינדר הער שהעלי 1 יתנועע בו תמצא דלת קטנה 3

צורה 138.

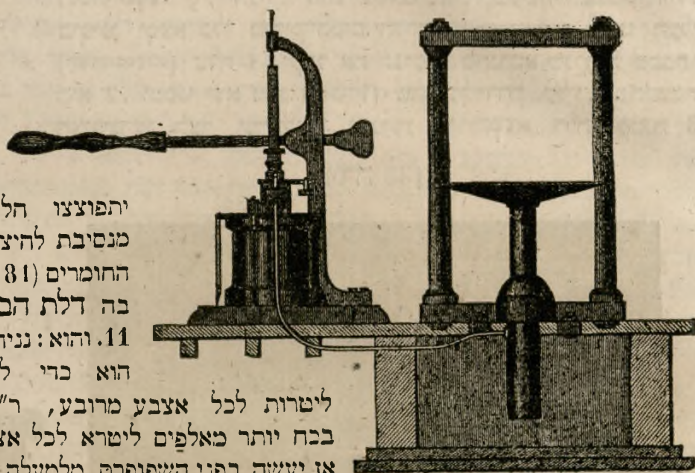


שתוכל להפתח כאשר תשוב על צירה ממטה למעלה, והנה כאשר ירים הפועל את נצב הנושא, אז יתרומם מוט העלי (קלובנסטטינג) והמים יתפרצו לבוא מהמקנה 5 לתוך הצילינדר הער 4 ויפתחו ממטה למעלה את הדלת 3, והמים יתרוממו מתחת להעלי, אולם כאשר ירחק הפועל על נצב הנושא, אז ירד העלי מטה והמים שמתחתיו ילחצו על הדלת 3 מלמעלה למטה ויסגירו אותה והמים הנלחצים בין העלי ובין דלת הצילינדר הער 3, יתפרצו אז לבוא תוך השפופרת הכפופה המחברת את הצילינדר הער הימני עם הצילינדר הרחב 6 השמאלי, וכבוא המים בהצילינדר הרחב 6 ילחצו בתחת להעלי 7 הנקוב בשם עלי הכבישה (פסססקלובסין). בתוך השפופרת הכפופה המחברת את הצילינדר הרחב עם הצילינדר הער תמצא דלת מתנועעת 8 שתוכל להפתח אם ירחקו המים עליה לעומת הצילינדר הרחב, ותקצר אם ירחקו עליה המים לעומת

הצילינדר הצר, ולכן בכל פעם שיגביה הפועל את נצב הנושא יתפרצו המים מהצילינדר 6 ויעלו לתוך השפופרת וסגירו את הדלת 8, ובכל פעם שידחק הפועל על הנצב יתפרצו המים מהצילינדר הצר ויעלו בתוך השפופרת ויפתחו את הדלת 8 ויבואו אל הצילינדר 6. סוף דבר: מהצילינדר הצר יבואו מדי פעם בפעם מים הרשים להצילינדר הרחב, המים יוגבהו וירימו גם את העלי 7 לעומת הקורה של ברזל 9, וילחצו את העצמים הנחונים בין העלי 7 ובין הקורה 9, וכאשר נלחץ העצם כל צרכו אז תפתח הברזא המנוקבת (הסיון) 10 'שבחשופר' המהבר', והמים יזובו ממנה החוצה, ולמען שלא

צורה 139.

צורה 140.



יתפוצצו חלקי המוכנה הזאת מנסיבת לחיצה חזקה הגדולה מחוץ החומרים (§ 81) שהורכב מהם נתקן בה דלת הבטחון (זיכרון) 11. והוא: נניח שחוק דפנות המוכנה הוא כרי להתנגד לכח 2000

ליטרות לכל אצבע מרובע, ר"ל שאם נדחק עליהם בכח יותר מאלפים ליטרא לכל אצבע מרובע יתפוצצו, אז יעשה בפני השפופרת מלמעלה פתח בגודל 1 אצבע מרובע, הפתח יכסה בדלת של ברזל סובבת על צירה,

ועל פני הדלת ידחק המשקל התלוי על הנושא 11, והוא: אם יהיה בהנושא הזה ערך זרועות הכח אל זרועות המשא כערך 20 אל 1, אז יהיה די במשקל 99 ליטרות לסגור את הדלת בכח $20 \times 99 = 1980$ ליטרות (§ 149), ובעלות כח הדחיקה בהשפופרת אל 1981 ליטרות, אז ירים את הנושא והדלת תפתח עוד בטרם שהגיע כח הדחיקה לכמות 2000 ליטרות, ולכן יוכל הפועל ללחוץ בטח, כי בההגדל הלחיצה למעלה מן 1980 ליטרות, תפתח הדלת מעצמה והמים הנלחצים יורקו החוצה, ועל כן קראנו את הדלת בשם דלת הבטחון, יען שעל ידה בטוחים אנחנו שלא תתפוצץ המוכנה.

§. 154. ערך הכח הפועל על נושא המכבש, לכמות הלחיצה הנוגדת על

ידו. נניח שאורך הנושא שבמכבש הנוזלי צורה 139 הוא 16 אצבעות ומרחק נקודת מסיבתו מנקודת אחיזתו במוט העלי הוא 1 אצבע; שטח העלי המתנועע בתוך הצילינדר הצר $= 1$ אצבע מרובע, ושטח עליה הכבישה הוא 4 רגל מרובע $= 576$ אצבעות מרובעות, ואם ילחץ העובד בכח 80 ליטרות, אז יהיה כח הלחיצה שילחץ עליה הכבישה צורה 140 (את העצמים הנחונים עליו) לעומת הקורה $= 16 \times 80 \times 576 = 737280$ ליטרות

18432 פוד ! אמנם קורא נעים בל תתמה על החפץ (אחרי שנודעו לך כבר חוקי פעולות הנושא § 119 וחוקי העברות הלחיצה בהנוזלים § 146) מכמות הכח הנורא הזה שיוכל לפעול פועל אחד בעזרת המוכנה הזאת, יען שגם פה יתאמת משפט הזהב מחכמת המעכאניק § 125 שכל שנרויה בכח נפסיד במהירות, והוא: נניח שכל פעם ופעם שיויריד הפועל את הנושא יעתק הנצב 16 אצבעות למטה בזעקונדע אחת, והנה בהעתק הנצב 16 אצבעות יעתק העלי שבתוך הצילינדר הצר אך 1 אצבע, ולכן ילחץ עמוד מימי מגדל 1 אצבע מעוקבת בכל תנועה ותנועה מהצילינדר הקטן ויבוא להצילינדר הגדול, ועליה הכבישה שבהצילינדר הגדול שיגדל בשטחו 576 פעמים מהעלי שבהצילינדר הקטן יתרום אז אך בשיעור $\frac{1}{576}$ אצבע, והכח של שמונים ליטרות הפועל על הנצב יוצרך לעבור מלמעלה למטה בשעת דחקו על העלי בשיעור $576 \times 12 = 6912$ פעמים, במרם שינביה את עליה הכבישה ברומ גל אחת, ובאשר שבכל זעקונדע ירד הכח 16 אצבעות לכן יעבור הכח $\frac{6912 \times 12}{16} = \frac{82944}{16} = 5184$ זעקונדען $= 1$ שעה 26 מינוטען 24 זעקונדען, במרם אשר ילחץ את העצם וידקרו במדת גל אחת.

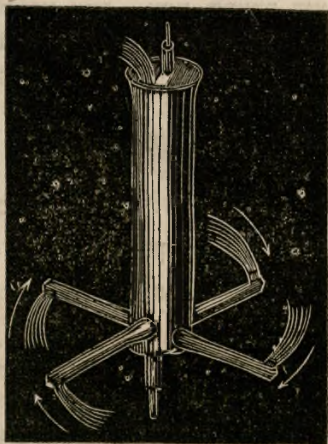
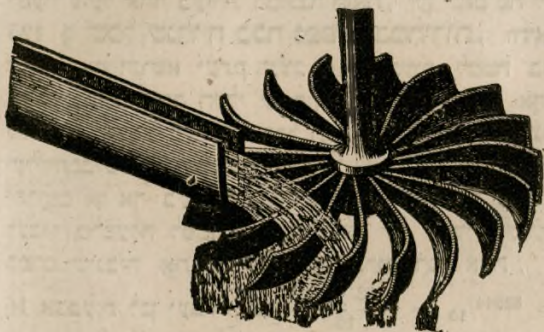
§ 155. תועלת מכבש הנוזלים. תועלת מכבש הנוזלים רבה היא למאד, והוא: לעצור ולכבוש כל העצמים שנרצה להוציא את לחותם ושמןם מהם כמו בבתי מלאכת שמן פשתים ושמן קנבוס (וויינגלד האנפאן) בבתי מלאכת הצוקער, בבתי מלאכת הנרות, בבתי הפקדת היסודות הכימיים (אפמכנסטריקט) ובכלל בכל בתי מלאכה הצריכים להוציא את פעולותיהם על ידי דחיקות עצומות בלתי נפסקות, גם ישתמשו בהם הספינים לעצור ולכבוש את החבילות מהעצמים הקלים והמנופחים, למען שתוכלנה אניותיהם לשאת משא גדול מהם. במכבש הנוזלים הרעאלי ישתמשו לרוב הרקחים (אפמכנסטריקט) להוציא את מיץ העשבים הפרות והפרחים מבלי לבשלם באש, יען כי האש תפסיד לפעמים את השמנים האלה עד כי לא יצליחו עוד למלאכתם, אולם על ידי המכבש הרעאלי יוציאו את השמנים האלה קרים ובלתי משונים.

§ 156. הלחיצה הרופנית (וייטנדרוקק). כאשר ילחצו הנוזלים על תושבת הכלי, כן בשיעור הזה ילחצו גם על דופני הכלי לאחר וקדם ימין ושמאל. בכלי סגור תחזקנה הדפנות בשיעור לחיצתן זו את זו בשווי המשקל, אולם אם יפתח נקב באחת מהדפנות, אז יושבת שווי המשקל הזה, אחרי שלחיצת הדופן המנוקב היא קטנה או מלחיצת הדופן שכנגדו, ושיעור ההבדל נמצא כשנשער הלחיצה שהיו לוחצים הנוזלים על שטח הנקב אלו היה סגור, ולכן אם הכלי המנוקב יוכל להתנועע חפשי על צירו, אז יתנועע הכלי במשך גוילת המים ממנו בנטיה מנגדת לנטיה נצוק הנוזלים, ובוה יתבאר החזיון שנראה באופן המים הזעננערי (זעננפרייסט || אטמספיראד) צורה 141, האופן הזה הוא צילינדר מלא מים הסובב על קוטר זקופי ובקרבת תושבתו קבועות שפופרות אחדות כפופות מעט לרוח אחת, אם נמלא את הצילינדר במים, אז יתנועע בנטיה מנגדת לנטיה השפופרות כל עוד

שיולו המים דרך השפופרות, כאשר תורנו באר היטב הצורה 141, אופני המים

צורה 141.

צורה 142.



האופקים הנקראים טורבינען נוסדו על החויון הזה, הצורה 142 תורנו את תבנית אופן המים האופקי שיתבאר לנו בחלק השלישי מספרנו זה.

§ 157. חשבון הלחיצה הדופנית. את כמות

הלחיצה שילחצו המים הנחים על דופן זקוף, נמצא על ידי כפילת שטח הדופן עם מדת עומק נקודת

כובדו מתחת לפני המים, ואת המכפלה היוצאת נכפיל במשקל מעוקב מים שמדת צלעו היא אחרות המדה שמדדנו בה את רוחב וגובה הדופן, ד"מ: אם מדדנו

את הדופן במדת הרגל, אז נכפיל את המכפלה בהמספר 70 שהוא

מספר הליטורות שישקול רגל מעוקבת מים, לכן אם נרצה לדעת

מדת הלחיצה שילחצו מימי התעלה על ארובת המים (טויוס)

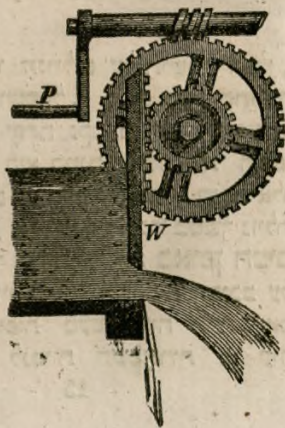
צורה 143 הסותם את שער התעלה שרחבו 20 וגבהו 8 רגל,

אז נחשוב את שטח הארובה ונמצאנו $8 \times 20 = 160$,

נכפיל אותו על עומק נקודת הכובד שהוא 4 רגל, ויוצא

לנו 640, נכפיל 640 עם 70 ויוצא לנו לכמות הדחיקה 44800 ליטורות = 1120 פוד.

צורה 143.



§ 158. הלחיצה הפנימית וההצפה. אם נביא

איזה עצם קל בכלי מלא מים, ונרצה להטביל אותו בהם,

אז יתנגדו המים בכח גדול ולא יתנוהו להעצם לרדת

במצולה, וגם אם נעמול באיזה כח דוחפי ללחוץ את העצם

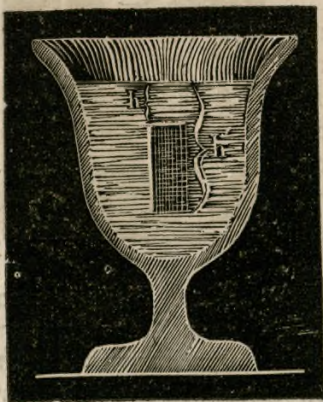
בעומק המים, אז ברנע סור הכח הדוחף יעלה העצם הנטביל

מהר מאליו מקרקע הכלי על פני המים, פה יתראה לנו כח

נפלא הדוחק על שטח התחתון מהעצם הטביל ויכריחהו לעלות למעלה נגד טבע כובדו,

את הכח הנפלא הזה יכנו חכמי הטבע והמעכאניק בשם כח ההצפה (פוינטרייט), כמות לחיצת כח ההצפה ישוה למשקל עמוד מימי שכריתתו (קוויטטיט) הוא כגודל כריתות הגוף הטבול וגבהו הוא כמרחק שבין תושבת הגוף הטבול ובין שטח פני המים שבהכלי, ד"מ: אם נטביל בתוך מימי הבאר בעומק רגל אחת דלי רק ששטח תושבתו הוא 1 רגל כרובנת, אז לפי כמות נח ההצפה של המים יוכרח הדלי לעלות למעלה בכח 70 ליטרות כמשקל רגל מעוקבת מים, אולם כובד הדלי יתנגד אל ההצפה כשיעור משקל הדלי, ואם יהיה ד"מ: משקל הדלי 10 ליטרות, אז ישאר כח ההצפה רק = (70 — 10) = 60 ליטרות, נמשך מזה ששיעור כח ההצפה יתערך לשיעור המשקל המיוחד שלהעצם הטבול ואל שיעור משקל המיוחד שלנוזלי המבילה; יען שדעת לנבון נקל, שדלי מעץ כבד ישקע בהבאר יותר עמוק מדלי מעץ קל, כפי ערך המשקל המיוחד (§. 62). משני מיני העצים שהדליות נעשו מהם, וכן יבין גם שכח ההצפה של הכסף הי יגדל 14 פעמים מכח הצפת המים, ולעומת זאת יהיה כח הצפת הספירטוס אך $\frac{1}{5}$ מכח הצפת המים. — אם נתבונן צורה 144 על הצילינדר הטבול

צורה 144.



בהמים, אז יתראה לנו, שהצילינדר הזה ילחץ מכל עבריו מהמים הסובבים אותו, והנה: כל הלחיצות הצלעיות שילחץ הצילינדר מאחד מצדיו תתבטלה בו על ידי שווי משקל הלחיצה מהצד שכנגדו, גם בשטח תושבתו התחתון יפגשו בו שני כחות מנגדים זה לזה בנשיתם, והוא: מלמעלה למטה ילחץ משקל הצילינדר כבובדו וגם כן כבובדו משקל עמוד המים h שממעל לו, אולם מלמטה למעלה ילחץ שטח תושבתו לעלות למעלה בכח ההצפה השווה (לפי האמור) למשקל עמוד מים ששטח כריתתו הוא כשטח כריתת הצילינדר וגבהו הוא כמרחק תושבתו משטח פני המים שבהכלי והוא שווה להקו h שבהצורה, והנה: אם יהיה משקל המיוחד מהעצם הטבול שווה למשקל המיוחד מהמים, אז דעת לנבון נקל ששני הכחות המנגדים ישוו או בפעולתם, ובמרה ההיא שילחץ השטח התחתון של תושבת הצילינדר

למטה, כן במרה ההיא ילחץ מכח ההצפה למעלה, שני הכחות השווים והמנגדים יחזיקו או איש את אחיו בשווי המשקל ופעולתן תתבטל, ולכן נוכל לאמר אז: שהגוף אבד את משקלו בשלמות והמים אבדו גם כן את כח הצפתם בשלמות על הגוף ההוא, ולכן באיזה מקום שיובא הגוף בפנימיות המים שם תהיה מנוחתו, לא יחפון לרדת מטה בסבת כובדו, ולא יכסוף לעלות מעלה בסבת כח ההצפה. אולם מה יהיה משפט הצילינדר הטבול שישווה בכמות גדלו להראשון ושישתנה ממנו בכמות משקלו? ד"מ: אם הוא צילינדר של עופרת או של עצי מנופה (קאקטיוס), אשר משקלה המיוחד מהעופרת הוא 11 ושל עצי מנופה 100^{24} לפי § 62, גם תשובת השאלה הזאת לא תפלא בעיני כל מבין

הבר לאשרו: נניח שכמות שני הצילינדרים הוא 1 רגל מעוקב, לכן אם נטביל את הצילינדר של עופרת, אז ירד למטה בכח כובד משקלו השווה אל $70 \times 11 = 770$ ליטרות וילחץ למעלה בכח 70 ליטרות, ולכן ישקע הצילינדר ויוצלל בכח $770 - 70 = 700$ ליטרות; אולם אם נטביל את הצילינדר של עצי המנופה במים, אז ירד למטה בכח כובדו רק בכח $70 \times \frac{24}{100} = 16 \frac{4}{5}$ ליטרות, וילחץ למעלה בכח 70 ליטרות, ולכן יעלה הצילינדר ויִצָּף על פני המים בכח $53 \frac{1}{5}$ ליטרות.

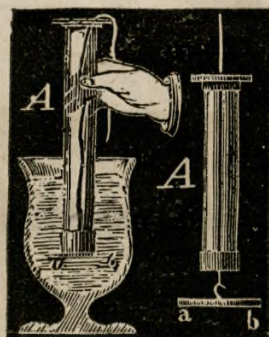
§. 159. בחינה קלה על מציאות כח ההצפה. אם נקח שפופרת ישרה A

צורה 145 המפולשה משני עבריה, ונעשה לוח דק a b אשר אם יודבק אל פי השפופרת מתחת יסתום אותה ולא יתן את המים שנמלאו בה להשפך החוצה, ולמען הדביק את הלוח בהשפופרת נקשור חוט על הקרס שבמרכזו, ונעביר את החוט דרך השפופרת, וכאשר נחזיק את קצה החוט בידינו אז תנוח השפופרת על הלוח הסותמה, אם נוריד את השפופרת עם הלוח הסותמה בתוך מימי הכלי צורה 146, אז ידובק הלוח אל השפופרת מלמטה גם כאשר נעזוב את החוט מידנו, הלוח ידובק בהשפופרת בכח ההצפה של המים שבהכלי הרוחקים אותו מלמטה למעלה, אם נטביל את השפופרת בעומק 10 אצבעות ושטח פי השפופרת יהיה 1 אצבע מרובע, אז ידובק הלוח בכח 10 לאִטָּה (במדה ובמשקל ארץ העססען) נניח שמשקל הלוח הוא 1 לאִטָּה, אז תשאיר לחיצת כח ההצפה 9 לאִטָּה, ולכן נצרך לנו לתת בהשפופרת משקל 9 לאִטָּה למען ירד הלוח מעל פי השפופרת, גם אם נמלא

צורות

146

145



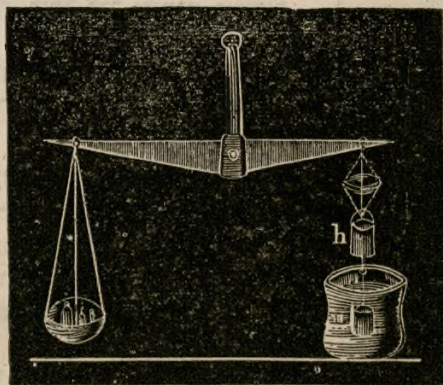
בתוך השפופרת מים באופן אשר עמוד המימי בהשפופרת ישווה בגובהו לעמוד המים הסובבים אותה, אז ירד הלוח מעצמו, יען כי העמוד המימי שבתוך השפופרת ירחק למטה על השטח העליון מהלוח בשיעור הוה אשר ירחק שטחו התחתון למעלה מהמים שמתחתיו, והנה כח הדחיקה אשר למימי השפופרת יחזיק בשווי המשקל את כח ההצפה אשר למימי הכלי, ובאשר שמגמת שני הכחות הוא לרוחות מנגדות לכן יבטלו זה את זה, והלוח יפול מנסיבת כובדו למטה כאלו היה נופל באויר החפשי.

§. 160. בחינה על השתוות כמות כח ההצפה לכמות הכח הלוחץ על

המים. למען נסות אמתת השתוות כח ההצפה להכח הלוחץ על הנוזלים שנתבאר §. 159, נקח מוט של מאזנים ישראלי ונעל הכף הימנית נתלה צילינדר נבוב h ובקצה הצילינדר הוה אחוז על ידי קרס צילינדר-מקשה m השווה בכמותו לכמות חלל הצילינדר הנבוב, ועל הכף השמאלית ינתן לראשונה משקלים בשיעור כזה שמוט המאזנים יעמוד בקו ישר אופקי צורה 147, ואם נביא כלי מלא מים ונתן אותו מתחת להצילינדר המקשה באופן שיטבל בו, אז יקל הצילינדר, הטבול ממשקלו, והכף שהמשקלים נתונים בה

הרר מטה, ולמען השיב מוט המאזנים לתכונת שווי משקלו יוצרך אך למלאות במים את הצילינדר הנבוב, וזה לנו לאות ששל ידי הטבילה הפסיד הצילינדר m ממשקלו כמשקל המים הנמלאים בהצילינדר h , ובאשר שכמות ומשקל המים הנמלאים בהצילינדר h ישוה בכמותו ומשקלו להמים הנגרשים מתחת להצילינדר m , לכן יתאמת שמשקל כה ההצפה ישוה תמיד למשקל המים הנגרשים מפני הגוף הנטבל.

צורה 147.



§. 161. יסוד ארכימדס.

תוצאות חקירת הצפת-הגופים בנוזלים שחקרנו עד הנה, נוכל לגדור בדברים האלה «כל גוף שיטבל באיזה נוזלי יאבד ממשקלו כמשקל הנוזלים

שנגרשו ממקומם על ידי העצם הטבול», המשפט הזה שכבר נתאמת לנו על ידי העיון (§ 158) ואשר נבארו על ידי הנסיון בהסימן הבא יקרא בשם יסוד ארכימדס, על שם ממציאו החכם ארכימדס.

§. 162. התגלות היסוד הארכימדסי. היסוד הזה אשר ישא את שם ממציאו

לזכר כבוד חכמתו זה יותר מאלפים ומאת שנה, נתגלה בסבה נפלאה. המלך הירא (Hiero) אשר מלך בזיראקוס (Syrakus) נתן לצורף 20 ליטרות זהב טהור לעשות לו כתר. הצורף הביא את הכתר וישקול אותו לעיני המלך והיה משקלו 20 ליטרות, ובכל זאת יצא הקול בהעיר שהצורף גנב מזהב המלך ותחת הזהב יצק כסף, וכשמוע המלך זאת צוה לארכימדס לנסות את הכתר מבלי להתיך או לשבר אותו, ימים רבים בקש החכם דרכים רבים להתרת השאלה הזאת ולא מצא, ויהי היום ויבוא ארכימדס אל בית הרחצה וימצא אמבטי מלאה מים וירד בה לרחוץ את בשרו, וירא ויתבונן כי מים רבים נגרשו מהאמבטי בהטבלו בה, וכי גופו יקשא מהמים הנותרים, אז נגלו לו תעלומות החיון הזה וחרצובת שאלתו הותרה לו, ומרוב שמחת לבבו והתפעלות רוחו (יספרו לנו דברי הימים) שחיש כברק עזב את האמבטי וישבח כי ערום הוא, וירץ דרך חוצות הקריה אל ביתו ויצעק: מצאתי! מצאתי! כבואו לביתו נסה לטבול זהב טהור בתוך המים ימצא שהוא אבד $\frac{1}{10}$ מכובדו, ואחרי כן נסה לטבול כסף טהור במים וימצא שנפחת ממשקלו $\frac{1}{10}$, אז אמר ארכימדס: אם יהיה הכתר זהב טהור אז יגרע ממשקלו בהטבלו במים רק $\frac{20}{19}$ ליטרא, אולם כאשר טבל מצא שנפחת $\frac{25}{20} = \frac{5}{4}$ ליטרא, ולכן נפחת ממשקלו יותר מהשיעור הראוי לזהב טהור, והנה $\frac{80}{76} = \frac{20}{19}$, אולם $\frac{95}{76} = \frac{5}{4}$, נמצא שהיה פחת המשקל מהכתר יותר מהשיעור הראוי לזהב טהור עם $\frac{15}{76}$, והנה נודע לו

מזה כי אמת נכון הדבר כי מֶהֱל הצורך את הוהב בכסף. אולם כמה זהב וכמה כסף נמצא בהכתר? גם זאת מצא החכם, בהשבו לראשונה את פחת המשקל שהיה ראוי להיות אם לו נתן הצורך אך ליטרא אחת כסף תחת זהב, והנה $\frac{1}{19} = \frac{10}{190}$, אולם $\frac{1}{10} = \frac{19}{190}$, לכן יגדל פחת הכסף מפחת הוהב לכל ליטרא בשיעור $\frac{9}{190} = \frac{18}{380}$, ולכן במספר הפעמים שימצא $\frac{18}{360}$ בהשבר $\frac{15}{76}$, כן יהיה מספר ליטרות הכסף שנמחל בהוהב, והנה $\frac{15}{76} = \frac{75}{380}$ ובאשר שהשבר $\frac{18}{380}$ ימצא $4 \frac{1}{6}$ פעמים בהשבר $\frac{75}{380}$, לכן ידע מזה ארכימדוס שהצורך יצק את הכתר מן $4 \frac{1}{6}$ ליטרות כסף ומן $15 \frac{5}{6}$ ליטרות זהב.

§. 163. מציאות כמות חלקי התערובות בכמת המורכבת משני יסודות שונים, בעזרת היסוד הארכימדעי. בהסימן העבר ראינו לדעת שצלחה ביד ארכימדוס למצוא כמות הכסף שנתערב בוהב, ועתה ננסה נא ללכת בעקבותיו למצוא על ידי הטבילה במים את כמות היסודות שגוף מתכותי מורכב נתערב מהם. שאלה: הנחושת קלל (והססינג) הוא גוף מורכב מנחושת שמשקלה המיוחד דא 9, ומצינן שמשקלו המיוחד הוא 7, ואם נטביל 40 ליטרות נחושת קלל במים, יפחת ממשקלן 5 ליטרות, כמה נחושת וכמה צינן ימצאו בהנחושת קלל? תשובה: לו היה כל הגוף נחושת, כי עתה נפחת ממשקלו אך $\frac{40}{9} = 4 \frac{4}{9}$ ליטרות, נמצא כי $\frac{5}{9}$ ליטרא נפחת פה יותר בגלל הצינן שנתערב בו; יתרון הפחת מהצינן על הנחושת הוא $(\frac{1}{9} - \frac{1}{7}) = (\frac{7}{63} - \frac{9}{63}) = \frac{2}{63}$, לכן במספר הפעמים שימצא $\frac{2}{63}$ בהשבר $\frac{5}{9}$ שהוא $\frac{35}{63}$, כן יהיה מספר הליטרות מצינן שנתערב עם הנחושת, לכן פה $\frac{35}{63} : \frac{2}{63} = \frac{35}{2} = 17 \frac{1}{2}$ ליטרות צינן, ומשקל הנחושת יהיה לפי זה $(40 - 17 \frac{1}{2}) = 22 \frac{1}{2}$ ליטרות. החשבון הזה יתאמת אך בקרוב ולא בדיוק, והוא: מפאת שהאטאמן משני מיני המתכת יתקרבו יותר זה לזה בהתערבותם, מכפי אשר היו בהחומרים הבלתי מעורבים, ר"ל מהרכבת 1 אצבע מעוקב נחושת עם 1 אצבע מעוקב צינן, יגדל פחות מעט משני אצבעות מעוקבים נחושת קלל, ובאשר נתבאר לנו גם במויגת המים והספירטוס § 27.

§. 164. מאזני השקיעה (והנקטואנג קדמך והפאנאסטק). היסוד הארכימדעי יהיה אותנו דעת לקצוב בדיוק את המשקל המיוחד (§ 62) מהגופים המוצקים והנוזלים, והוא: נניח שאצבע מעוקב מים ישקול 1 לאטה (במרה ובמשקל נסיכת העססמן), והנה אם שקלנו לראשונה את העופרת במאזנים-ישאורייהר באויר, ומצאנו את משקלה 22 לאטה, ואחרי כן שקלנו אותה בהיותה טבולה במים כאשר תורנו הצורה 148 ומצאנו את משקלה אך 20 לאטה, אז יודעו לנו ארבעה דברים: 6) העופרת הוקלה על ידי הטבילה במים ממשקלה בשיעור 2 לאטה. 3) שכמות המקום של 22 לאטה עופרת ישוה אל המקום שיכילו 2 לאטה מים, ומזה: ג) כי 11 לאטה עופרת יכולו מקום 1 לאטה מים, ומזה נוכיה בצדק: ד) שהעופרת תכבד במשקלה המיוחד 11 פעמים מהמים.

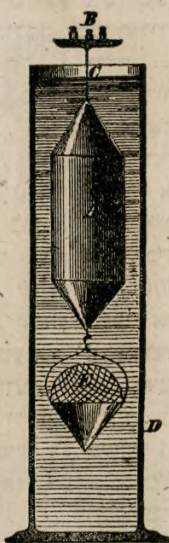
§. 165. מאזני השקיעה להחכם ריבעלזאהן. הצורה 149 היא הכנה פשוטה

שהמציא החכם ריכעלוואקן לקציבות המשקל המיוחד § 62, הכלי הזה הוא מורכב מהצילינדר

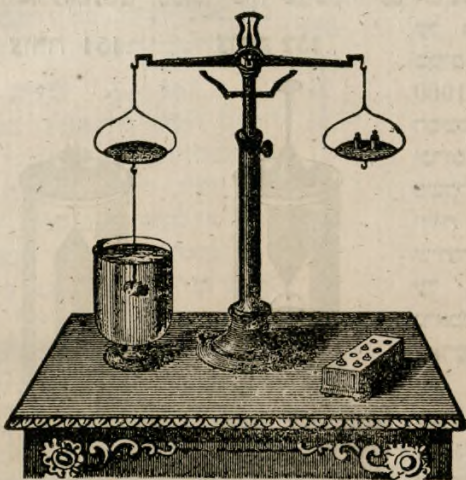
של נחושת קלל ואשר על קצה המטה המחובר אליו בראשו ימצא הדולבק (סלס) B ובקצהו התחתון מחוברת כברה קטנה K, הגוף שנרצה למצוא כמות משקלו המיוחד יותן על הדולבק ועל ידי זה ישקע הצילינדר בעומק מעט, ועל ידי הוספת משקלים קטנים נוכל להשקיעו בהמים עד הנקודה C ואחרי כן נקה הגוף מעל הדולבק ונתן במקומו משקלים עד שישקע הצילינדר שנית עד הנקודה C, המשקלים

שיבואו על הדולבק תמורת הגוף יוריעו לנו את משקלו הפשוט § 62, ואחרי שידע לנו באופן הזה המשקל הפשוט, נסיר את המשקלים מהדולבק ונתן את הגוף שיתקד משקל-המיוחד בהכברה ונשקע אותו שנית במים, הצילינדר לא ירד כעת עד הנקודה C כאשר ירד בהיות הגוף על פני הדולבק, יען שהוקל הגוף בהטבלו במים, המשקלים הנצרכים לנו לתת על הדולבק למען ישקע הצילינדר עד C יורנו את כמות משקל המים הנגרשים ממקומם על ידי הטבילה, או את כמות הקלת הגוף במים, והנה כבר נודע לנו § 62 שהמשקל המיוחד מכל גוף ישווה להמנה היוצאת מחלוקת משקלו הפשוט על משקל המים השווים אליו בכמות גדלים, לכן גם פה נמצא בעזרת הכלי הזה את כמות המשקל המיוחד אם נחלק את כמות המשקלים שבאו במקום הגוף בהנתנו על הדולבק; על כמות המשקלים שהורירו את הצילינדר בעומק המים עד C בהנתן הגוף בתוך הכברה, ד"מ: אם נרצה למצוא בעזרת הכלי הזה המשקל המיוחד מהכסף, נקח לראשונה הכסף ונשים אותו על הדולבק, ואם לא נשקע הצילינדר עד C, נוסיף איזה משקלים קטנים עד רדתו אל C, נסיר אחרי כן את הכסף מעל הדולבק. ואז יצוף הכלי למעלה מעט, ואם נתן על הדולבק במקום הכסף מינקלים למען הוריד אותו עד C יצטרך לנו לזה 42 לאטה, או נכתוב המספר 42 על הלוח למשמרת ונסיר את 42 לאטה מהדולבק, ונתן תחתיהם את הכסף בהכברה, ואם נראה שהכלי לא הורד עד C ונצרך לנו להוסיף משקל 4 לאטה עד רדתו אל C, נחלק את המספר 42 המורה לנו על כמות משקל הפשוט של הכסף על המספר

צורה 149.



צורה 148.

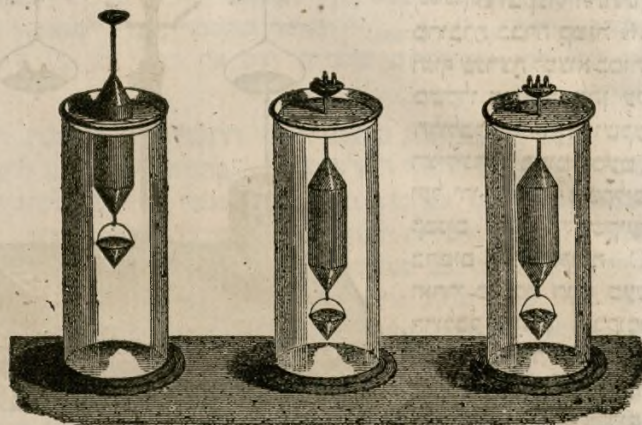


4 המורה לנו על משקל המים השווים בכמותם אל הכסף, ויוצא לנו $10 \frac{1}{2} = 49 \frac{1}{4}$ והוא המשקל המיוחד של הכסף. בהכלי הזה נוכל למצוא גם משקל המיוחד של הנוזלים, לתכלית הזאת יעשו את הארעאמטער בכובד כזה שמשקלו עם המשקלים הנצרכים לתת על הרולבק למען הורידו

צורה 152.

צורה 151.

צורה 150.



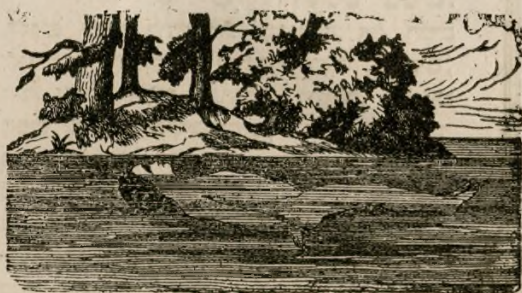
במים עד C יהיה = 1000 מאיזה אחדות המשקל, גראמם, דאלי וכדומה, ד"מ: אם יהיה משקלו 700 גראמם או יהיה כמות המשקלים שיוצרכו להורידו במים עד C שיהיה אל 300 גראמם, ואם כשנשביל את הארעאמטער בספירטוס נרד יותר עמוק מאשר במים, ולמען הורידה עד G נצטרך רק משקל 91 גראמם, או יורד לנו שכמות המשקל מהספירטוס

הנגרשים ממקומם בטבילת הכלי = $700 - 91$ גראמם, ובאשר שמשקל עמוד מים בגודל כזה הוא 1000 גראמם, לכן יהיה לפי § 62 המשקל-המיוחד מהספירטוס = $\frac{791}{1000} = \frac{4}{5}$ בקרוב. שלש הצורות 150, 151, 152 תורונו שלשת המצבים של הכלי בעת הבחינה.

§ 166. מאזני השקיעה בעלי קנה מדה (מספיקטור ויט סקוליס). יש משקים הנמוגים משני מיני נוזלים השונים במשקל-המיוחד § 62, ד"מ: היין שרף יקוג מספירטוס ומים, במזיגה כזאת נרצה לדעת מלבד המשקל המיוחד גם את כמות חלקי המים שבהמזיגה, לתכלית הזאת נתקנו מאזני השקיעה בעלי קנה המדה צורה 153, והוא: שפופרת של זכוכית חלולה וסתומה משני עבריה שבקצה התחתון ימצא בה כדור מלא כסף חי למען שתצוף בקומה וקופה, לראשונה נשקע את השפופרת שתקרא גם בשם פלך בתוך הצילינדער צורה 155 המלא מים זכים ונסמן את נקודת השקיעה עם 0, אחרי כן נמזוג 10 חלקים ספירטוס ותשעים חלקים מים ונשקע שנית הכלי בהם ונקודת השקיעה השניה נסמן עם 10, וכן נשקע אותו בהמזיגה מן 80 מים עם 20 ספירטוס ונסמן 20 ואת נקודת השקיעה שישקע הפלך במזיגת 90 ספירטוס עם 10 מים נסמן עם 90 ונקודת השקיעה בספירטוס צרופים נסמן עם 100, המרחק בין 0 ובין 10 ובין 20 ובין 30 עד 100 נחלק לחלקים שווים, כשתורנו הצורה 154, ואם נשקע את הפלך הזה בין שרף ונמצא נקודת שקיעתו בתוך המסומן 48, אז נרע במח שבמאה חלקים יין שרף ימצא 48 ספירטוס בתוך 52 חלקים מים, כמשפט הזה שנעשה בהכלי הזה

ומי יתן וידעו את הנסיון הזה ואת תוצאותיו כל האדם, כי עתה במה היה מספר הנמבעים קטן הרבה מאשר הוא כיום הזה (*), האיש השותה במים אשר באו מים עד נפש ינצל במה אם לא ישלח זרועותיו מתוך המים בבקשו עזרה, יען ששטח הזרועות

צורה 156.



בהחזיקו אותן מתחת לפני המים כשתורנו צורה 156 נגן על כל הגוף, והוא: כמות שטח הזרועות יגדל לעומת משקלן והמים הנגרשים תחתיהן כבדים מהם מהן, ולכן ירחקו המים על הזרועות מתחת להתרומם בכח ההצפה § 158 על פני המים ועל ידן יעצר כל הגוף מדרת תהומות. בעת שישוחה האדם ישמר לנפשו להגביה מעט ראשו, ולנפח את לחייו, ולהרחיב את חזהו ככל יכלתו, וינשם

במתניות, אמנם האיש שלא ידע להשמר בכל אלה יוצלל כעופרת כמעט יתחיל לפחוד פחד פן יטבע, כי מנסיבת הפחד ישלח זרועותיו מחוץ להמים ויקטין בזה את שטח גופו מבלי להקטין משקלו, ולכן ירד ראשו או בעומק מעט, וגם בחפזו לנשם בפחדו יצמצם את שטח חזהו, ובצמצו יפתח את פיו ומים יבואו בקרבו, סוף דבר בכל אשר יפנה ירשיע מבלי דעת כי בנפשו הוא.

§ 169. ההשמה המלאכותית והצלת הנמבעים. ההשמה המלאכותית (דאס קינסטליכע

מיינוויסן) נוסדה על אדני הידיעה לרחוק באבריו דחיפות נאותות בתוך המים, (א) למען הוביל את גופו למחוץ חפזו, (ב) למען שלא ירד ראשו במים, כי הגם שרוב גופות האדם קלים מהם מהמים, בכל זאת אם ישכב או יעמוד האיש במים יגיעו המים עד הצי הוטמו, ותחת לשאוף רוח ישאף מים וירד מטה. להאנשים הבריאים (gesund) יקל ההשמה במטבע מלהאנשים הכחושים, יען שבהבריאים יהיה חלק גדול מגופם שומן הקל מהמים, ובהכחושים יהיה רוב גופם עצמות הכבדים הרבה מהמים במשקלם המיוחד, נקל מאד להעלות את גוף הנמבע (בין כשהוא חי בין כשהוא מת) מתחת המים אל החוף, יען שעודף משקל האדם המגודל שמתחת להמים על משקל המים הנגרשים מפניו הוא ערך 2 ליטרא, ולכן לא נתפלא לראות שיש לאל יד נער קטן היודע לשחות ולטבול במים להעלות גוית איש מגודל ממצולות הנהר אל שפתו. אמנם כאשר יאבד הנמבע את נפשו בהוציאו את זרועותיו מהמים ובנשמו בחזקה, כן יאבד פעמים רבות החפץ להציל את הנמבע גם הוא את נפשו וגם את נפש הנמבע, כאשר יעשה התעוררות החוקות מכפי הנדרש, כאשר שעל ידי ההתעוררות יאבד בנקל את שווי משקלו ויצללו גם שניהם באין מושיע.

(*) מספר הנמבעים ברוסיה שנת 1863 היו 3877 נפש (Северная почта № 145).

170. §. סבת הצפת גופות הנטבעים על פני המים. ימים אחרים אחריו מות הנטבע תתרוםם גויתו לעלות מעצמה על פני המים, וההמונים שלא יוכלו לבאר להם סבת החויון הזה בדרך הטבע, ימצאו גם פה מקלט באמונה הבלית והוא דעתם הנבערה «שמי הים או הנהר לא נרשו לגוף מת להסתתף בנחלתם», אמנם אחרי דעתנו את חוקי ההצפה לא נאשים את המים נעדרי הרצון אשר לא ישמחו בחיים ולא יקצו במות, רק הנטבע יעלה מאליו מסבת התרחבות גופו על ידי התסיסה הרקבנית (פילויסגנהרונג) המבוארת בספרנו חכמת הכעמי, והוא: החלקים המוצקים והנוזלים שלגוף הנטבע יתהפכו על יד על יד מנסיבת הרקבון לגופים אוויריים, לכן תצבה הבטן והחזה וכל יתר האברים, הגוף יתגדל ויקל על פני המים ויצוף או על פני המים ימים רבים עד אשר יתבקעו כנודות הנפוחים יותר מדאי כל חלקיו האוצרים בקרבם את האוויר, והאוויר יעזבו את הגוף ויעלו למעלה ברוח, בעוד שיתר החלקים הכבדים המה הנוזלים והמוצקים שהרקבון לא ישלוט בהם ירדו שנית ויצללו כעופרת במים ולא יתרוממו מאליהם לנצח.

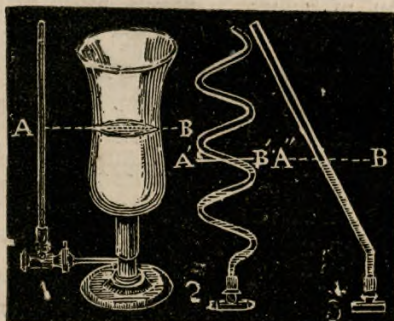
171. §. מהשמת הגופים הכבדים בהתחברם לגופים קלים. גם הגופים מחומרים הכבדים במשקלם המיוחד מהמים, יוכלו לצוף על המים אם יעשו בתבנית נאותית לזה, ר"ל בהיות משקל המים הנגרשים מפניהם כבד ממשקלם, את התכלית הזאת נשיג כשנעשה אותם תלולים, והוא: נניח שמשקל המיוחד מהנחושת הוא 9, ר"ל 1 רגל מעוקבת נחושת ישקול כמשקל 9 רגל מעוקבות מים, או אם נרקע את הרגל מעוקבת נחושת לפחים שעבם הוא 1 ליניע, יוצא לנו שמת כל הפחים 144 רגל מרובעות נעשה מהם תיבה מרובעת פתוחה מלמעלה או יצא לנו שמת כל אחד מהארבע דפנות ומתהושבת $\frac{144}{5} = 28 \frac{4}{5}$ רגל מרובעות, לכן אורך כל צלע מהתיבה הוא $5 \frac{37}{100}$ רגל בקרוב, ולכן כמות המעוקב מהתיבה $154 \frac{6}{10} =$ רגל מעוקבות בקרוב, והנה אם תטבל התיבה הזאת עד קצה נְרָה (כסני) העליון, או תגרש מפניה $154 \frac{6}{10}$ רגל מעוקבות מים שמשקלם הוא $70 \times 154 \frac{6}{10} = 10822$ ליטרות, והנה משקל 1 רגל מעוקבת נחושת הוא $9 \times 70 = 630$ ליטרות, לכן למען שתשקע התיבה הזאת בתוך המים נצרך לשים בתוכה 10192 ליטרות, כאשר ראינו פה נוכל לא לבד להציף את הגופים הכבדים על פני המים כי אם גם להציף על ידם עוד גופים זולתם, סבת החויון הזה תתבאר בנקל לכל מבין דבר, והוא: אם יקח איש 1 רגל מעוקבת עצי מגופה שמשקלם הוא 15 ליטרות ויחבר אותם עם ארבע רגל מעוקבות עצי ברושים שמשקלם הוא 330 ליטרות או יצופו כל החמש רגל בכח חמש ליטרות על פני המים, ואם נשים את הרגל עצי המגופה לבד בהמים או יצוף בכח 55 ליטרות במים, נמשך מזה כי כח ההצפה שלגוף אחד יגרע את כח הצלילה מגוף שני המחובר לו, ולהפך כח הצלילה מגוף אחד יגרע את כח ההצפה מגוף שני המחובר לו, ושניהם יצופו או יצללו לפי ערכי כחות ההצפה והצלילה שבשניהם יחד, והנה את כל גוף נכוב נוכל לחשוב להרכבה מגוף מוצק וגוף אווירי, ולכן יגרע כח ההצפה של הגוף האווירי את כח הצלילה של גוף המוצק, וגוף המוצק יצוף בשיעור עודף כח ההצפה של גוף האווירי על כח הצלילה של הגוף המוצק, ובאשר שהאוויר הוא קל 770 פעמים מהמים (62 §) והפלאטין אף שהוא הגוף היותר

מוצק יכבד אך 22 פעמים מהמים, לכן דעת לנבון נקל שגם הרכבת האויר עם הפלאטין תצוף, ר"ל: אם נעשה גופים חלולים מהפלאטין יצופו עוד בכח גדול למאד, הטובלים ועלו את המשאות הכבדים שצללו בהמים על ידי קשירת חביות ריקות בהנה.

172. §. קנים המשותפים (קאנונייטנדס קסהפן). שני כלים המחוברים יחד צורה 157.

באופן שהנוזלים הנתנים באחד מהמה ויכלו לבוא להשני יקראו קנים משותפים, ולהם יש יד ושם בחכמת שווי משקל הנוזלים

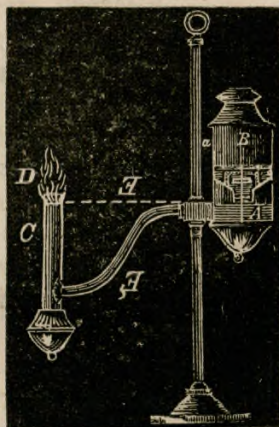
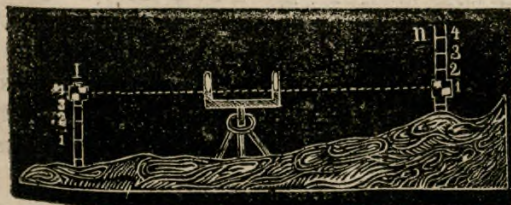
בגלל סגולותיהם הנפלאות, והוא: אם יחברו בתושבותיהם באמצעות שפופרת, ונמלא האחד מהמה מים, או יעברו המים דרך השפופרת מכלי אל כלי, ופני המים שבשני הכלים יהיו בנובה אחד, גם אם הכלי האחד הוא רחב והשני הוא צר כמו צורה 157, וגם כשיהיה האחד ישר והשני כפוף או עקום, למען נסות אמיתת המשפט הזה נתקנה ההכנה צורה 157, והוא: אם נחבר להכלי הרחב B בזה אחר זה את הכלים 1, 2, 3, שבהצורות 157, 158, 159, או יהיה בכלם מצב גובה פני המים A שווה למצב המים B שבהכלי הרחב, על מוסדות חוקי הקנים המחוברים נוסדו כלים מועילים שונים כמו הלאמפע צורה 160 אשר תתבאר לנו חיקונה בחלק השלישי מספרנו זה.



173. §. מאזני מישרי ההדורים (כינפליי ומג). בשתי

קצות שפופרת אופקית החוברנה שתי שפופרות זקופות של זכוכית, המים הנמלאים בתוך השפופרת הזקופית האחת יעברו דרך השפופרת האופקית ויעלו למעלה בהשפופרת הזקופית השנית, באופן שפני המים יהיו בשתייהן בשטח

צורה 161.



אופקי אחד, בהיות תכונת רגל המאזנים על שטח אופקי נוכל למרוד על ידם את המקומות

הרחוקים מאתנו ולדעת אם ישוו בגובהם לגובה פני המים שבהמאזנים או אם חמה גבוהים או שפלים מהם, המאזנים האלה יקראו גם מאזני התעלה (קחמולומסג) ויתבארו בהסמין הבא.

174. §. אופן מדידת הבדל הגובה בעזרת מאזני התעלה. בהצורה 161

נראה את מאזני

צורה 162.

התעלה הוצגו על

בסיס בעל שלש

רגלים, ולמען שנוכל

למדוד על ידם גם

מרחוק, יחובר להם

גם קנה ההכמה,

גם קנה מדה מתולק

במדת הרגל

והאצבע, והוא:

נצייר לנו כי I, II

המה שני מקומות

רחוקים זה מזה

כאלפים רגל, ונרצה

לדעת בדיוק כמה

יגבה המקום II



מהמקום I? או נציג בשני המקומות קנים וקופים ואת המאזנים המושרים נציג בקוץ במרחק אלף רגל מן I ואלף מן II, ולראשונה נשקף משמאל מעל לעמודי הנוזלים שבקו המאזנים באופן שקו הראיה (וויזיוליטיס) הוצא מעינינו יגיע בשטחי העליונים משני עמודי הנוזלים ובנקודה אחת שבקנה המדה I, ועל ידי הגבהת או השפלת נס אחר שביד המודד יגביה או ישפיל גם האיש העומד על ידי קנה המדה I דף צבוע לבן ושחור שיוכל להתנתק מעלה ומטה על קנה המדה, וכשתהיה תכונת הדף בגובה אחד עם פני הנוזלים שבתוך המאזנים, אז יתן המודד העומד על יד המאזנים אות ידוע להאיש העומד על יד קנה המדה I שיחרל מלהניע את הדף, ואחרי שכל המודד את מדידתו על הקנה מדה I, יהפוך את פניו לקנה המדה II, וימדוד כמשפט המדידה שמדד בקנה המדידה I, בהצורה שלפנינו יראה הקורא שקו ישר אחר יחבר את גובה שני עמודי הנוזלים שבשתי השפופרות עם שתי נקודות בשני קני המדה, והוא: בהקנה הימני יפגוש קו הראיה בגובה 1 רגל, ובהשמאלי בגובה 4 רגל, ולכן יודע להמודד שהבדלם I גבוה מהמקום II בשיעור 3 רגל, וגובה העליה יתלקט בין שני המקומות שלשה לאלפים, או אחר וחצי לאלף, הצורה 162 תורנו את תכונת המודד העומד על יד שולחן המדידה והמביט בקנה ההכמה ואת תכונת האיש העומד מרחוק והמחזיק את קנה המדה.

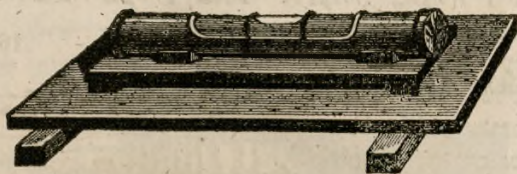
175. §. מאזני התעלה בעלי קצף האוירי (Luftblassenniveau)

הצורה 163 תורנו מאזני תעלה מבלי שפופרת נצבת, והוא: השפופרת האופקית היא של

וכוכית שתתמלא במשקה צבוע באופן שכאשר תהיה תכונת השפופרת ביושר המאזני § 33

ישאר בה מקום פנוי באמצעותה, המקום הפנוי הזה הוא קצף אוירי (אוויר) ואשר משתי קצותיו מימין ומשמאל תחולק השפופרת לקוים דקים, והיה בנוח השפופרת על מקום בלתי אופקי, או תעתק האבעבועה (בועות) בימין כאשר יהיה מירד השטח בשמאל, ובשמאל כאשר

צורה 163.



יהיה מורד השטח בימין, ומספר הקוים שתעבור עליהם האבעבועה יורנו מדרגת שפוע המורד, תועלת המאזנים האלה רבה מאד לסלילת הדרכים בנתיבת ברזל, לחפירת התעלות המחברות שתי נהרות, לתקוני קני מנהלי המים ומנהלי אויר המאזן (אוויר), להישרת שולחן המורד וחלקי המוכנות, למצוא את הנטיית למול התכונה האופקית מכל השטחים.

§ 176. מעלעגראפֿען המימיים. על חוקי שווי מצב הנוזלים בקנים מחוברים

נוסדו המעלעגראפֿען המימיים (הידרו־מימטֿר) צורות 164, 165, והוא: שני הכלים השווים בכל סגולותיהם יוצגו בשני מקומות רחוקים זו מזו ושפופרת אחת תחבר את שניהם, בכל

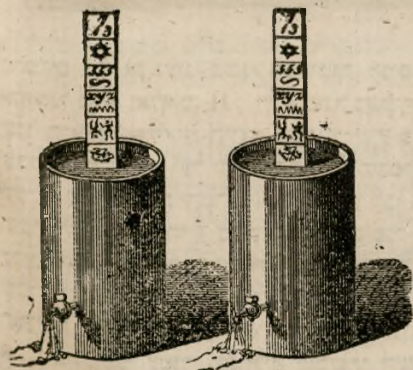
אחד מהכלים קבוע קנה מדה המחולק בקוים ומסומן באותיות במרחקים קצובים ומקומות הקוים והאותיות ישוו בשני קני המדה, והיה כאשר ישפיל איש את עמוד המים שבתוך הכלי הימני למטה, ישפיל עמוד המים מגבהו בתוך הכלי השמאלי, ובאשר שביד האיש העומד על יד הכלי השמאלי להציג את עמוד המים שבהכלי הימני על כל אות ואות שירצה, לכן דעת לנכון נקל שבעזרת הכלים האלה יוכלו שני אנשים להודיע חליפות איש לרעהו את מחשבתו מכלי אומר ודברים ובמהירות נפלאה, ההמצאה הזאת היתה טובה אם לולא היה המעלעגראפֿען העלעקטרי טוב ממנו.

§ 177. קני מנהלי מים (הידרו־מימטֿר).

בהערים הגדולות נתקנו קני מנהלי המים, המנהלים את המים בכל בתי העיר מההדרים אשר בהמרתם עד ההדרים אשר בעלית הגג, אמנם כל איש שלמד והבין את חוקי שיווי מצב הנוזלים בקנים המחברים § 172, לא יתפלא על החזיון הזה ויבין שבקרבת העיר או הרחק ממנה תמצא מקוה מים נשאה מעל כל בתי העיר ושפופרת אחת רחבה תרד מהמקוה מתחת לרצפת העיר ומשם תפרד והיתה לשפופרות רבות עוברות מתחת להרצפה בכל רחובות העיר, והשפופרות העוברות בהרחיבות תסתעפנה לראשים רבים, והמה הקנים

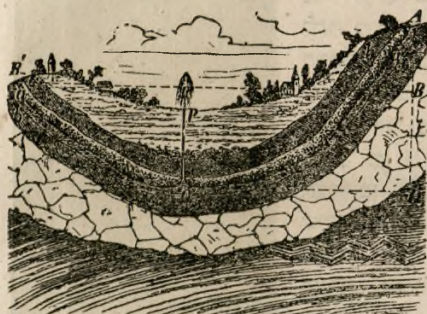
צורה 165.

צורה 164.



העולים בקירות הבתים מימין ומשמאל הרחובות, ועל פי חוקי שיווי מצב הנוזלים בהקנים מחוברים יעלו המים בכל קנה וקנה בגובה ההוא שהמה ממלאים את המקוה.

§ 178. באר נקובה (מקטע מספר 170). בערים רבות היושבות בשפלה ואשר הרים סביב להנה, ימצאו בארות נקובות שיושביה חפרו ונקבו אותן עד שמצאו תהום מים המתאחד עם המים שעל הגבעות וההרים הסובבים את העיר, באופן הוזה תתאר לנו התעלה היורדת בעומק הארץ (מההר עד עומק הבאר) את הקנה האחד, והקנה השני הוא הבאר התפורה בקו ישר בעומק האדמה, ויען שלפי § 173 צורות 158 159 נודע לנו שגם בקנים הכפופים ישוה שטח מצב המים בשני הקנים, לכן יחויב מזה שגם במימי הבאר הנקובה ישוה מצב המים לשטח מימי ההר גם אם תהיינה התעלות המחברות את מימי הבאר ותהר גלוות ועקלקלות. הצורה 166 תורה לנו באר נקובה, והוא: אם נכרה בעומק האדמה, אז נראה שרגביה סדורים המה בשדרות ישרות ועקלקלות, חלקי החומר שמהם הורכבו השדרות



ישתנו למאד, מהם מוצקים וקשים, כמו אבנים וסלעים, מהם רכים ועבים כמו שיש וחמר, ומהם קמחיים כמו החול הדק שחלקיו המה נפרדים איש איש לבדו מבלי כל חבור ביניהם, והנה נתאר לנו בהצורה 166, B; B' לשתי שדרות מוצקות שהמים לא יחדרו בהנה, ובין שתיהן תמצא השדרה A המלאה לה חול, שהמים היורדים על הארץ בתור גשם ושלג יחדרו דרך חריצי השדרה העליונה B, ואם יהיה ד"מ: גובה הנקודה A מקום התחלת השדרה גבוה מאד רגל מהנקודה P שהוא מקום ידוע באחת מחצרות העיר שבשפלה, אז אם נחפור באר עמוקה בהנקודה P ונקוב את השדרה המוצקה B עד שנגיע אל המים שנקו בהשדרה A על יד הנקודה O, אז יתרוממו המים שבהמקוה O על ידי דחיקת המים העליונים עליהם שבסביבות A, ויעלו דרך הבאר בגובה P O, ומן P והלאה עד הגיעם בגובה אחד עם הנקודה A, — בארות כאלה תמצאנה כעת למכביר בערים רבות, וביתר מהוללת הבאר הארמזעווי שבפאריז שעמקה הוא 1790 רגל והמקלחת מימיה בגובה 95 רגל רוסית, ובכל יום תקיר הבאר ההוא 112900 רגל מעוקבות מים שמדרגת חומם היא 27° צעלזיאוס.

§ 179. חוקות שווי המשקל בנוזלים המשתנים במשקלם המיוחד. אם נתן שני מיני נוזלים בלתי מתערבים זה בזה בשני קנים מחוברים, אז יתערך גובה מצבם מעל השטח המגביל ביניהם בערך מהופך למדרגת-מעבם § 63, ד"מ: אם נתן בהשוק האחד כסף חי, ובהשני מים, אז יהיה גובה הכסף חי 1 אצבע בעור שיהיה גובה המים 14 אצבעות, ולכן נוכל לקצוב בעזרת קנים מחוברים כאלה את המשקל-המיוחד

משני נוזלים בלתי מתערבים זה בזה כמו המים והכסף חי או המים והשמן וכדומה.

180. §. דיופית המנתחים. על מוסדות חוקי הקנים המחוברים § 173 נוסדה

דיופית המנתחים (מקשקשיסטר הצפון) צורה 167 שהמציא
התכם וואלף, והוא: על פי הכלי הרחב יקשר העור שהמנתחים
ירצו לחלקו לגלדיו הבודדים שהורכב מהם, והנה אלו גתן
מים בהקנה הצר באופן שנבהם יגיע עד B, אז יגיעו
פני המים שבהכלי A בהעור המתוח עליו, אולם אם נוסף
לתת מים בהקנה הצר עד C אז ילחץ שטח המים שבהכלי
הרחב לעומת העור וימתחו אותו בכח המתערך לגובה
עמוד המים שבהכלי הצר, והוא: אם יהיה שטח הכלי A
= 1 רגל מרובעת ושטח הקנה הצר B = 1 אזצבע מרובע
וגבהו מן B עד C 4 רגל, אז יהיה משקל המים שבהקנה
הצר מן B עד C = $1\frac{17}{18}$ ליטרא, וכמות הלחיצה
שילחץ העור מלמטה למעלה = $4 \times 70 = 280$ ליטרות,
וכאשר יהיה העור מתוח על פני כל שטחו במתיחה שווה
המדה, אז יוכל המנתח להפריד בנקל את כל הגלדים זה מזה
מבלי לקרוע אותם, וכן יוכל לתור את מוצאות ומובאות כל
שבולי הרם ויתר הליחות המסתעפים ביניהם בארחות בלי
ספורות.



181. §. מפוח המים (הידרמנוויטספולטובלוג). אם נכסה פי

השפופרת הרחבה A צורה 167 בלוח של ברזל ונקשור את הלוח
בעור מסביב לזר השפופרת, באופן שיהיה העור מעובד
ונקמט לקמטים כעור מפוחי חרשי הברזל ונשים על הלוח משא, אז נוכל בעזרת המים
שבהשפופרת הצרה B C להעלות את המשא בגובה, וכאשר נריק את המים מהשפופרת
אז ירד הלוח עם המשא שעליו על פי השפופרת, והנה דעת לנבון נקל שאם תהיה
תוספת וגרעון המים בלתי נפסק אז יתח ויתכווץ גם העור לרגעים, ועל האופן הזה ישתמשו
בעלי הרושת המעשה במפוחי המים (הידרמנוויטספולטובלוג) כי יחברו על הלוח מלמעלה
שפופרת חלולה אשר בעדה יוגרש האויר על ידי התפשטות והתכווצות קמטי העור.

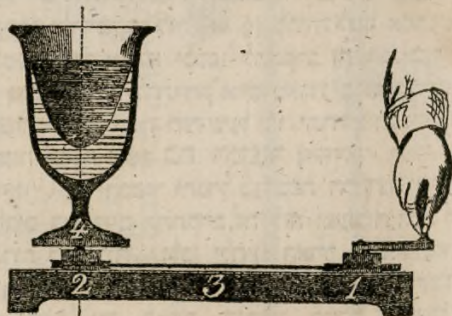
182. §. מתבנית פני המים. כבר נודע לנו שהמים יכספו תמיד להתאר בתמונה

כדורית אם לא תהיה כל סבה המפרעת להם לקבל את התמונה הזאת, ולכן יהיו מי הימים
(המכסים כמעט $\frac{3}{4}$ כדור הארץ) כדוריים בשטחם, ושטחי מי הנהרות ישתרעו ג"כ בקשיות
ארוכות המכסות את כדור הארץ, ובכלל נוכל לאמר: כי כל שטח מימי בין על הארץ ובין בכלי
הוא חלק משטח כדורי שמרכזו ירחק משטחו 860 פ"ג רק מקטנות השטח לא תורגש העקמומיות,
ולכן נוכל לחרוץ למשפט צדק כי לא יקצא בעולם כל נוזלי אשר שטחו יהיה אופקי, רק
אם המה בכמותים קטנים יתעגלו לכדורים קטנים, ואם המה בכמותים גדולים יקבלו את

צורת המקוה שיקוו בהם, אולם פני המים יהיו תמיד כדורוי ומדרגת עקמימותם הוא כעקמימות כדור הארץ יען שמרכז הארץ הוא גם מרכז שטח הכדורית מהמים.

§ 183. שווי משקל הנוזלים בכלים הסובבים בתנועה נמהרה. מראש

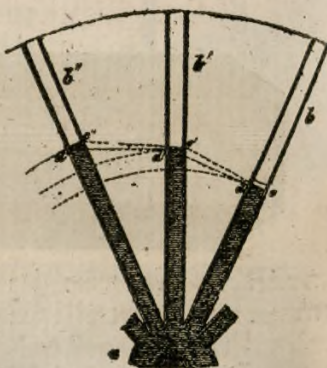
הפרק השביעי עד הנה בארנו משווי משקל הנוזלים במקוה נחה, ופה נבאר מעט מתכונת הנוזלים בכלים הסובבים על ציריהם, והוא: בהכנה צורה 168 על ידי הרצועה 3 את האופן הגדול 1 עם הקטן 2, או אם נסבב את האופן 1 יקיף גם האופן 2 בתקופה נמהרה, ואם נתן את הכוס 4 על הקוטר הזקופי מהאופן 2 שנתמלא מעט בנוזלים, אז יעלו הנוזלים בנבהם למעלה כל עוד שנמהר להקיף את האופן, ושיעור העליה יתערך לערך מהירות התקופה ולערך משקל המיוחד של הנוזלים, הכסף חי יתעלה



צורה 168.

הרבה יותר מהמים, והמים מהספירטוס, אם נתן כסף חי ומים כאחד בהכוס כשהוא נח, אז יצופו המים על הכסף חי לפי § 112, אולם אם נקיף את האופן במהירות אז יעלה הכסף חי גבוה מעל המים. יותר ברור נראה את החזיון הזה כאשר נשים את ההכנה צורה 169 על האופן 2 ונתן בשלשת קנותיה שלשה מיני נוזלים שמן מים וכסף חי השונים בכובדם, ובאשר שהקנים האלה המה מחוברים בתושתם לכן יחויב מזה שחשמן יעמוד גבוה מכולם והכסף חי שפל מכולם בעת שינוח § 179, אולם בעת שנקיף האופן יתרוסס עמוד הכסף חי וישפל עמוד השמן, סבת תחזיון הנפלא הזה נבאר בחלק השלישי בדברנו מכת המברית מהמרכז (אנטיסטטיק).

צורה 169.



פרק שמיני

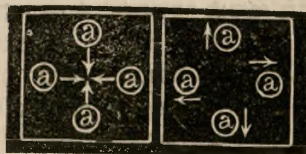
חכמת שווי משקל האוירים (אקרוסטטיק Aerostatik)

§ 184. מהות חכמת שווי משקל האוירים. חכמת שווי משקל הנופים האויריים

תורנו חוקי ותנאי שווי המשקל בנופים האויריים, ותחקור: על הכח המפזר שלהם, על תקוני כלי מודרי האויר, ואופן השמוש בהם, ותועלתם, על השתנות מדרגת המעבה בנופים אויריים, על כלי הרקות המים, וכלי הרקות האויר, על מגדלים הפורחים באויר, ועל כל יתר החוויות המסתעפים מהחוקים האלה כאשר יתבאר לנו בהסימנים הבאים.

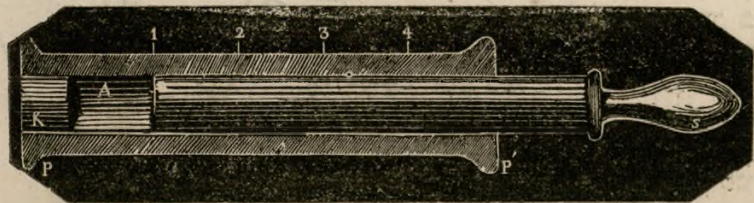
§. 185. כח המפזר מהנופים האויריים. חלקי האויר המה מרוחקים איש מאחיו על ידי החום האצור בהם ולכן לא יכספו עוד להתקרב ולהדבק זה לזה (§ 66) להיות לגוף אחד, אם נצטר לנו ארבעה חלקים אויריים נמצאים במקום אחד אז לא יכספו להתקרב זה לזה בנקודה אחת בנסיגות החצים צורה 170 אך להפך מנמתם היא להתרחק איש מאחיו בנסיגות החצים שביצורה 171, הכח הזה שעל ידו יתרחקו חלקי האויר זה מזה יכונה בשם כח המפזר (repugnatio קרמלש קרמלש).

צורה 170. צורה 171.



כח המפזר יתגדל בהוספת הלחיצה שילחצו החלקים האויריים להתקרב זה לזה ופעולות הכח הזה עוברות לכל רוח, ולכן ילחץ האויר הנסגר באווה כלי בשיעור אחד על תושבת-דודופני-ומכסה-הכלי. אם נלחץ את האויר הנמצא בתלל השפופרת צורה 172 על ידי העלי באופן שיתקטן כמות המקום שילחץ בו האויר, אז יתגדל כח המפזר שלהם בערך ישר להקטנת מקומם, או

צורה 172.

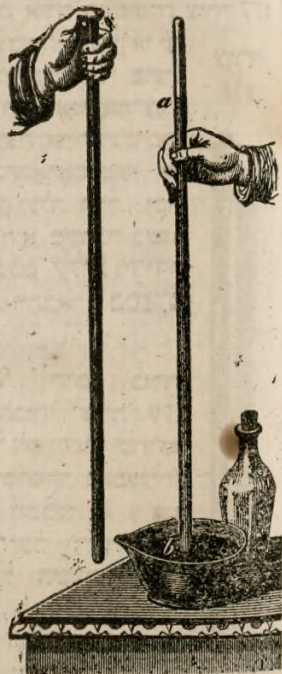


במלות שונות: בערך מהופך לכמות מקומם, ר"ל האויר ילחץ על המנופה K החוסמת את פי השפופרת בהגיע הקנה אל 1 בכח הגדול ארבעה פעמים מכפי לחיצתו עליו בהיות הקנה על יד 4.

§. 186. כובד האויר ולחיצתו. חכמי קדם לא ידעו מכובד האויר, הסגולה הזאת נודעת להחכם גאלילעאוס אבי חכמת הטבע 1640 ונתאמת במופת הותך על ידי תלמידיו החכם מארציעללע 1643, והוא: לעושי כלי הוזרקה (שכפלארענץ) לא צלחה להעלות על ידי כלי מריקי המים את המים מבור העמוק יותר מן 32 רגל פאריזי, ובאשר שחכמי הדור ההוא לא ידעו ביאור אחר לסיבת עלית המים למעלה בקני ההרקה, השפיקו להם בההנחה הברויה: שכל הנופים הטבעיים ושנאו בטבע הרקות, ולכן יבקשו המים לעלות אל המקום שהאויר לא נתרוקן עוד משם, על כן נלאו כל חכמי הדור ההוא למצוא הסיבה

מדוע לא יעלו המים למעלה מן 32 רגל? מי שם גבול ותכלית בין שנאת המים וההרקה לאמר עד פה תבוא ולא תוסיף? אולם כשנודע החזיון הזה לגאלילעאוס הבין מיד שסיבת העליה היא לחיצת האויר הלוחץ בכובדו על המים הסובבים לכלי ההרקה, ולכן לא

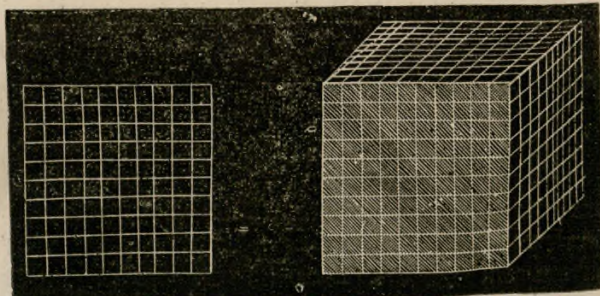
צורה 174. צורה 173.



נוכל להעלות המים רק בגובה כזה שעמוד המים העולה ישווה במשקלו למשקל עמוד האויר הלוחץ על פני המים, והוכיח מזה שמשקל האויר הלוחץ על איזה שטח הוא כמשקל הלחיצה שישכיל השטח ההוא אלו לחץ עליו עמוד מים מגובה 32 רגל פאריזי, החכם טאריציעללע נסה בחכמתו דברי רבו וימצאם כנים, החכם הזה הוכיח נאמנה שאם תהיה לחיצת האויר סיבת בלתי עלית המים בגובה יותר מן 32 רגל, כי עתה לא יעלה הכסף חי הכבד 14 פעמים במשקלו מהמים, בשפופרת שנתרוקן האויר ממנה רק עד גובה $32 \frac{1}{14}$ רגל או 28 אצבעות בקרוב, לתכלית הזאת לקח שפופרת ארוכה 30 אצבעות צורה 173 שקצה האחת סגורה וקלא אותה בכסף חי ועל קצה הפתוח שם את אצבעו ויהפוך השפופרת באופן שהיה הקצה הסגור למעלה והקצה הסתום באצבעו למטה, ובתכונה הזאת הביא קצה השפופרת עם אצבעו בקערה המלאה לה כסף חי צורה 174 ובהסירו אצבעו מעל פי השפופרת נרד עמוד הכסף שבה רק במדת 2 אצבעות למטה, ועמוד בגובה 28 אצבעות נשאר בה, ובאשר שמשקל אצבע מעוקב כסף חי הוא מעט יותר מן 17 לאטה, לכן יהיה כמות לחיצת האויר על שטח אצבע מרובע (צורה 175) כאלו היה נלחץ ממשקל 28 אצבעות מעוקבים כסף חי = 15 ליטרות, וכמות הלחיצה על שטח אצבע

צורה 175

צורה 176



מעוקב צורה 176 בכל 6 צלעותיו $6 \times 6 = 15$ ליטרות, ומה נמצא משקל האויר הלוחץ על שטח רגל מרובע $12 \times 12 = 2160$ ליטרות = 54 פוד, ומשקל כל עיגול אויר הנשימה הסובב את כדור הארץ הוא $26147 \frac{1}{2}$

ביליאן שיפפֶּנֶדֶר (1 שיפפֶּנֶדֶר = 10 פוד = 400 ליטרות), והוא חלק $\frac{1}{1300000}$ ממשקל

כדור הארץ השלם שמשקלו הוא 14 קוואדרייליאן ליטרות כאשר יתבאר אופן שיקול הארץ בספרנו עולם ומלואו.

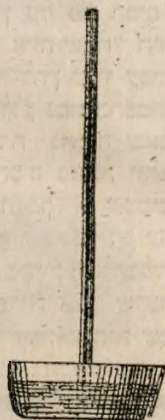
187. §. מודד כובד האויר (בלאקוועסט). אם נעשה את אורך השפופרת צורה 177

שלישים אצבעות ונחלק אותה בקנה מדה לאצבעות וליניעין או על צורה 177.

צורה 178.



עצמימטער ומיללעמעטער או יתהפך הכלי הזה לכלי מועיל מאד, והוא לכלי מודד-כובד-האויר או הבארומטער צורה 178, ותועלתו היא לקצוב את כמות לחיצת אויר הנשימה. הנסיון יורנו שגובה עמוד הכסף חי שבהבארומטער לא יהיה בכל הזמנים והמקומות בגובה אחד רק יעלה ויורד, וזה נשפוט בצדק שגם כמות לחיצת האויר הוא משתנה בשנוי הזמנים והמקומות, ההשתנות הזאת תקרא בשם עלית וירידת הבארומטער (סוואנקונגטן דפס בלאקוועסטס) ויתבאר בספרנו אותות השמים.



188. §. מודד האויר המתכותי. החכם בורדא

(Bourdon) המציא את מודד האויר המתכותי צורה 179

וזה מעשהו: טבעת חלולה A מנהושת קלל דק וספוגי שתחסר קשת קטנה להשלמת תמונתה העגולית; מחוזה באמצעיתה במסמר שבתוך תיבה עגולה, שתי קצות הטבעת a b הנה סתומות, וחלל הטבעת נתרוקן מהאויר לפני הסתימה, והנה על ידי התנגדות לחיצת האויר החיצון יתפעל השטח החיצון מהטבעת יותר משטחה הפנימי, ותוצאת הלחיצה היתרה הזאת שמבחוץ היא התעקמות הטבעת אל הפנים, והטבעת תתעגל על ידי זה ושהי קצותיה a b תקרבנה זו לזו, ובהחלש כח דחיקת האויר מבחוץ תתקרב הטבעת לתמונתה הטבעית על ידי כח ספוגיותה, ולכן נוכל למדוד מדרגת לחיצת האויר על ידי מדת הרוח שבין a ובין b, אמנם כאשר שקמן הוא הרוח מלהחלק לחלקים רבים השכיל בורדא להעתיק את התנועה הקטנה של הקצוות a b (בעזרת נושאים מורכבים ובעזרת נוצה מגוללת וספוגית) על מחט המורה (זייגער) שיוורה על לוח הציונים המכסה את התיבה מלמעלה, הבארומטער הזה נעלה במעלותיו על הבארומטער מכסף חי שנבאר לנו בסיומן העבר, (א) הוא לא ישובר באפס יד, (ב) נקל להנוסעים לשאת אותו בכל אשר יתהלכו, (ג) האויר לא יתפרץ בו למלאות את חלל הסתום והריק כאשר יתנגב האויר לבוא מדי

צורה 179.



פעם בפעם דרך הכסף חי לחלל השפופרת שלמעלה מעמוד הכסף חי והמקום הריק ימלא על יד על יד באויר דק שיתנגד אל לחיצת האויר החיצון על שטח הכסף חי המגולה, (ד) לא יתבטל מפעולתו גם בקור נורא המקפיא את הכסף חי לגוף מוצק, (ה) הוא מרגיש יותר מהכסף חי את השינויים הקטנים מלחיצות האויר המשתנות.

189. §. יסוד המאריאטע. כמות המקום שגבילו הגופים האויריים יתערך בערך מהופך אולם כמות כח המפזר ומדרגת מעבם יתערך בערך ישר לכמות הכחות הלוחצים עליהם, את היסוד הנכבד הזה המציא החכם מאריאטע, והחכמים אראנא ודולאנג נסו את אמתתו בחכמתם וימצאו אותו מדויק עד 27 לחיצות אויר הנשימה או $27 \times 15 = 405$ ליטרות לכל אצבע מרובע.

190. §. חכמת מדידת גובה ההרים על ידי הבאראָמטער היפּזאָמטעריע (Hypsometrie). על פי הנסיון נודע לנו שעל חוף הים ירד גובה הבאראָמטער בשיעור 1 מיללעמטער למטה בכל עליה שנעלה בגובה $11\frac{1}{2}$ מעמטר למעלה, או אם נעלה בגובה $73\frac{11}{29}$ רגל ירד בשיעור 1 ליניע, על פי הנסיון הזה ועל מוסדות החוק הבאראָמטע נוסדה חכמה נפלאה ומעילה מאד הנקובה בשם מדידת הגובה הבאראָמטערי, ותועלתה היא רבה למאד לדעת בעזרתה הבדל הגובה בשני מקומות על הארץ, והוא: אם נחקור על סיבת נפילת גובה הבאראָמטער בהעלותנו אותו למקום גבוה, או יתבאר לנו בנקל שסיבתו היא התקצרות העמוד האוירי הלוחץ עליו בהיותו על שטח גבוה מהעמוד האוירי הלוחץ עליו במקום השפל, ובאשר שמשקל הכסף חי הוא $13\frac{6}{10} \times 770 = 10567$ פעמים כבד ממשקל אויר הנשימה שעל פני הארץ במקום מישור השוה בגבהו לפני הים, לכן ישקלו 10567 ליניען אויר כמשקל 1 ליניען כסף חי, ובאשר כי 10567 ליניען = $73\frac{11}{29}$ רגל מעוקבים לכן בעלותנו בגובה $73\frac{11}{29}$ רגל יתקצר עמוד האויר עם 10567 ליניען ולעומתו ירד הבאראָמטער בשיעור ליניע אחת, ולכן אם כשעלינו אל ראש ההר היה גובה הבאראָמטער 27 אצבעות ± 11 ליניען ובאשר ירדנו לרגל ההר עלה הבאראָמטער עד 28 אצבעות שלמים, אז נדע מזה בטח שגובה ההר הוא $73\frac{11}{29}$ רגל, והנה לו היתה מדרגת המעבה של האויר הנשימה שוה על פני כל גבהו או היה גם כמות ירידות הבאראָמטער בשיעורים שווים, אולם באשר שהאויר יתמעט במדרגת המעבה לפי היסוד המאריאטע 189 § כל עוד שנתרחק מפני הארץ, לכן דעת לנבון נקל שלמען שירד הבאראָמטער 2 ליניען נצרך לנו לעלות בגובה יותר מן $2 \times 73\frac{11}{29}$ רגל עד שאם נעלה על ההר הגבוה 17050 רגל ירד הבאראָמטער עד 14 אצבעות, ולמען שעל ידי העליה משם ולמעלה יורד הבאראָמטער עוד 1 ליניע למטה נצרך לנו לעלות בגובה יותר על $146\frac{29}{29}$ רגל, חשבון ערך הגובה מהשטחים לערך ירידות הבאראָמטער הוא חשבון עמוק מאד ויסודותו היא בחכמת האלנעברי הנשגבה ויתבאר בספרנו חוקות שמים וארץ לכל חוקותיו ומשפטיו, ופה נסתפק להגיד להקוראים שכבר נתקנו לזה לוחות מיוחדים ועל ידם יוכל כל איש לדעת על פי מצב הבאראָמטער את גובה המקום שיקצא בו. בהלוח הזה נמצא את גובה כל המקומות שירד בהם הבאראָמטער מאצבע לאצבע, והוא:

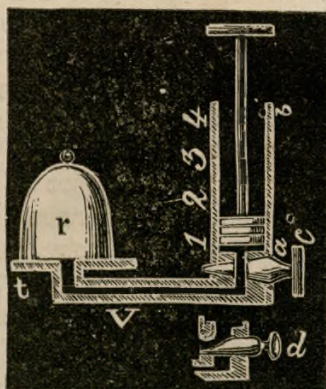
לוח מדידת גובה הדרים על ידי מצב הבארמטער

גובה ברגל	המקום פאריז	גובה באצבע פאריז	גובה ברגל	המקום פאריז	גובה באצבע פאריז	המקום פאריז	גובה ברגל
9530	19	0	28				
10860	18	890	27				
12270	17	1500	26 $\frac{5}{12}$				
13760	16	1820	26				
15350	15	2790	25				
17050	14	3000	24 $\frac{5}{6}$				
18000	13 $\frac{1}{2}$	3790	24				
18870	13	4840	23				
20850	12	5930	22				
22990	11	7070	21				
25330	10	8270	20				
27000	8 $\frac{1}{2}$	9000	19 $\frac{1}{2}$				

§. 191. כלי מריק האויר (Pneumometer). על ידי כח המפזר של האויר נוכל להריקו

צורה 180.

מכלים סגורים, והכלי שעל ידו יורק האויר יקרא בשם כלי מריק האויר, ולמען נבין פעולת הכלי הזה נתבונן על הצורה 180, והנה האויר הנלחץ בהמקום a יורק פי שנים אם נוציא העלי עד הנקודה 2, ופי שלשה אם נוציא אותו עד 3, וארבעה פעמים כשנוציא אותו עד 4, אם נציר לנו שהכלי המלא לו אויר, הוא מחובר עם שביל הקנה V, אז דעת לנבון נקל שכל אשר יצא החותם הרחק מן 1 עד 4 כן יורק גם האויר שבהכלי r שאוירו יוכל לבוא הפשי בהקנה V, ואם נדחק את החותם שנית מן 4 עד 1 אז יתעבה האויר גם בהכלי r, לכן אם תצלה בידנו לעשות הכנה כזה שבהוצאת החותם הנוצה יורק האויר ובהדחקו פנימה לא יתעבה, כי עתה יכולנו להריק האויר מהכלי r על ידי הוצאות החותם פעמים רבות, את התכלית הזאת נשיג על ידי הברוא המנוקבת פעמים (דפסס) דורכבאקטסטס (המה) המצוירת בחיבורה עם הקנה על יד האות



c, ומבלעדי הקנה על יד האות d, הברוא הזאת היא מנוקבת פעם אחת כדרך הברוא שבהמיחם (סמיוסווא) ואת הנקב הזה נראה בהברוא c, בהיות הברוא בתכונה הזאת אז יוכל האויר שבתוך הכלי r לבוא הפשי דרך הברוא לתוך שביל הקנה a b ובעלותו עד 4

יורק האויר מאד, ואז נקיף הברזא כרביעית ההיקף או 90° והדרך שבין הקנה a ו b והכלי r יסתם, ואם נלחץ אז שנית החותם פנימה מן 4 עד 1, ילחץ האויר הממלא את הקנה מן 4 עד 1 לצאת דרך הנקב השני של הברזא החוצה, יען שהנקב השני לא יתרוור את עובי הברזא אך ישתרע בו עד לחצי עביה ומשם תהיה תוצאתו בקו עקום לאורך הברזא החוצה, כאשר תתראה לנו בתבנית הברזא על יד d, ובהגיע החותם שנית להנקודה 1 כבר נלחץ כל האויר דרך הנקב (ההולך ארחות עקלקלות) החוצה, ואז נקיף שנית הברזא במרחק רביעית ההיקף ותשוב תכונתה כמו בהאות c, האויר שבתוך r יבוא חפשי

מתחת להחותם באורח ישר

צורה 181.

ויורק שנית כאשר נוציא את החותם עד 4, ומעתה נקל להבין שעל ידי תנועות החותם פעמים רבות בתוך השביל a b יורק האויר מהכלי r, ההכנה הזאת צורה 180 נקובה בשם כלי מריק האויר הברזוי (המחלולססווסס)

והצורה 181 תורנו את כלי מריק האויר עם כל כליו וקנותיו, והוא הנקוב בשם כלי מריק האויר בעל שתי שפופרות התקפה

(צוויי סטילפמלינגס וולטסווסס) אשר

בכל אחת מהנה יתנועע

חותם מיוחד, בהמוכנה הזאת

נתקנו אופנים ומופות (הפבל)

לונד גמלטהכטס סטלנגסן) והמה

יפעלו במהירות משנה, יען

שברגע עלות החותם

בהשפופרת הימנית יורד

החותם השני בהשמאלית,

הקנה מדה המוצג על יד הכלי

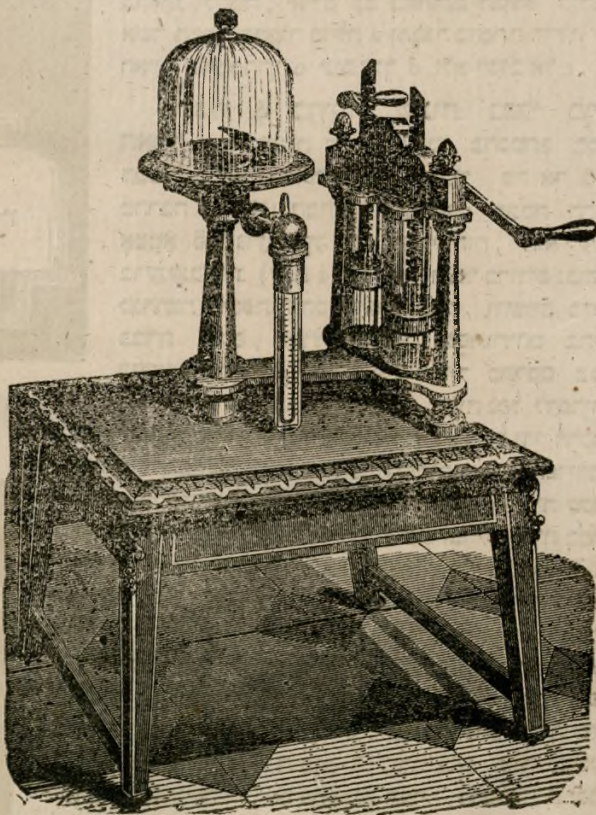
יורנו את כמות הדקת האויר

על ידי מצב גובה עמוד הכסף

חי הנדחק מהאויר שמתחת

להפעמון, מתחת להפעמון

מצויר צפור אשר ישכב מת כאשר יורק האויר וישוב לחיות ברגע אשר נעבה את האויר

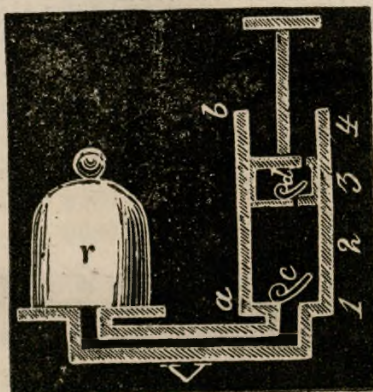


שנית אם לא התמהמה זמן רב באויר הרק, והוא: יען שבגרעון האויר מתחת להפעמן תתבטל הנשימה ומרוצת הדם התלויות זו בזו והצפור יתנק, ובהוספת האויר תשוב הנשימה ואתה יחד גם מרוצת הדם. מפעולת הנשימה בהחיים יתבאר בספרנו חכמת הכעמי, ומסכת הנשימה יתבאר בספרנו זה § 195.

§. 192. כלי מריק האויר בעל הדלתים (ומכשילן פסחוסס). הצורה 182 תורה לנו

את כלי מריק האויר בעל הדלתים, והוא: בין חלל הקנה a b ובין חלל השפופרת V תקצא הדלת c אשר תפתח בעלות החותם למעלה ותסגר ברדתו למטה, אולם גם בהחותם תקצא דלת d אשר תפתח בהסגר הדלת c ותסגר בהפתח הדלת c, האויר היוצא דרך c ינוסדרך d ולא ישוב אל r.

צורה 182.



§. 193. בחינות שונות בכלי מריק

האויר. מהבחינות הרבות שנסו בחכמתם חכמי הטבע בכלי מריק-האויר, נזכיר פה אך מעט מהרבה, (א) הבחינה הנפלאה שנסה החכם אטמאָ פֿאָן גועריקעקע אבי הכלי הזה, הוא עשה ברענענסבורג (שנת 1654) שני חצאי כדורים נבונים מנחושת שצפתותיהם חלקות מאד, והשוים בדיוק במדת גדלם, ואחרי שמשש שפתותיהם בחלב וידחיקם זה לזה, הריק את האויר מקרבם בכלי

מריק האויר דרך הברזא צורה 183, והנה שני חצאי הכדורים האלה שהיה נקל להפרידם בכל גניעה קלה נתרבקו יחד צורה 184 על ידי הרקות

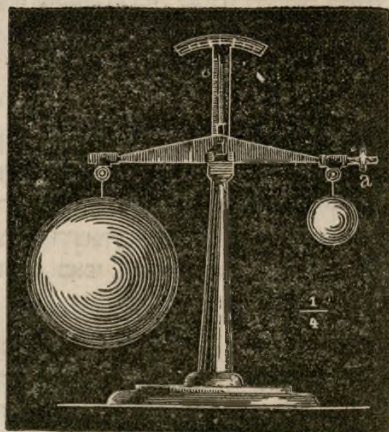
צורה 184. צורה 183.

האויר מקרבם עד שלא היה בכח סוסים רבים להפרידם, נניח שאלכסון מחצית הכדורים הוא 7 רגל אויחיה שטח הכדורי משניהם 154 רגל מרובעים בקרוב, לכן יהיה כמות לחיצת האויר על שטח שני חצאי הכדורים $154 \times 54 = 8316$ פוד, את הבחינה הנפלאה הזאת עשה אטמאָ לעיני הקיסר פֿערדינאנד ביום הועד בהתאסף כל מלכי ורוזני גערמאניא, (ב) בעזרת הכלי הזה נמצא משקל האויר על ידי שיקול איזה כלי סגור לפני ולאחר הרקות האויר ממנו, ד"מ: אם שקלנו באויר החפשי והיה משקל הכדור הנבוב A צורה 185 שווה למשקל הכדור המקשה B, או אם נריק האויר מהכדור A יכבד הכדור B בשיעור 35 גראמס אם A יגדל ממנו במדת 1 רגל מעוקבת, (ג) וכן יודע לנו שכל הגופים תמשוך הארץ בכח



אחד אחרי שמהירות נפילתם מתחת להפעמן שווה גם לגופים כבדים גם לקלים, (ד) גם

שגופים בוערים יכבו במקום שהורק האויר, (ח) שהחיים הנקנים מתחת להפעמון ימותו כרגע שמה, (ו) כי כל הנוזלים יגדפו מהר כשיורק האויר ולכן תספיק לרתיתתם שמה צורה 185.



בראשה הנתונה בצלוחית מתחת להפעמון תתרוקן מאלוה, (ח) אם נציף על פני המים שבקערה הנתונה מתחת להפעמון או יורק האויר מהפאָרען של העץ § 27 ויבואו מים תחתיהם, העץ יכבד או יותר וישקע יותר עמוק בתוך המים. על מוסדות הסגולה הזאת נוסדה המצאת החכם פאינע (Payne) למלאות את העצים בחומרי הצבע או בחומרים המרבים את חזקתם ואת קשייתם והמגנים בפני הרקבון ומאכילת התולעת, (ט) שתי מוטטלות השוות בארכן ואשר הכדור מהאחת הוא של פלאטין ומהשנית הוא של עצי מגופה תעשינה תנופות שוות בזמנים שווים אם נתלה אותן מתחת להפעמון, וזה לנו לאות כי הארץ תמשוך את כל הגופים במדה אחת כאשר יתבאר בחלק השלישי, (ב) קול הפעמון המצלצל מתחת לפעמון של כלי מריק האויר לא ישמע לנו הגם שנראה תנועת העיגבל בו, ואם נעבה את האויר על יד על יד מתחת להפעמון, או ישמע לנו שנית שקול הצלצל הולך וחזק לפי ערך היספת מעבה האויר, (כא) אם נציג שתי קערות מתחת לפעמון של כלי מריק האויר ונמלא את האחת בחומץ הנפריטי-מעלה-עשן (כויסנדרט סטופטווייטעט) והשנית במים, או יקפאו המים שבתוך הקערה מנסבת הקור שיוֹלד על ידי הנדיפה החזקה מהנוזלים § 49, (כב) אם ימצאו המים בתוך קערה קטנה של זכוכית שהושחרה מפיה הנוזל על ידי שריפת שמן הטערפענטין, או יקפאו המים בתוכה לקרח גם מבלי חומץ הנפריטי, על ידי נפריטי-סוד-הפחמי (סטופטווייטעט) שיגדפו מתחת להפעמון נוכל להוליד קור מששים מעלות.

194. §. החזיונות שנמצא את באורם בסכת הדקת ולחיצת אויר הנשימה. מנסיבות לחיצת האויר על דופני הכלים שנמצא בהם אויר דק, יתבאר לנו חזיונות שונים כמו: שאיפת הרוח או הנשימה שלהחיים (מטהזיסן) § 195, היניקה או המציצה (וויגיסן) § 196, השתיה (טניקסן) והעשנת המאבאק (טויטסן) § 197 והמוכנות הרבות שכווננו לתכלית המציצה כמו כלי מריק-המציץ (פניגסן) § 198, וכלי מכבה האש (פייסר טשריטס) § 202 כאשר יתבאר אחד אחד בהסימנים הבאים.

195. §. הנשימה תנלד על ידי הרחבת תלל חזנו בעזרת שרירי בשר (וויסקסן) שכווננו בגופנו לזה, האויר שבחזנו יודק על ידי זה, ולכן יפרוץ אויר הנשימה (הכבד מהאויר הדק הממלא את חזנו) לבוא דרך אפינו ופינו אל קרבנו, אולם כרגע יתפוצו שנית השרירים ונקטינו את תלל חזנו והאויר שבקרבנו יתעבה מהאויר הנשימה הסובב אותנו, לכן יוצא דרך נקבי אפינו ומפתח פינו החוצה, הוצאות והכנסות הרוח הזה תחלינה בעת צאת הילד מרחם אמו ותכלינה בעת יציאת נשמתו מאפו, ולכן נקרא לרגע בוא המת גם בשם: רגע יציאת נשמה.

196. §. המציצה והיניקה. אם נשים שפופרת של זכוכית או גבעול של קש בקצהו האחד במים ונמצוץ בפינו קצהו השנית שמלמעלה, או יודק (על ידי היניקה) האויר שבהשפופרת והמים ילחצו בחוקה מהאויר הנשימה הסובב אותם לעלות דרך הקנה אל פינו, באופן הזה יינקו גם תולדים משרי אמותיהן מנסיבות הדקם את האויר בפסטי הרד על ידי המציצה, ומנסיבת לחיצת האויר החיצון על השנים שהודק בהם האויר.

197. §. השתיה וההעשנה. גם בעת השתיה יודק האויר שבפינו והמשקים ילחצו בפינו בכח לחיצת האויר שבתוך הכלי, ולכן לא נוכל לשתות מהבקבוק כאשר נשים את פי הבקבוק בתוך פינו, ר"ל: כאשר נכסה בפינו את כל תלל פי הבקבוק, כאשר כי אז יודק גם האויר שבתוך הבקבוק עוד בשיעור יותר גדול מהאויר שבפינו, ולכן אם נרצה לשתות מהבקבוק נצריך לנו לעזוב את פי הבקבוק מגולה מעט למען שיוכל האויר ליכנס בו וללחוץ על המשקים שבתוכו ולהביאם בכח הלחיצה הזאת בתוך פינו. גם בעת העשנת המאבאק יודק האויר שבתוך קנה המקטרת או בהציגארע וגם האויר אשר בפינו, והאויר הנשימה ילחץ את העשן לתוך פינו אם לא ימצא העשן מקלט לרוץ דרך פרצה שברופני הקנה או מכסה הציגארע.

198. §. כלי מריק המים. אם לא נמצוץ האויר בפינו רק נעשה חכנה מלאכותית למציצתו, או תקרא ההכנה הזאת בשם כלי החרקה (פניגסן), והמה שנים למיניהם: כלי החרקה המוצץ (פניגסן), וכלי החרקה הדוחק (דיוקסן פניגסן), הצורה 186 תתאר לנו את כלי חרקה המציצה, והוא: בתוך באר מים יתן צילינדער של עץ ובתוכה תתן עוד שפופרת היונקת (וויגיסן) שתקצר ממעל על ידי הדלת המתנועעת (וויגיסן) D ולמעלה תקצא שפופרת העליה (טטיגקסה) B ושפופרת הנזילה (וויסלום קסה) E, בהשפופרת B יעלו המים למעלה ודרך השפופרת E יורקו החוצה, בתוך שפופרת העליה יתנועע החותם המתנועע A, פי השפופרת היונקת יקצר על ידי דלת מתנועעת D שתוכל להסתם ממעלה למטה כשיעלה

החותם Δ למעלה או יורד האויר מתחתיו, ועל ידי זה תסגר הדלת המתנועעת D בעוד שהדלת המתנועעת שתמצא בהחותם A תפתח והמים יעלו למעלה

צורה 186.

דרך שפופרת המציצה אל שפופרת העליה, וכאשר ירד החותם למטה תסגר דלת החותם ותפתח דלת השפופרת D על ידי המים הנמצאים ממעל להחותם A, המים יעלו מעלה מעלה אל שפופרת העליה ושמה יישפכו החוצה. על ידי כלי ההרקה כזה לא נוכל להעלות את המים כי אם בגובה קרוב לשלשים ועשרים רגל כפי שנתבאר לנו § 186.



§ 199. כדור הערראן או דוד הרוח (הערכקנסבולן) קרער וינד.

צורה 189.

צורה 188.

צורה 187.

החכם

הערראן המציא

עוד לפני אלפים

שנה באלכסנדריא

של מצרים את

דוד הרוח

שהצורה 187

תורנו תמונתו,

והוא בתוך מגופת

בקבוק סתומה

נתחבו שתי שפופרות, האחת



ארוכה צרה מלמטה ורחבה מלמעלה המנעת עד תושבת

הבקבוק, והשנית עקומה אשר קצה התחתון תעבור אך דרך המגופה ולא תגע בפני המים שבהבקבוק, ואם נפית בפינו בחזקה דרך השפופרת השניה, או יתעבה האויר ייבהבקבוק וילחץ בכחו על המים, והמים העליונים על התחתונים, ולכן יתפרצו המים התחתונים ויעלו דרך השפופרת הארוכה למעלה, והנה אם השפופרת הארוכה תהיה ישרה צורה 188 או יעלה הניצוק למעלה, ואם תהיה עקומה צורה 187 או ירד הניצוק למטה, והניולה לא תפסק כל עוד שתהיה מדרגת המעבה מהאויר בהבקבוק, גדולה ממדרגת המעבה אשר להאויר הניצוק.

§ 200. באר הערראן. החכם הערראן תקן לראשונה את באר

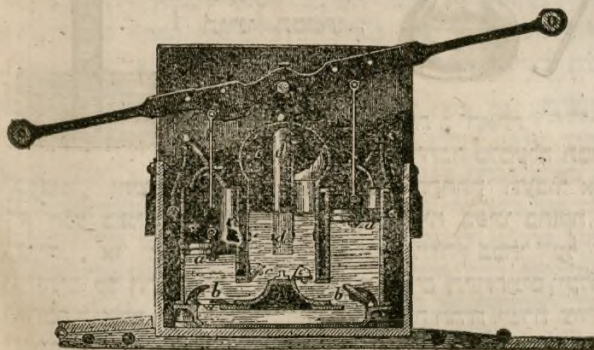
המקלחת מימיה למעלה (ספרינבוכונגס). את תבנית הבאר הזאת תורנו הצורה 189, והוא ממעל להבקבוק של כדור הערראן יוצג עוד בקבוק שני והשפופרת b הוצאת מהבקבוק התחתון תבוא בתוך הבקבוק העליון שגם בו תמצא שפופרת c, ואם נרצה שתקלח הבאר את מימיה מבלי הפסק, או נמלא מים בהבקבוק דרך המשפך אשר בקצה הקנה a, המים האלה יירו אל תוך הבקבוק התחתון וילחצו את אוירו, ואז יתפרצו המים לעלות דרך

השפופרת b להבקבוק העליון, וגם שם יתלחץ האויר וידחקו את המים להנשא למעלה ולעבור דרך השפופרת c, ומשם יפלו למטה, והנה דעת לנבון נקל שאם נשים את ההכנה הזאת בכלי רחב מלא מים, אז יבואו המים הנופלים למטה שנית אל המשפך, ומשם יעלו שנית למעלה וירדו למטה כמשפט האמור, וקלוח המים יהיה בלתי נפסק לעולם.

201. §. כלי־ההרקה הרוחק (דיוקסיונס). על מסודות דוד הרוח נוסד כלי־ההרקה הרוחק והוא: מבלעדי שיעלו המים בכלי ההרקה האלה בכח דחיקת האויר עד 32 רגל, יונבה עוד בכח דחיקת החותם על המים בגובה גדול למאד, והוא: כבר נודע לנו שעל ידי כמות כובד האויר ילחץ כל גוף שעל פני הארץ במשקל 15 ליטרות לאצבע מרובעת, ולכן יעלו המים בסבת הלחיצה הזאת בגובה 32 רגל יען שמשקל עמוד מים שאורך צלעותיו הוא 1 אצבע וגובהו הוא 32 רגל ישקול גם כן 15 ליטרות (§ 186), ומעתה דעת לנבון נקל שאם נלחץ את האויר בכח משנה מאשר ילחץ מנסית כובדו, אז יעלו המים הנלחצים מהם גם כן בגובה כפול מאשר יעלו על ידי לחיצת האויר בלבד, ר"ל: עד 64 רגל.

202. §. מוכנה מכבה־האש. כל איש שהבין פעולת כלי ההרקה הרוחק (§ 201) יבין

צורה 190.



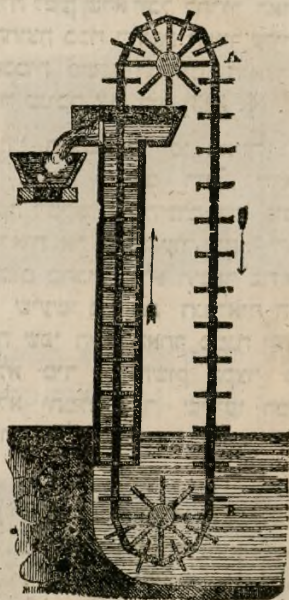
מדעתו גם פעולת כלי מכבה־האש (אייבטנקונסט) צורה 190, והוא: בעת שילחץ איש בכחו את הזורע השמאלית מהנושא יעלה העלי שבהצלינדר השני למעלה וידבק האויר שמה, המים יוכלו אז לעלות אל השפופרת דרך הדלת b' בכח המציצה, אולם על ידי ירדת העלי למטה בהצלינדר הימני יתלחץ האויר מתחת לפתוח את הדלת b וילחץ גם את המים לעלות

בהצלינדר דרך הקנה a, אם יהיה שיעור הלחיצה כשיעור המציצה או יעלו המים בהשפופרת בגובה 64 רגל, ואם יהיה שיעור הלחיצה פי שנים משיעור המציצה או יעלו המים עד כדי 96 רגל וכן הלאה, וכל זה מבואר לפי § 201.

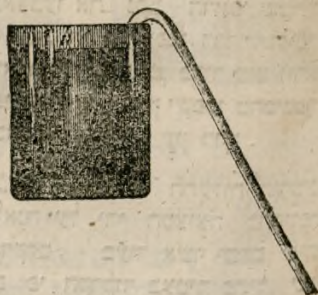
203. §. מעשה הלוחות (אייבטנקונסט). מדי דברנו בכלי ההרקה ומתועלותיו להרים המים מעומק לגובה, נביא פה גם הכנה אחרת לתכלית הזאת, והמה מעשה הלוחות (אייבטנקונסט) צורה 191, והוא: בתוך המים בעומק מעט יקצא אופן היתדות (סטייבטנדר) B (§ 133) שיוכל להתנועע על סדן אופקי, ומקביל להאופן B בגובה ידוע מעל פני המים יקצא

עוד סדין אופקי שעליו יתנועע האופן A, שני האופנים מחוברים המה על ידי כבל בלתי תכלית (קסטט טהנע סנדט), (עיין חלק שלישי), לכל חוליא וחוליא מחוליות הכבל מחובר לוח עץ רבוע, ובהתנועע האופנים תאחזנה ידותיהם בלוחות הכבלים כמו שיאחזו שני האופנים זה בזה, הלוחות שיבואו מעל האופן A משמאלו, ירדו ממעלה למטה עד שיאחזו שנית מהאופן B, ויעברו תחתיו מהימין אל השמאל, נבזה מעט מעל האופן B משמאלו תעמוד בקומה זקופה שפופרת ארוכה מרובעת ופתוחה משני עבריה מעלה ומטה, והנה הלוחות שעברו בתנועתם מתחת להאופן B יעלו מעלה מעלה ויבואו בתוך הפתח התחתון מהשפופרת, ויירימו את המים שעליהם מעלה מעלה עד בואם אל הפתח העליון מהשפופרת ושמה ישפכו אל תוך המקוה הרחבה הסמוכה להשפופרת, והנה נקל להבין שבשיהיה כמות שטח הלוח שוה לכמות שטח חלל השפופרת, אז יביא כל לוח ולוח אתו עמוד מים, שארכו ורחבו הוא כאורך ורוחב הלוח וקומתו היא כמרחק שבין שני לוחות הקרובים זה לזה, ואת העמוד המימי הזה ישפוך (מדי צאתו מהשפופרת) אל מקוה המים, המים שינשאו על הלוח יעצרו לרדת מטה, יען כי הלוח יסתום את כל חלל השפופרת לרחבה, האופן A יתנועע בכח איזה מוכנה קיטורית או בכח אדם או בהמה. אם נתלה בהכבל דליות במקום הלוחות אז תקרא ההכנה בשם: מעשה הדליות (מיינסט קונסט), הדליות תלכנה שאובות עד בואן אל המקוה ושמה ישפכו את מימיהם וישובו ריקם ובבואם למטה ישאבו שנית מים מהנהר.

צורה 191.



צורה 192.



§. 204. הדיופי (הטבעי). הדיופי העקומה

(גסקיוטסטר הסבט) היא שפופרת עקומה צורה 192 שהשוק האחד ממנה הוא ארוך והשני הוא קצר, אם נביא את השוק הקצר באיזה נוזלי ונמצוץ בפינו בקצה השוק הארוך אז תתמלא הדיופי על פני כולה מהנוזלים, ובאשר שהנוזלים שבשוק הארוך המה כבדים במשקלם מאלה שבהשוק הקצר לכן ישפכו החוצה מהקצה הארוך, ועל ידי האויר הלוחץ על פני המים שבתוך הכלי הרחב ילחצו הנוזלים לעלות שנית בתוך הדיופי שהורק אוירה ולכן נוכל על ידי הדיופי להריק את המים מכלי אל כלי.

§. 205. דיופית הדקר (סטטסטבט, דיוסט). כלי עוד יותר פשוט להרפת הנוזלים,

צורה
193.

היא דיופי הדוקרת (סטפֿהטבער) צורה 193 והוא: על ידי המציצה בקצה הדיופי למעלה יורק האויר מקרבו, והנוזלים ילחצו בכח דחיקת האויר שבהחבית ויעלו בתוך הדיופי, ולכן אם בהוציאנו את הדיופי מהחבית נשים את אצבענו על פיה למעלה למען שלא יוכל לחדור האויר בקרבה, או נצצרו הנוזלים שבתוכה מלהשפך החוצה בכח דחיקת האויר עליהם מלמטה, יען שכמות לחיצת האויר יגדל או מכמות משקל הנוזלים הנאצרים בתוך הדיופי כל עוד שימעת עמוד המים שבקרבה סגורה 32 רגל (193 §).

206. §. כוס הקסם (לויבסר בעסער). על ידי העלמת הדיופי באווה כלי נוכל להראות נפלאות לעיני ההמון שידמו כי מעשה כשפים הוא, והוא: המכשפים הטבעיים (טאגיסט) נראו לנו כוס ריקה וימלאו אותה מים עד גובה ידוע, המים ינוחו בהכוס, ואחרי כן יוסיפו למלאות את הכוס עוד מים. והנה לתמהון כל הרואים יזוּבו בפתע פתאום כל המים מהכוס ולא תשאר בה אף טיפה אחת, סבת החזיון הנפלא הוא: שהכוס שיעשו בה את הנפלאות היא בעלת דפנות כפולות ואוון הכוס היא דיופי עקומה שפי השוק האחד ממנה ימצא ברגל הכוס, לכן בהנתן בהכוס מים מעט ימלא מיד גם השוק הקצר של הדיופי, בעוד שהשוק הארוך הוא ריק עוד ולא יתמלא עד שיגיעו המים מעל להנקודה היותר גבוהה שבהדיופי, ואז יזוּבו כל המים דרך השוק הקצר בין הדפנות הכפולות והלל הכוס ישאר ריק.

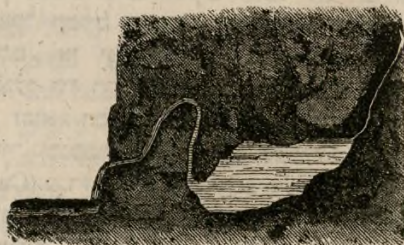
207. §. משפך הקסמי. גם במשפך הקסמי (לויבסכריטבער) יעשו המכשפים הטבעיים נפלאות, והוא: לראשונה ישפכו לעיני הרואים מים דרך המשפך והוא ישאר ריק, ואז ישאלו מההמון אם ירצו שיוזבו מהמשפך הריק יין או שמן ובאמרם שירצו או יתחילו יין או שמן לזוב מפי המשפך. אמנם אם נתבונן על המשפך נמצא גם בו דפנות כפולות ועוד שפופרת דקה עוברת מדופן לדופן פנימה ופתחה יסתר מתחת לאוון הכלי במקום שהמכשף הטבעי (טאגיסט) ידחק באצבעו עליו, והנה דעת לנבון נקל כי את החלל שבין שתי דפנות הכפולות של המשפך ושתי השפופרות שממעל ושמתחת לו, נוכל לחשוב לדיופית הדקירה (סטפֿהטבער) 206 §, והנה בטרם שנראה את נפלאותיו לבני אדם ימלא את החלל שבין הדפנות יין או שמן, ויסתום באצבעו את נקב הדיופי שמתחת להאזון והיין לא יוכל לצאת, ואחרי כן ימלא את המשפך מים, המים יעפכו דרך השפופרת התחתונה ולא יבוא עוד בין הדפנות המלאות יין או שמן, ואחרי שישפוך זמן כביר מים ויראה לכל כי ריקה היא כמקדם, יסיר את אצבעו מעל פי הדיופי והיין או השמן יעפכו מהמשפך, בהסימן הבא יתבאר לנו כי גם הטבע עשתה לה הכנות כאלה המפליאות עין רואן.

208. §. הדיופות הגדולות המלאכותיות והטבעיות. בבניני התעלות העשויה דיופות גדולות למאד, אולם הדיופות האלה לא תמלאנה על ידי המציצה כהדיופות הקטנות, רק המים ישפכו בהם דרך פתח הנמצא בקרקעם, בעוד אשר יסתם פיהם התחתון מתחת בטרם שיתמלאו, ואחרי שיתמלאו יסתם פי הקרקודר בצמיד פתיל שלא יעבור בו האויר, ופי הדיופי מתחת יפתח או, דיופות כאלה תעשויה במבואות

התעלות המתוקנות (מיינגזיכטט) שבהגיע פני המים לגובה ידוע או תמלאנה הדיופות מים מאליו, ואחרי שירד גובה המים עד שפי השוק הקצר יתגלה לרוח, אז ידחק האויר על השוק הקצר והדיופי תחל להקיר מימיה.

צורה 194.

גם דיופות טבעיות תמצאנה בחיק האדמה שנעשו בידי הטבע ולא חלו בהנה ידי אדם, והנה המסבבות את הנפלאות שנראה בהיאר צירקניצערזע שמימי יחרבו פתאום בכל עת שירד גשם רב על הארץ. גם המעין הירשברוננען הקרוב אל ההאלברשטאדטערזע אשר יחל מלהקיר מימיו כפעם בפעם ברבות הגשמים הוא דיופי טבעית, הצורה 194 תורה לנו את תבנית התעלה בדמות דיופי אשר תשתרע במעמקי האדמה ושתזוב זמן כביר כל עוד שלא ידחק האויר החיצון אך על פי השוק האחר מהדיופי כמו בכוס הקסם כאשר נתבאר לנו § 206.



209. § בחינות קלות לדעת ולראות את לחיצת האויר הנשימה. כאשר

שכלי מריק האויר והבאָראָמטער המה כלים יקרים ואינם מצויים ביד כל איש, לכן נביא פה שתי בחינות קלות על לחיצת האויר, והוא: א) אם נקה צלוחית ונמלאנה מים ונשים על פיה נייר חלק ונחזיק בידנו את הנייר ונהפוך הצלוחית באופן שיהיה פיה למטה צורה 195 או לא ישפכו מימיה החוצה, יען שכח האויר החיצון הדוחק על הנייר מבחוץ להרביקו להצלוחית יגדל הרבה מלחיצת המים בכובדם שמגמתם היא להפריד הנייר מעל פיה, ב) אם נטביל את הצלוחית

צורה 196.

צורה 195.



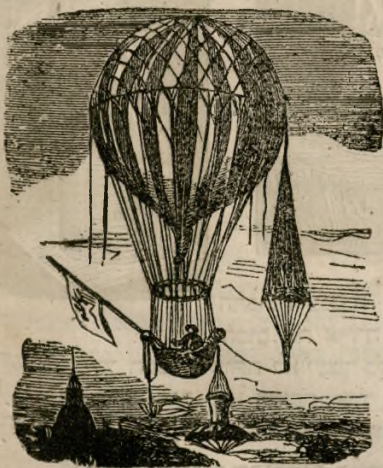
ההפוכה בנטיה עקומה מתחת לפני המים שבהדלי B, אז יגרשו המים את אוירה מקרבה, ועל כן נוכל להרים את הצלוחית למעלה והעמוד המימי הממלא אותה לא ישפך כל עוד שלא הורם יורה מעל לפני המים A שבהדלי B, סבת החוין הזה היא דחיקת אויר הנשימה על שמה פני המים A, ולכן יאִלצו לעלות בתוך חלל הצלוחית אחרי שנתרוקן האויר מכנה.

210. § מגדלים הפורחים באויר (מגנטטטשן קדטש וואטערזוקטס). כאשר שלחיצת האויר

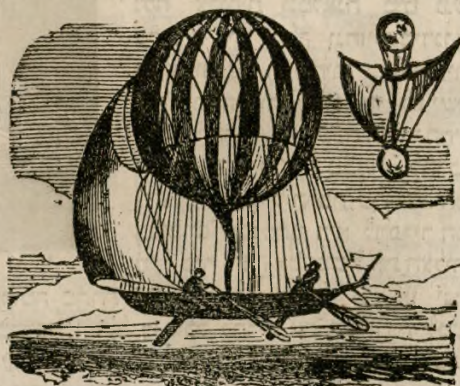
תתפשט לכל רוח וגם למעלה ולמטה כלהיצת הנוזלים, לכן יצדק גם בה היסוד הארכימדי בבהנוזלים, והוא: כל גוף הנמצא באיזה גוף אוירי יאבד מכובדו כשעור משקל

האויר הנגרש על ידו. ולכן אלו היה לאל ידנו למלאות איזה גוף נבוב בגוף אוירי הקל מאויר הנשימה, או יצוף הגוף הקל על פני האויר כאשר יצוף העץ על המים, והנה כבר ראינו בסמך 61 שימצאו גופים אויריים הקלים גם מאויר הנשימה, לכן לא יחסר לנו (עוד להגיע אל התכלית הזאת) רק הקנות מגופים קלים וחזקים ואשר לא יתנו את האויר האצור בס לצאת החוצה, ואם יהיה משקל הכלים עם האויר הקל האצור בקרבם קטן ממשקל אויר הנשימה הנגרש על ידם מתחתם, אז ינשא הכלי על פני כנפי האויר כאשר תנשא האניה מהמים, האחים מאנטגאלפיער היו הראשונים שהמציאו ברוח ביתם את המגדלים הפורחים באויר בשנת 1783, והוא: הם מלאו באויר הם כדור של בוץ (ויינחנדי) המדובק בנייר מכל עבריו, וינשא הכדור (מנסבת קלות אוירו) למרומים, וכשני חודשים אחרי כן מלא הגרפאעססאר קארעל (Carles) מגדל פורה, ביסוד המימי, בהמגדל הזה עפו אנשים אחרים במרומי האויר, החכם הנעלה גאי ליססאק עלה למרום 7000 מעטער, העולים במגדלים הפורחים באויר יקחו אתם שקים מלאים הול, למען יוכלו להתרומם בשפכם החול החוצה, ועל ידי דלת מתנועעת (ויינטייל) שתוכל להקתח על ידי משיכת החבל הקשור בה יוכלו לרדת, יען שבפתחם הדלת יבוא האויר העב בתוך הכדור ויכביר את משאו, הדלת תקצר מאלוה על ידי נוצת. עשות ברזל המחובר אליה, ולמען שירדו בטח על פני האדמה יקחו את מגדל הנפילה (וויינפיל) לרדת על ידו, כאשר יתפוצץ הכדור בהאויר או אם יאצלו על ידי איזה סוכה אחרת לעזוב אותו ולרדת על הארץ, המצאת מגדל הפורה באויר היא אחת מההמצאות הנעלות ורבות התועלות להכמת הטבע בכלל, על ידה נודע לנו

צורה 198.



צורה 197.



בדיוק את כמות מגרעת מדרגות המעבה ומדרגות החום במרום האויר, כאשר נסה זאת החכם גאי ליססאק במסעו, אולם תועלתה תקטן להחמין יען שאין עוד לאל ידנו להטות את המגדל במקום שתהיה מנמתנו ללכת,

רק ינשא על כנפי רוח מבלי בחירתנו, ולהאדם היושב בו לא נתנה המשרה כי אם לעלות מעלה או לדרת מטה, את תבנית מגדל-הפורה עם מנן הנפילה תורה לנו הצורה 198, והצורה 197 תורה לנו את המגדל עם אניה ומשומים, הנובה היותר גדול שעלה איש למרום בעזרת המגדל הפורה הוא 36000 רגל (?) עיין § 212.

211. §. כמות המשקל שיוכל מגדל הפורה באויר להרים מעל הארץ. אם נתבונן היטב על כל האמור בסימן העבר, או יהיה נקל לנו להשיב על השאלה שתתעורר בלב כל נבון לשאול כמה הוא המשא שיוכל המגדל הפורה באויר להרים מעל הארץ בעופו במרומים? והוא: בהסימן העבר נודע לנו שתוקי הצפות הגופים במים וחוקי מעוף הגופים באויר משפט אחד להם, הגופים יצופו על פני המים בכח השווה ליתרון משקל המים הנגרשים תחתיהם על משקלם § 158, וכן יעופו גם הגופים באויר בכח השווה ליתרון משקל אויר הנשימה על משקל הגופים שיעופו בו. האויר שימלאו בו את המגדלים הפורחים הוא, או אויר המאיר (וייבסגו) או אויר יסוד המימי בלתי נקי שיכבד פי שנים מהיסוד המימי מהור שמשקלו המיוחד $= \frac{1}{14}$, ולכן נחשוב את משקל היסוד המימי הבלתי נקי $= \frac{1}{7}$ ממשקל אויר הנשימה, והנה משקל 1 רגל פאריזיות מעוקבת מאויר הנשימה $= \frac{2}{5}$ לאטה, ולכן משקל 1 רגל מעוקבת מיסוד המימי בלתי נקי $= \frac{2}{5}$ לאטה, ולכן תעוף כל רגל מעוקבת יסוד המימי בכח $2 \frac{2}{5}$ לאטה, נניה שמשקל אריגת המשי שממנו יעשה הכדור הפורה הוא $1 \frac{1}{3}$ לאטה לכל רגל פאריזיות מרובעת, ואת שטח כל הכדור נמצא על ידי כפילת שטחו עם חלק הששי מאלכסונו, ד"מ: כדור שאלכסונו הוא חמש רגל יהיה כמות שטחו $5 \times 5 \times 3 \frac{1}{7} = 78 \frac{4}{7}$ רגל מרובעות וכמות ת"ג $= 78 \frac{4}{7} \times \frac{5}{6} = 65 \frac{10}{21}$ רגל מעוקבות. והנה כל רגל מעוקבת יסוד המימי תעוף בכח $\frac{12}{5}$ לאטה, לכן יהיה כח העליה מכל הכדור $65 \frac{10}{21} \times \frac{12}{5} = 157 \frac{1}{7}$ לאטה במשקל פאריזי, משקל המשי מהבאללאן הוא $\frac{4}{3}$ לאטה לכל רגל מרובעת, לכן משקל כל המשי הוא $78 \frac{4}{7} \times \frac{4}{3} = 104 \frac{16}{21}$ לאטה, לכן שיעור כח העליה בלעדיו המכסה $157 \frac{1}{7} - 104 \frac{16}{21} = 52 \frac{3}{7}$ לאטה בקרוב. אמנם כבר עשו פפני הרוח (פפני) כדורים פורחים שאלכסונם 200 רגל, והנה שטח הכדור $= 200 \times 200 \times 3 \frac{1}{7} = 125714 \frac{2}{7}$ רגל מרובעות, משקל הבאללאן כשהוא ריק $= 377143 \frac{1}{3} \times \frac{4}{3} = 1508579 \frac{1}{9}$ לאטה, ת"ג הכדור $= 880000 \times \frac{200}{7} = 251428740 \frac{20}{25}$ לאטה, לכן יהיה כח המעוף של הכדור $1508579 \frac{1}{9} \times \frac{12}{5} = 30952395 \frac{4}{5}$ לאטה, נוציא מזה 167619 למשקל הבאללאן וישאר 9832381 לאטה $= 307262$ ליטרות בקרוב, וזה הוא כמות המשא שיוכל להרים אתו מעל הארץ.

212. §. תועלת מגדלים הפורחים כיום הזה, ומה נוכל לקוות מהם בימים הבאים? . התכמה תעזו לאדם יותר מכל האברים החסרים לו שחנן היוצר לכל החיים וזולתו, את

סנפירי הדגים ימלא ביותר שאת במשוומי אניותיו ובפעמוני הטובלים, עם הצביים והסוסים יתחרה במרוצתו בעגלת הקיסור, אמנם נפש האדם לא תמלא, ויקנא גם בעוף השמים ויגביה עוף גבוה נבזה על במתי עב בהמגדל הפורה, אולם פה מנע עוד היוצר את שלימות האדם ולא נתנו לשלוש בים האוירי כאשר ישלוש בים המימי, חוג האויר נטה שכמו לשאת ולסבול את האדם ואת המגדל עם משא מאת אלף ככרים, אולם עוד לא התרצה האויר להאדם להובילו למחוז חפצו, אך ישחק בו ככדור ירוממהו וישפילהו וידחפהו ויגרשהו אנה ואנה אחר וקדם, למקום שיהיה רוח האויר ללכת וילך אתו בלי המדה את ספני הרוח כמרגלים אשר התחפשו לתור גבולות לא להם, המגדל יצוף על פני ים האוירי כקצף קטן המתגלגל תחת שואה על פני מרחבי מי אוקינוס, והאדם היושב בו חסר אונים וזנהו להטותו לחפצו כאשר אין בכח היתוש הקטן להטות קורה צפה בין משברי ימים, רבו כמו רבו הנופלים שדוד במסעם במרומים, פילאטרי (Pilatri) הראשון אשר חרף נפשו לעוף מרום 15 אָקטאָבער 1783 היה גם הראשון להללי האויר, ומני אז והלאה התרוממו כאלף אנשי רוח ואנשי שם ויפול גם מהם רב, מגדלים רבים נשרפו או נקרעו ואויריהם עלו בסערה השמימה ואנשיהם נפלו לארץ ונופצו אל הסלע, ובכל זאת לא אמר האדם נושא ויאוור בנבורתו לעבור ברוח מעל להרים וימים, לתור ולדרוש את שדרות האויר ממעל, או את מצב צבאות המלחמה מתחת, ולתת להם אותות להלחם לעבור לפניהם להסוג אחר או להסב פני המלחמה לרוח אחרת, אמנם נשובה נא ונחקרה: האם יש תקוה להמציא מוכנות להשתמש במגדל כאשר באניות הים? האם נעצור כח לשום מתג ורסן בפי הרוח האסור במרכבת האויר (וויטטוואגן)? האם נוכל לתת בים האויר דרך וברוח עזה נתיבה כאשר נתן בים ובמים עוים? המגדל הפורה יתרומם על במתי עבים ויוכל לשאת אתו אדם ובהמה ועבודה רבה, אולם חמרו הוא מטוה תולעת (משי) אשר כקורי עכביש הוא למול כח הלוחץ של האויר הלוחץ עליו מבית ומחוץ, כי בהיות הכדור בשדרות האויר השפלות ילחץ מהאויר החיצון העב, ובהתרוממו מעלה תתגבר לחיצת אוירו הפנימי על לחיצת האויר הדק הסובב אותו, סוף דבר: הכדור נכון בכל רגע ורגע להבקע כנאד נפוח. אמנם בלעדי חסרון החוץ (§ 81) הראוי להיות לחומרי הכדור. להתנגד אל הלחיצה הזאת שיוכל (אולי) להמנות על ידי הרכבת כדורים קטנים רבים לאניה אחת, יגדל עוד חסרון היכולת להטות למטרת הנוסעים, ואשר לדעתנו הוא חסרון שלא יוכל להמנות ומעט שלא יוכל לתקן, יען שהמגדל הפורה הוא אניה מבלי משומים, ואם נעשה לה משומים או יצטרכו להיות גדולים 777 פעם ממשומי אניות המים כערך דקות הגוף האוירי אל מעבה המים, או למחר אותם בתנועתם 28 פעמים ממחירות תנועות משומי אניות המים, ולזה לא ישפיק כח האדם אך נצטרך למוכנות קיסוריות כבדות, ואחרי כל אלה יקטן כח חוץ החומרים לעצור בעד רחיפות המוכנה בפעולתה, ורחיפות גלי האויר הנגרשים בסערה לפני המשומים ואשר ירדפו אותם מאחריהם, ולכן אין תקוה נשקפת (לדעתנו) להשתמש לתועלת באניות האויר כאשר נשתמש באניות המים. ממנ הנפילה נבאר בדברנו על חוקי התנגדות האמצעים.

213. § ממעוף האדם בעזרת כנפים מלאכותיים. עוד בטרם המצאת המגדל

הפורה חשק האדם לעוף במרומים כעוף השמים, אמנם בדמותו כי אין מעוף בלי כנפים לכן

מרק את שארית כחו להניע כנפים גדולים ועצומים, ממכונות המפריחות לא נוכיר פה כי אם אחת (צורה 199) שפרח בה הנער בעסניער (Besuier) הצרפתי 1787, אולם

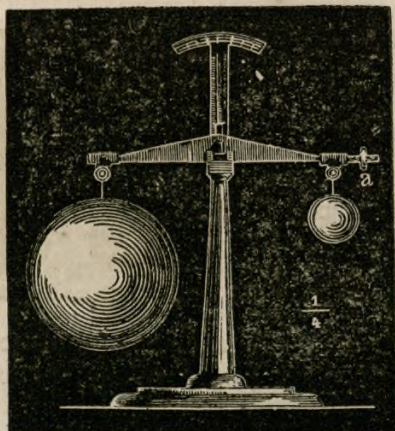
צורה 199.



גל בכל ועוקנרע, או יהיה הכח הנדרש לזה
2 כח סוסים או כח 14 אנשים.

§. 214. אופן קציבת המשקל המיוחד מהגופים האויריים. אם נשקול כדור

צורה 200.



של זכוכית צורה 200 המלא אויר הנשימה ונמצא את משקלו 1 קילוגרמם ואחרי כן נריק את האויר ממנו ונשקול אותו שנית ונמצא אותו פחות מעט מן 1 קילוגרמם, אז יורנו ההבדל את כמות משקל האויר הממלא את הכדור, באופן הזה נוכל לעשות גם עם כל הגופים האויריים הנותרים, ועל ידי חלוקת הבדל המשקל בין הכדור המלא והריק מאיזה גוף אוירי על ההבדל שבין משקלי הכדור המלא והריק מאויר הנשימה, נמצא את המשקל המיוחד מהגופים האויריים; אם נקח את משקל אויר הנשימה לאחדות, ועל פי הבחינות האלה מצאו שאם נבחר לאחדות במשקל אויר הנשימה מהם 0° ובעת שיהיה גובה מצב הבארמטער 76 צענטיםטער, אז תהיה מדרגת המעכה או משקל המיוחד מהאוירים האלה כפי שיתבארו לנו בתלות צד 147, המספרים הנכתבים על ידי הגופים האויריים וירוננו את ערך משקל הפשוט מהגופים האויריים לעומת משקל הפשוט מאויר הנשימה, ר"ל:

חכמת שווי משקל האוירים

אם נחשוב את משקל אויר הנשימה = 1 אז יהיה משקל אויר יסוד החמוצי = $1 \frac{10}{100}$ וכן ככולם. האוירים יוקצבו במשקל אויר הנשימה כאשר יוקצבו המוצקים והנוזלים במשקל המים.

לוח משקל המיוחד מגופים אויריים

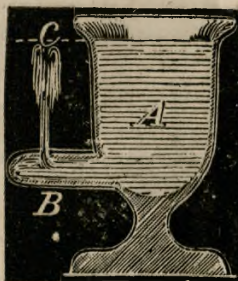
1	=	אויר הנשימה	$2 \frac{47}{100}$	=	כלארגאז
$\frac{97}{100}$	=	אויר יסוד פחם המימי (כבד)	$2 \frac{25}{100}$	=	אויר חומץ גפריתי
$\frac{92}{100}$	=	אויר יסוד מי הפאספארי	$1 \frac{53}{100}$	=	אויר חומץ הפחמי
$\frac{64}{100}$	=	קיטור המימי מתום 100 צ	$1 \frac{25}{100}$	=	אויר חומץ מלחי
$\frac{59}{100}$	=	אמאניאק גאז	$1 \frac{19}{100}$	=	אויר יסוד גפרית המימי
$\frac{56}{100}$	=	אויר יסוד פחם המימי (קל)	$1 \frac{10}{100}$	=	אויר יסוד החמוצי
$\frac{55}{100}$	=	אויר המאיר לייכטנאז	$1 \frac{4}{100}$	=	אויר יסוד החונקי

מטבע סגולות כל הגופים האויריים האלה נבאר ברחבה בספרנו חכמת הכעמי. משקל 1 רגל מעוקבת אויר הנשימה במדת ארץ שווייץ (§ 22) הוא $35 \frac{7}{100}$ גראמס ובמדד ובמשקל ארץ רוסיא $2 \frac{11}{13}$ לאטה, ידיעת כמות המשקל המיוחד מהגופים האויריים היא רבת התועלת לחשבון כח המעוף של המנדלים הפורחים באויר כאשר ראינו § 212 ואת חשבון מהירות האויר העובר ממקום למקום דרך קנים ושפופרות כמו העברת האויר המאיר (ויסוס) ממקום מולדתו אל הררי הבתים והתנויות, כאשר יתבאר לנו בדברנו על חכמת תנועת האוירים אערדינאמיק.

צורה 201.

§. 215. תערובת שני גופים אויריים זה בזה. אם

נביא שני מיני אוירים בכלי אחד או בשני כלים מחוברים זה לזה או יתערבו זה בזה אם גם האחד הוא קל או כבד מהשני לפי § 78, כאשר ראינו בהסימן העבר יהיה כלארגאז כבד $2 \frac{47}{100}$ פעמים מאויר הנשימה, ובכל זאת אם נפתח הברזא B שלהכלי A המלא מכלארגאז צורה 201, אז יעלה האויר הכבד הזה למעלה ויתמוזג עם אויר הנשימה הקל ממנו עד כי במשך זמן קטן לא ישאר בהבקבוק כל רושם מהכלארגאז, האויר הנשימה הוא גוף מעורב משני מיני אוירים שונים, והוא: בכל מאה רגל מעוקבת אויר הנשימה תמצא 21 רגל מעוקבת יסוד החמוצי עם 79 רגל מעוקבת יסוד החונקי כשיתבאר בספרנו



חכמת הכעמי, הערך שבין שני מספרי חלקי התערובות האלה לא ישתנה בכל מצבי הגובה מלמעלה לפני הארץ אף כי שכובד יסוד החמוצי יתעדר לכובד יסוד החונקי כערך 9 אל 8 לפי הלוח אשר בהסימן העבר.

תם החלק השני מהספר הראשון

אופנים, א) שבמשך הזמן תשאר המהירות בשיעור אחד ואז תקרא בשם תנועה שווי התמונה (גלייכפארמיגטעוונג), ב) שהמהירות תתגבר בכל רגע ורגע, ותקרא בשם תנועה מתגברת (באקסצליגטעוונג), ג) שהמהירות תחלש מרגע לרגע ותקרא בשם תנועה מתמעטת (דעקסצליגטעוונג), אם תהיה הוספת או מגרעת המהירות בשיעורים שווים לזמנים שווים, אז תקרא בשם תנועה מתגברת או מתמעטת בשווי התמונה.

§. 218. תנועה בשווי התמונה. אם נתבונן על ערך המהירות בין שני גופים מתנועעים אז יוכל להיות בהם ארבעה אופנים האלה, א) גם הזמנים גם הדרכים שיעברו הגופים בהם שווים זה לזה, ב) שווים בזמנים ומשתנים בדרכים, ג) שווים בדרכיהם ומשתנים בזמניהם, ד) גם הזמנים גם הדרכים משתנים, באופן א) ישתוו הגופים זה לזה במהירותם, ובאופן ב) תתערך המהירות כערכי הדרכים, ר"ל: כל שתגדל הדרך שעבר בה הגוף כן תגדל גם מהירותו, באופן ג) תתערך המהירות בערך מהופך לזמנים (ר"ל כל עוד שיקטן כמות הזמן כן תגדל המהירות, באופן ד) תתערך המהירות כהמנות היוצאות מחלוקת הדרכים על הזמנים, ד"מ: אם עברנו בעגלה הנמשכה מסוסים במשך עשרה זעקונדען מאה רגל ובעגלת הקיטור במשך 15 זעקונדען 600 רגל, אז יהיה ערך המהירות כערך $\frac{100}{10}$ אל $\frac{600}{15}$ $40 : 10 = 600 : 15 = 4 : 1$.

§. 219. כמות התנועה. הכח שבו יפעל הגוף המתנועע על הגוף הנח שיפגוש בדרך הילוכו, יתערך גם לערך משאו של הגוף המתנועע גם לערך מהירות תנועתו ויקרא בשם כמות התנועה (גנעסס דעס בעוונגס), כמותי התנועה משני גופים מתנועעים יתערבו זה לזה כערך המכפלות הנולדות מכפילות משאי הגופים עם מהירותם, ולפי זה יהיה ערך כמות התנועה מגוף א' שמשאו הוא 5 ליטרות ומהירות תנועתו היא 10 רגל לזעקונדע; לכמות התנועה מגוף ב' שמשאו = 2 ליטרות ומהירות תנועתו היא 25 רגל, כערך 5×10 אל 2×25 , או כערך 50 אל 50 או 1 אל 1, ר"ל כמות התנועה ישוה בשני הגופים. נמשך מזה ששני הגופים השונים גם במשאיהם גם במהירות תנועתם זה מזה, יוכלו בכל זאת להשתוות בכמות תנועתם, אחרי שהמשא ומהירות התנועה תוכלנה למלאות אישה את חסרון רעותה, כח הכדור שמשקלו הוא 25 ליטרות והנורק במהירות 2000 רגל ישוה לכח גזרת הקרח שמשקלו 10000 ליטרות ומהירותו היא 5 רגל, המשפט הזה יתאמת גם כן על ידי הנסיון והוא אחד מהחוקים היסודיים שכל עמודי הכמת המעכאניק נשענים עליהם, אמנם אם נשאל לנפשנו במה ישתוו כמות החומר ומהירות עד שנוכל לשום את הכמות האחד תחת משנהו? או במלות שונות: מדוע נוכל להחליף ולהמיר כמות המשא במהירות ומהירות בכמות המשא מבלי להפסיד מכמות התנועה מאומה? איכה תפעל האבן שמשאה הוא 1 ליטרא והנורקה במהירות 100 רגל פעולה השווה לפעולת האבן שמשאה = 100 ליטרות והנורקה במהירות רגל אחת? איכה תמלא מהירות של 99 רגל את חסרון המשא של 99 ליטרות חומר? ולהפך, וביותר נתפלא אם נתבונן שבאופן הזה שימלא משקל הליטרא את אורך הרגל, כן ימלא גם משקל הגראן את אורך הפרסה, ורוחב האצבע את משקל

אלפי אלפים ככרות, הכל לפי ערך מאחדיות (מיידיס) הנבחרות לשער על ידן את המשקל והמדות אחרי כי 1 גראנן $\times 2 פ"ג = 1 פ"ג \times 2$ גראנן, וכן 1 מיליאן ככרות $\times 2$ אצבעות $= 2$ ככרות $\times 1$ מיליאן אצבעות, שבאופן הראשון ימלא הגראנן את מהירות 1 פ"ג ובאופן השני ימלאו 1 מיליאן ככרות את מהירות רוחב האצבע, אולם הגם שהמשפטים האלה המה מאבני הפנה בחכמת השבע והמעכאניק, ונוכחים המה בכל ספרי החכמות האלה, בכל זאת יתנו לנפשם אך מעט מועד מהקוראים מושג נכון מהם, ורבים מהם לא יתעוררו גם לשאול, ובפי רבים אשר שאלנו אותם לא מצאנו תשובה נכונה על סבת התקוין הזה, ולכן נרחיב מעט את דברינו בתשובת השאלה הזאת בסימן הבא.

§. 220. ביאור סבות שיווי הפעולה מכמות החומר והמהירות. אם גוף המתנועע במהירות ידועה יפגוש בגוף נח ב או יאצול את כח תנועתו עליו, והגוף הנח יתחיל להתנועע במהירות ידועה המתערכת לכמות התנועה שלהגוף א ולמשאו שלהגוף ב. המשפט הזה יתאמת על ידי כל אחת משתי ההנחות האלה, והוא: הנחה ראשונה, אם נרצה להניע גוף א ממקומו שכמות משקלו הוא אחד מאחדות המשקל מאיזה שיהיה (גראנן ליטרא ככר), או נצרך לנו לזה כח ידוע שנכנהו ג, ולכן דעת לנכון נקל שלמען הניע שני גופים שמשקל כל אחד מהם הוא כמשקל הגוף א, או למען הניע גוף ב, שמשקלו הוא פי שנים כמשקל הגוף א, נצרך לנו בלי ספק גם כן שני כחות מניעים, שגודל כל אחד מהם הוא $= 2$ ג, או כח אחד משנה שגודלו הוא $= 2$ ג, וכן אם נרצה להניע גוף במהירות ידועה (ד"מ: באורך אצבע, רגל, אמה) לזעקונדע, או נצרך לזה גם כן כח קצוב שנכנהו כ, ואם נרצה למרר תנועת הגוף במהירות משנה, ר"ל: 2 אצבעות או 2 אמות לזעקונדע, או יוצרך לנו בלי ספק גם כן שני כחות כ, או כח אחד משנה הגדול בפעולתו כפעולת 2 כ, נמשך מזה, שבערך הוספת הכח המניע, אחת היא, אם נוסיף על כמות המשאות, או על כמות המהירות של הגוף המתנועע. הנחה שניה, אם יפעל איזה עצם בעל רצון חפשי פעולה מה, או יוכל להעריך את כמות כח פעולתו לפי הפעולה שירצה להוציא למענהו, למען שלא ייגע לריק בעברו בכח קטן עבודה הצריכה לכח גדול, או למען שלא תצא לו פעולה הגדולה יותר מהשיעור הנדרש לו, כן ד"מ: לא ינסה האדם להעתיק בכחו צור ממקומו, וכן לא יוציא האדם שבכחו להרים 300 ליטרות את כל כחו בהרימו ליטרא אחת, אמנם לא כן הוא בפעולת העצמים הדוממים, שאין כל חפץ ורצון להם בפעולתם, המה לא יעריכו את כמות כחם אל הפעולה הנדרשת מהם, ותמיד יוציאו את כל כמות כחם על העצמים הנפעלים מהם, בין שתהיה הפעולה הנרצה מהם גדולה או קטנה, ד"מ: הגופים האויריים הגדולים מתבערת האבק-מורה בהקאנאנע, יוציאו את כל כמות כח ספוגיותם כשיפגשו בכדור כמשקל ליטרא אחת או 50 ליטרות, ובאשר שבכמות הכח שלהקאנאנע הוא די להניע בו גוש ברזל הכבד כמשקלו מאה אלף ליטרות במהירות 1 רגל לזעקונדע, לכן דעת לנכון נקל שרוב כחו גם להניע בפעם אחת שני אלפים כדורים הצבורים יחד שמשקל כל אחד מהם חמשים ליטרות, ובאשר שכל הכח הגדול הזה האצור בהקאנאנע יפגוש אך בכדור אחד

ממשקל 50 ליטרות, ויפעל עליו בכל יכלתו, לכן ימחר הכדור שני אלפים פעמים מכפי שימחרו 2000 כדורים הצבורים יחד, ומהירות תנועתו תהיה לפי זה 2000 רגל לזעקונדע, שתי אלה ההנחות המתאמות על פי השכל והנסיין, תורונו באר היטב שבדרך מספר הפעמים שיקטנו משקלי החמרים המתנועעים על ידי איזה כח מניע יתנדל גם כמות מהירות תנועתם, ולהפך, ולכן יהיה המיד כמות התנועה שווה אל המכפלה הנולדת מממשקל הגוף עם מהירות תנועתו.

221. § תנועה מתגברת בשווי המדה. אם יגרש גוף אחד ממנוחתו על ידי כח דוחפי, או יתנועע בנשנת הרחיפה וישאר במשך תנועתו במהירותו שנאצלה עליו מהכח הדוחף, אם לא נפעל בעת הזאת מאיזה כח אחר (וזלת הכח הדוחפי הראשון) שיכסוף למחר או לעצור את מהירותו, או לשנות את נשנתו, ולכן תהיה תנועת הגוף הנרחף תנועה שווי המדה לפי חוקי ההתמדה (29 §), אולם אם בכלות הרחיפה הראשונה ישיג הגוף המתנועע עוד רחיפות רבות בזו אחר זו, השוות בנשיתן לנשנת הרחיפה הראשונה, אז תתגבר התנועה מרגע לרגע. אם תבואנה הרחיפות בכמות כחות שוים בזמנים שוים, אז תהיה התנועה הנולדת על ידן תנועה מתגברת בשווי המדה (גוייִצֶקְוִיג בפסוֹיִיניט), ובאשר שלכל כח הפועל בנטיה אחת מבלי הפסק להניע איזה גוף נוכל לחשוב לרחיפה המתחדשת לרגעים, לכן תהיה התנועה הנולדת על ידו גם כן תנועה מתגברת בשווי המדה, כאשר יתבאר לנו בחוקי נפילת הגופים.

222. § תנועה נעצרת בשווי המדה. אם תהינה נטיות הרחיפות האחרונות לרוחות מנגדות אל נשנת הרחיפה הראשונה, אז תולד מזה תנועה נגרעת או נעצרת, וכאשר תבואנה הרחיפות המנגדות בכמות כחות שוים בזמנים שוים, אז תהיה התנועה הנולדת על ידן תנועה נעצרת בשווי המדה (גוייִצֶקְוִיג פסלֶנְגֶרס בפוסטגונג) כמו תנועת הגופים הנזרקים למעלה.

223. § גדר התנועות המתגברות והנעצרות בשווי המדה. מהמבואר לנו 221 §, 222 §, נוכל להגדיר את שני החוקים האלה בקצרה, והוא: (א) תנועה מתגברת תולד מפעולת כח מתמיד מבלי התנגדות או לכל הפחות אם כמות ההתנגדות יקטן מהכח המגביר, כמו בנפילות הגופים להארץ, שהתנגדות האוויר תקטן מכמות כח כובד הארץ הפועל בהתמדה, (ב) תנועה נעצרת תולד כשתמצא התנגדות מתמדת להתנועה והכח המניע לא יתגבר מאומה, או כי יתגבר אך בשיעורים הקטנים משיעורי ההתנגדות, למיני התנועה הזאת תחשבנה תנועות הגופים העולים למעלה בכח הזריקה, ותנועות אופני המוכנות אחרי שנפסקה פעולתן ותנועות גלי הים אחרי ששקטה הרוח.

224. § שלשה עיקרים לחשבון התנועה המתגברת בשווי המדה. בכל תנועה מתגברת בשווי המדה נצרך לנו להתבונן בשלשה דברים, והמה: (א) המהירות האחרונה שיכלה בה הגוף את תנועתו, (ב) הדרכים שיעברו במשך תנועתם, (ג) הזמנים שהתמידו בהם בתנועתם המתגברת, את משפטי שלשה עיקרים האלה מהתנועה המתגברת

נבאר בהסימנים 225; 226; 227; באר היסב ושום שכל בששה משפטים כוללים.

225. § שלשה משפטי מהירות תנועה המתגברת בשווי המדה. (א) המהירות

האחרונות ששינוי שני גופים המתנועעים בכח יסודי אחד ובכח מנבד אחד בזמנים שונים, תתערכנה זו לזו כערך הזמנים שעברו מהתחלת תנועתם, ד"מ: אם זמן תנועת הגוף האחד הוא 1 מינוטע, וזמן תנועת הגוף השני הוא 2 מינוטען, אז יהיה גם כמות המהירות האחרונה מהגוף השני גדול פי שנים ממהירות האחרונה של הגוף הראשון. (ב) המהירות האחרונות ששינוי שני גופים אחרי שעברו בדרכים השונים בארכם, יתערכו זה לזה כשרשי מרובעי הדרכים, ד"מ: גוף אחד עבר בדרכו 64 רגל, והשני 81 רגל, יתערכו בערך מהירותם האחרונה, כערך 8 אל 9.

(ג) המהירות האחרונה ששינוי גוף מתנועע בתנועה מתגברת בשווי המדה אחרי שהתמיד בתנועתו זמן קצוב, הוא בכמות גדול כזה, שאם יתמיד הגוף במהירותו זאת מכלי להתגבר עוד; זמן שני השווה להזמן שהתנועע בהתגברות, אז יהיה אורך הדרך שיריץ בו הגוף בזמן השני, גדול פי שנים מהדרך שעבר בו בזמן הראשון במס נתבטלה בו ההתגברות, ד"מ: אם כדור התנועע 10 מינוטען, באופן שבחמשה מינוטען הראשונים התגברה מהירותו בשווי המדה, ובחמשה מינוטען האחרונים הוסרה ממנו ההתגברות והתנועע אך בשווי המדה בכמות המהירות האחרונה שהשיג מקץ המינוטע החמישית, אז יהיה אורך הדרך שיעבור בו הגוף מקצה המינוטע החמישית עד קצה העשירית; גדול פי שנים מאורך הדרך שעבר בו מראש המינוטע הראשונה עד קצה המינוטע החמישית, ר"ל: אם יהיה אורך הדרך בחמשה מינוטען הראשונים (בעת התגברות תנועתו) 50 רגל, אז יהיה אורך הדרך בחמשה מינוטען האחרונים (שיעבור בשווי המדה במהירות האחרונה שהשיג מקץ המינוטע החמישית) 100 רגל.

226. § משפטי חשבון הדרכים שיעברו הגופים המתנועעים בשווי המדה.

(א) הדרכים שיעברו הגופים המתגברים בתנועתם בשווי המדה יתערכו זה לזה כמרובעי הזמנים, ד"מ: שני גופים שבכמות זמני תנועתם יתערכו זה לזה כערך 3 אל 4, יתערכו זה לזה בערך אורך הדרכים שעברו בהם כערך 9 אל 16, או כערך 3×3 אל 4×4 . (ב) הדרכים שיעברו הגופים בזמנים שונים, יתערכו זה לזה כערך מרובעי מהירותם האחרונה, ד"מ: בגופים שיתערכו זה לזה במהירותם האחרונה כערך 4 אל 5, יתערכו בדרכיהם כערך 16 אל 25 או כערך 4×4 אל 5×5 .

227. § משפט זמני תנועה המתגברת בשווי המדה. הזמנים שהתמהמו

הגופים בעברם בדרכים בלתי שוים בארכם, יתערכו זה לזה כשרשי מרובעי אורך הדרכים, ד"מ: גוף אחד עבר בדרך 36 רגל והשני 49 רגל, אז יהיה זמן הראשון 6, וזמן השני 7, יען כי $6 = \sqrt{36}$, $7 = \sqrt{49}$.

228. §. מנפילת הגופים לארץ ומסבת התגברות מהירות התנועה ההיא.

בהגופים הנופלים למטה לארץ יהיה כח כובד הארץ הכח המניע אותם, ובאשר שפעולת הכובד הזה היא בלתי נפסקת, לכן תתגבר תנועת הגוף מרגע לרגע (§ 223), דהרדך שיפול בו הגוף בזמנים שונים יתעדר כערכי מרובעי הזמנים, סבת המשפט הזה נדע אם נצטר לנו הזעקונדע הראשונה שיפול בה הגוף מחולקת לאלף חלקים, ואת דרך הנפילה בזעקונדע הראשונה מחולקת על 500500 חלקים, ואז נוכל לתאר לנו הנפילה באופן הזה: שבהחלק הראשון מחלקי הזמן ירוץ הגוף על ידי כח הכובד אך חלק אחד מהחלקים הקטנים האלה שהדרך נחלקה עליהם, וכמרחק החלק הזה היה הגוף הולך ונופל בכל אחד מחלקי הזמן על ידי כח ההתמדה (§ 29) גם אחרי שהיה בטל כח הכובד של הארץ מכללו, אולם באשר שהכובד יפעל עוד את פעולתו גם בהחלק הזמני השני, לכן יפול הגוף בהחלק הזמני השני במהירות משנה, והוא: האחת על ידי פעולת הכובד ואחת על ידי כח ההתמדה, ולו נתבטל כח הכובד מקץ החלק הזמני השני; כי עתה היה כבר נופל הגוף בכל אחד מחלקי הזמן מסבת ההתמדה במהירות משנה מאשר נפל בחלק הזמני הראשון, אולם גם בהחלק הזמני השלישי פעל עוד הכובד והוסיף על מהירות הגוף כהשיעורים שנתוספו עליו בהחלקים הראשון והשני, נמשך מזה שתהיה פה מהירות הגוף בהחלק השני = 2, בשלישי = 3, ברביעי = 4, המהירות האחרונה מהגופים הנופלים בזמנים שונים תתערכנה זו לזו כערכי אורך הזמנים, ובוה יתאמת המשפט א (§ 225).

229. §. ערכי הדרכים משני גופים הנופלים בזמנים שונים. אם נקבץ את

כל מספרי הדרכים שיעבור בהם הגוף במשך זעקונדע אחת המחולקת לאלף חלקים § 228, אז נמצא את קיבוצם על ידי קיבוץ אברי החרוזה המספרית 1 ± 2 ± 3 ± 4 ± 5 1000, והנה קיבוץ כל החרוזה מספרית (מריטומטיפסייחט) נמצא על ידי כפילת קיבוץ המחירים מהאבר הראשון והאחרון עם מחצית מספר האברים, ד"ס: בחרוזה מספרית מן 1 עד 10, נמצא את קיבוצה על ידי התמונה הזאת, $10 \times \frac{1}{2} = 1 \pm 10$ = 50500. ואם נצטר לנו כי גוף שני נפל 2 זעקונדען במרחק הגיע לארץ, אז יהיה אם נחלק אותם על 2000 חלקים זמניים, שיעור חלקי הדרך = $2000 \times \frac{1}{2} = 1 \pm 2000$ = 2001000 = 2001 חלקים, אם נעריך את המספרים 500500; 2001000 זה לזה, או נמצאים בקרוב נערכים כערך 1 אל 4 או כערך 1 × 1 אל 2 × 2 והערך ישתו בדיוק בהחלק הזמן לחלקים יותר קטנים § 127, ובוה יתאמת המשפט א (§ 226).

230. §. ערכי זמני הנפילה אל הדרכים. הנסיון יורנו שהמהירות הנקנה להגוף

הנופל היא 30 רגל פאריזי (בקרב) מקץ הזעקונדע הראשונה, ר"ל: אלו היה נתבטל כח הכובד מכללו, והגוף היה נופל אך בכח התמדה המהירות לבד שהשיג מקץ הזעקונדע הראשונה; כי עתה עבר בהזעקונדע השניה 30 רגל, ובאשר שהגוף התחיל את תנועתו

במהירות = 0 והתגבר במהירותו האחרונה עד 30 רגל, לכן יהיה אורך דרכו $\frac{30 + 0}{2}$

חוקי נפילת הגופים

155

= 15 רגל, בהועקונדע השניה יתחיל הגוף הנופל את תנועתו במהירות 30 רגל, ובאשר שהכובד עוד לא נתבטל לכן תתגבר התנועה גם בהועקונדע השניה כבהראשונה ותתוסף מהירותו עד קצה הועקונדע השנית גם כן 30 רגל ובחירתה התגבר עד 60 רגל, ואורך הדרך שיעבור בהועקונדע השנית הוא $\frac{60 \pm 30}{2} = 90/2 = 45$ רגל, בהשלישית יתחיל את תנועתו

במהירות 60 ויכלה אותה במהירות 90, לכן אורך דרכו $\frac{90 \pm 60}{2} = 150/2 = 75$ רגל,

בהרביעית $\frac{120 \pm 90}{2} = 210/2 = 105$; בהחמישית $\frac{150 \pm 120}{2} = 270/2 = 135$

רגל; בהששית $\frac{180 \pm 150}{2} = 330/2 = 165$; בהשביעית $\frac{210 \pm 180}{2} = 390/2 = 195$

= 195; בהשמינית $\frac{240 \pm 210}{2} = 450/2 = 225$; בהתשיעית $\frac{270 \pm 240}{2} = 510/2 = 255$

= 255; בהעשירית $\frac{300 \pm 270}{2} = 570/2 = 285$ רגל, אם נסדר את מספרי

הועקונדען ואת אורך הרכים שיפול הגוף בכל אחת מהועקונדען ואת יחסי הערכים שיתערכו הרכים זה לזה, בשלש חרוזות זו למטה מזו, או יצא לנו שערכי הרכים מהומנים המסודרים על סדר טבעי המספרים, הוא כערך המספרים הבלתי זוגיים (*), ד"ס:

חרוזות הומנים 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

חרוזות הרכים 15, 45, 75, 105, 135, 165, 195, 225, 255, 285.

חרוזות ערכי הרכים 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19.

החרוזות האלה תורנו למשפט צדק שבהועקונדע 1 יעבור הגוף הנופל 1×15 ; בהועקונדע

2 יעבור 3×15 , בהועקונדע 3 יעבור 5×15 רגל, וכן הלאה, בכל אחת מהועקונדען

יתוסף על אורך הדרך שנפל בו בהועקונדע שלפניה בסך 2×15 רגל, והוא מתאמת

לפי חוקי ההתמדה (§ 29). אם נבקש חשבון לאורך הרכים שעבר בהם הגוף הנופל

מתחלת נפילתו עד קץ כל אחת מהעשר ועקונדען, ולתכלית הזאת נבחר לנו למוד

את הרכים בקנה מדה שארכו הוא 15 רגל, אז יצא לנו מקץ הועקונדע

הראשונה 1 = 1

השניה 4 = 3 ± 1

השלישית 9 = 5 ± 3 ± 1

הרביעית 16 = 7 ± 5 ± 3 ± 1

החמישית 25 = 9 ± 7 ± 5 ± 3 ± 1

(*) זוגיים יקראו המספרים שמתחלקו על 2 מבלי שארית, כמו 2, 4, 6, 8, 10, ובלתי זוגיים מהם המספרים שיסלדו 1 לשארית כמתחלקם על 2, כמו 3, 5, 7, 9, 11, ודומיהם.

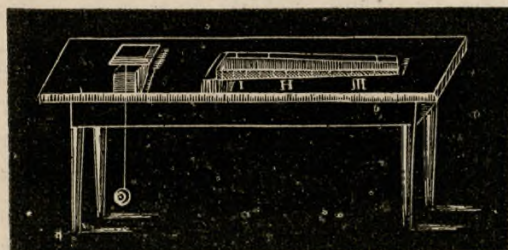
חוקי נפילת הגופים

36 =	11	9	7	5	3	1	הששית
49 =	13	11	9	7	5	3	השביעית
64 =	15	13	11	9	7	5	השמינית
81 =	17	15	13	11	9	7	התשעית
100 =	19	17	15	13	11	9	העשירית

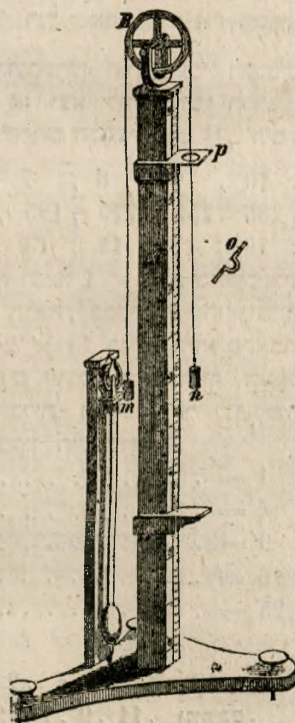
ובהעריכנו מספר מרת הדרכים למול מספר הזעקונדען, או יצא לנו שתי החרוזות האלה.
 זמנים 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 זעקונדען.
 דרכים 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100 קני מדה.
 וערכי המחירים מאברי חרוזות הדרכים יתערכו כמשובעי המחירים מאברי חרוזות הזמנים לפי המשפט א (§ 226).

§. 231. בחינות על אמתות חוקי הנפילה. התכם גאללילעאום המציא לראשונה

צורה 202.



צורה 203.



את חוקי הנפילה בראש המאה השבע עשרה, בבחינותיו שנסה בחכמתו להשליך כדורים משטחים נוטים וחלקים כמו בצנור הנפילה (פאנלינג) צורה 202, המטוטלת (פנורב) תחובר אליה למרוד את זמן הנפילה, אמנם טובה ממנה היא מוכנת הנפילה שהמציא אדוואמי צורה 203, המוכנה הזאת היא מורכבת מעמוד עץ גבוה 10 רגל הנושא על ראשו גלגל קל להתנועע B, ומסביב להגלגל נכרך חוט של משי אשר בשתי קצותיו תלויים שני צילינדרים m ו-n השווים זה לזה שמשקל כל אחד הוא 10 גראמם ומשקל הגלגל הוא 50 גראמם, הגלגל ינוח על ציריו ולא יתנועע כל עוד שיהיה כובד שני הצילינדרים שווים זה לזה, אולם אם נוסף על הצילינדר האחד n הכרעה ממשקל 3 גראמם, או יניעו שלשה הגראמם האלה בעורף כובדם את הצילינדר n למטה, ושיעור התנכרות מהירות התנועה על ידי ההכרעה הוא 1 רגל לזעקונדע, יען שמשקל השלשה גראמם יניעו בכחם משקל כבד 45 גראמם, והוא :

משקל שני הצילינדר = 20 ומשקל הצי הנגל = 25 גראמס, (מהנגל לא נחשוב רק הצי משקלו, יען שמהירות תנועתו תתמעט בו מהמקיף לצד המרכז ותחת המרכז תהיה 0, לכן כשתהיה מהירות מקיפו = 1, אז תהיה מהירות תנועתו הכללית $1 = \frac{1 + 0}{2}$, ונהה לו היה נופל המשקל (3 גראמס) המכריע הפשי; כי עתה עבר 15 רגל בהזעקונדע הראשונה, אמנם כאשר יוכרח להניע בנפילתו משא הנדול 15 פעמים ממשאו, לכן יהיה אורך דרכו בשיעור $\frac{1}{15}$ מהנפילה החפשית, או בדרך רגל אחת לזעקונדע, ואם נציג למול עמוד המוכנה את קנה המדה המחולק במדת הרגל והאצבע, נראה שבהזעקונדע הראשונה יורד הצילינדר n במרחק 1 רגל, ובהזעקונדע השניה 3 רגל, בהשלישית 5 רגל, מקץ הזעקונדע השניה יעבור 4 רגל, ומקץ הזעקונדע השלישית יעבור 9 רגל, והמטומלת המתנועעת על יד המוכנה תודיע לנו על ידי הרעדותיה את מספר הזעקונדען שיעברו מראשית הנפילה עד סוף הבחינה.

232. §. יסודות התנועה המתגברת בשווי המדה. כאשר שחוקי תנועה המתגברת בשווי המדה רבים המה והמתחילים יכשלו בחשבונותם, לכן נבאר פה ובהסימנים הבאים משפטים קלים לחשבוני התנועה הזאת, והוא: בכל תנועה מתגברת בשווי המדה נצרך לנו לדעת ארבעה יסודות, והמה: (א) הזמן, ר"ל מספר הזעקונדען שהתמהמה הגוף בתנועתו; (ב) סימנו, $\int$ (ג) ההתגברות שיתגבר בכל זעקונדע במשך תנועתו; (ד) סימנו $\ddot{x}$, (ה) המהירות שיישיג הגוף בהזמן $\int$ ובהתגברות $\ddot{x}$; (ו) הדרך שיעבור בו הגוף בהזמן $\int$ ובהתגברות $\ddot{x}$; (ז) סימנו $\dot{x}$. כל הארבעה יסודות מתיחסים כולם איש לאחיו, ולכן בהשתנות היסוד האחד מהם ישתנו כולם, ולכן נוכל למצוא על ידי ידיעות שנים מהם את השנים הנותרים הכלתי ידיעים לנו, כאשר יתבארו בשנים עשר משפטים קלים וקצרים בארבעה הסימנים הבאים.

233. §. שלשה משפטים למציאות הזמן בתנועה מתגברת בשווי המדה:
- I. הזמן שוה להמנה מחלוקת הדרך הכפולה על המהירות האחרונה. שאלה. אכן שנתגללה במורד ההר 400 רגל והגיעה לארץ מישור במהירות 10 רגל, כמה התמהמה בתנועתה? תשובה. $(2 \times 400) : 10 = \frac{800}{10} = 80$ זעקונדען.
 - II. הזמן שוה להמנה מחלוקת המהירות האחרונה על ההתגברות. שאלה. עגלה הנוסעת בהתגברות $\frac{1}{8}$ מעטער לזעקונדע, ואחרי שעברה 400 מעטער היתה לה מהירות 10 מעטער, באיזה זמן עברה את הדרך הזה? תשובה. $\int : 10 = \frac{1}{8} = 80$ זעקונדען. — III. הזמן שוה להשווש המרובע מהמנה היוצאת מחלוקת הדרך הכפולה על ההתגברות. שאלה. אכן שנפלה ממורד ההר במרחק 180 רגל ובהתגברות 10 רגל לכל זעקונדע כמה התמהמה בנפילתה? תשובה. $\int = \sqrt{(2 \times 180) : 10} = \sqrt{360 : 10} = \sqrt{36} = 6$ זעקונדען.
234. §. שלשה משפטים למציאת ההתגברות בתנועה מתגברת בשווי המדה
- IV. ההתגברות שוה להמנה היוצאת מחלוקת הדרך הכפולה על הזמן.

שאלה. כמה היא התגברות הגוף הנופל במורד ההר במשך 12 זעקונדן והגיעה לארץ במהירות 60 רגל? תשובה. $\frac{60}{19} = 5$ רגל. — V. ההתגברות שווה להמנה היוצאת מחלוקת הדרך הכפולה על מרובע הזמן. שאלה. עגלה הנוסעת ממורד ההר 450 רגל במשך 30 זעקונדן, כמה התגברה תנועתה לזעקונד? תשובה. $\frac{900}{900} = 1$ רגל. — VI. ההתגברות שווה להמנה היוצאת מחלוקת מרובע המהירות האחרונה על הדרך הכפולה. שאלה. כמה היא התגברות האבן הנופלת ממורד 60 רגל ואשר הגיעה לארץ במהירות 20 רגל? תשובה. $\frac{400}{120} = 2 \times 60 = 20 \times 20 = 3 \frac{1}{3}$ רגל.

235. §. שלשה משפטים למציאות המהירות האחרונה בתנועה מתגברת בשווי המדה. — VII. המהירות האחרונה שווה להמכפלה הנוולדת מכפילת הזמן עם ההתגברות. שאלה. עגלה היוורדת ממורד ההר בהתגברות 2 רגל עשרה זעקונדן כמה תהיה מהירותה מקץ הזעקונד העשירית? תשובה. $2 \times 10 = 20$. — VIII. המהירות האחרונה שווה להמנה היוצאת מחלוקת הדרך הכפולה על הזמן. שאלה. עגלה שהתנועה בהתגברות משך 7 זעקונדן ועברה דרך 84 רגל באיזה מהירות השלימה את תנועתה? תשובה. $\frac{168}{7} = 24$ רגל. — IX. המהירות האחרונה שווה להשורש המרבע מהמכפלה היוצאת מכפילת ההתגברות עם הדרך הכפולה. שאלה. גוף שהתנועה בהתגברות 10 רגל בדרך 45 רגל כמה היתה מהירותו האחרונה? תשובה. $10 \times 45 \times 2 = 900$ רגל. — 30 רגל.

236. §. שלשה משפטים למציאות הדרך בתנועה מתגברת בשווי המדה. — X. הדרך שווה לחצי המכפלה הנוולדת מכפילת המהירות האחרונה עם הזמן. שאלה. גוף המתנועע 20 זעקונדן והשיג מהירות 70 רגל, כמה הוא אורך הדרך שעבר בתנועתו? תשובה. $20 \times 70 = 1400$ רגל. — XI. הדרך שווה למחצית המכפלה הנוולדת מכפילת ההתגברות עם מרובע הזמן. שאלה. גוף המתנועע 60 זעקונדן בהתגברות 2 רגל, כמה הוא אורך דרכו? תשובה. $60 \times 60 \times 2 = 7200$ רגל. — XII. הדרך שווה להמנה הנוולדת מחלוקת מרובע המהירות האחרונה על ההתגברות הכפולה. שאלה. גוף המתנועע בהתגברות 5 רגל ומהירותו האחרונה היתה 100 רגל, כמה הוא אורך דרכו? תשובה. $100 \times 100 = 10000$ רגל. — 1000 רגל.

237. §. דרכים קצרים להתרות השאלות בתנועה המתגברת בשווי המדה. על פי ידיעות שנים עשר המשפטים שבארבעה סימנים הקודמים נקל להשיב על כל השאלות בתנועה מתגברת בשווי המדה. אמנם באשר כי לכל אחד מארבעה יסודות

התנועה (§ 232) מצאנו שלשה משפטים, לכן נציג פה את האופנים שבהם נשתמש בכל אחד מהמשפטים האלה, והמה ששה אופנים כאשר יתבאר פה אחד אחד.

(א) אם הומן והמהירות ידועים לנו והדרך וההתגברות נעלמו מאתנו, אז נמצא את ההתגברות לפי משפט IV. ואת הדרך לפי משפט X.

(ב) אם הומן והדרך ידועים לנו והמהירות וההתגברות נעלמו מאתנו, אז נמצא את ההתגברות לפי משפט V. ואת המהירות לפי משפט VIII.

(ג) אם הומן וההתגברות ידועים לנו והמהירות והדרך נעלמו מאתנו, אז נמצא את המהירות לפי משפט VII. ואת הדרך לפי משפט XI.

(ד) אם הדרך והמהירות ידועים לנו והומן וההתגברות נעלמו מאתנו, אז נמצא את הומן לפי משפט I. וההתגברות לפי משפט VI.

(ה) אם המהירות וההתגברות ידועות לנו והומן והדרך נעלמו מאתנו, אז נמצא את הומן לפי משפט II. ואת הדרך לפי משפט XII.

(ו) אם הדרך וההתגברות ידועים לנו והומן והמהירות נעלמו מאתנו, אז נמצא את הומן לפי משפט III. והמהירות לפי משפט IX.

§ 238. תמונות כלליות להתרות השאלות בתנועה מתגברת בשווי המדה.

למען הקל (מעל המבין להתרות תמונות האלגעבריות ולהחליפם בתמונות בעלי ציונים קצובים) את עול החיפוש אחרי המשפטים האלה, הצגנו פה שני לוחות בעלי שלשה עמודים נצבים ובעלי ארבע שורות שוכבות, בהשורה העליונה העמדנו הידועים ובהשורה השנית את הנעלמים ובשתי השורות התחתונות הצגנו התמונות האלגעבריות להתרות הנעלמים.

לוח א			להתרות השאלות בתנועה מתגברת בשווי המדה.
ידועים	ז, ז	ז, ז	ז, ז
נעלמים	ז, ג	ז, ג	ז, ג
תמונות	$\frac{ז \times ז}{2} = ז$	$\frac{ז \times ז}{2} = ז$	$ז \times ז = ז$
תמונות	$\frac{ז}{ז} = ז$	$\frac{ז \times 2}{ז \times ז} = ז$	$\frac{ז \times ז \times ז}{2} = ז$
	I	II	III

לוח ב			להתרות השאלות בתנועה מתגברת בשווי המדה .
ידועים נעלמים	ם, ד ז, ג	ם, ג ז, ד	ד, ג ז, ם
תמונות	$\frac{\overline{\text{ד} \times 2}}{\text{ג}} = \text{ז}$	$\frac{\overline{\text{ם}}}{\text{ג}} = \text{ז}$	$\overline{\left(\frac{\text{ד} \times 2}{\text{ג}}\right)} \vee = \text{ז}$
תמונות	$\frac{\overline{\text{ם} \times \text{ם}}}{\overline{\text{ד} \times 2}} = \text{ג}$	$\frac{\overline{\text{ם} \times \text{ם}}}{\overline{\text{ג} \times 2}} = \text{ד}$	$\overline{\text{ד} \times 2 \times \text{ג}} \vee = \text{ם}$
	IV	V	VI

הנשאל המבין ישיביל למצוא בהלוח את התמונות הנאותות להתרות השאלות, ד"ם: אם יהיה הדרך והזמן ידוע להנשאל וההתגברות והמהירות נעלמות ממנו או ימצא את התרתו בהעמוד 2 מהלוח **א**, או בכלל הלוחות המה מיוסדים משה עמודים נצבים המסומנים עם I, II, III, IV, V, VI, ואם תהיה השאלה משה האופנים שנתבארו לנו § 237, אז ימצא התמונות האלגעבריות בעמוד הלוחות שמספרו כמספר אופן שאלתו § 237, ד"ם: אם תהיה השאלה על גוף הנופל 5 זעקונדען בהתגברות 30 רגל לפי אופן § 237, אז ימצא את תמונת התרתה בהעמוד III מהלוח **א**.

§ 239. שיעורי **ג** במדות ארצות שונות. כאשר שהמספר **ג** הוא הנותן את המדה וקצב לכל שיעורי התנועות הנולדות על ידי הכוכב, נציג פה מחיר **ג** במדות ארצות שונות: **ג** = $9 \frac{81}{100}$ מעמער = $30 \frac{495}{1000}$ רגל פאריזי = $31 \frac{3}{100}$ רגל אַעסטרייך = $31 \frac{1}{4}$ רגל פרוסיא = $32 \frac{1}{5}$ רגל רוסיא = $32 \frac{7}{10}$ רגל שווייץ = $33 \frac{58}{100}$ רגל האנאָווער = $33 \frac{6}{10}$ רגל באייערן = $34 \frac{25}{100}$ רגל ווירטעמבערג = $34 \frac{64}{100}$ רגל זאכסען.

§ 240. ביאור משפטי התנועה על ידי הציור. כל אשר נתבאר מחקי התנועה המתגברת על פי החשבון, נוכל להראות גם על ידי ציורים מוחשים, והוא: אם נצייר את הזמנים (שהגוף המתנועע עבר בהם) בקו שוכב, ואת המהירות (שירידו בו הגוף) בקו נצב, אז יורה לנו המרובע שנוכל לצייר על שני הקוים האלו את כמות הדרך שיעבור הגוף במשך זמן ידוע, והוא: כאשר ששטח המרובע הוא שווה להמכפלה הנולדת מכפילת צלעו הנצב עם צלעו השוכב, ודרך הגוף המתנועע הוא שווה לכפילת הזמן

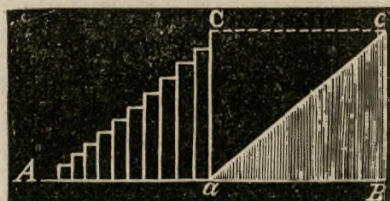
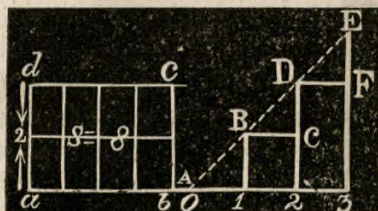
והמהירות בתנועה שווי המדה, ולכן אם נצייר לנו מרובע שצלעו השוכב ישוה בארכו לכמות זמן התנועה וצלעו הנצב ישוה בגובהו לכמות מהירות התנועה, אז יורה לנו שטח המרובע

צורה 204.

צורה 205.

צורה 206.

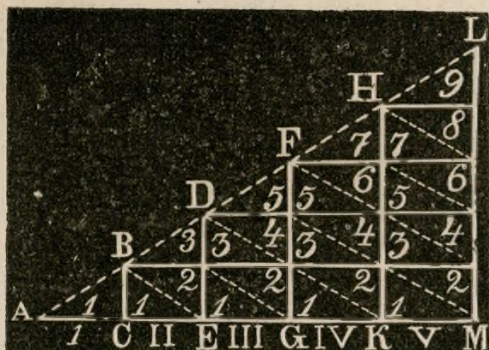
צורה 207.



את כמות דרך התנועה של הגוף, ד"מ: אם נרצה לדעת את דרך התנועה מגוף המתנועע במהירות 2 אמות משך 4 ועקונדעין אז נעשה קו $a b$ צורה 204 $= 4$ ואורך הקו $a d$ $= 2$ ויורה לנו שטח המרובע $a b c d$ את כמות הדרך והוא $8 = 4 \times 2$. בתנועה ההולכת ומתגברת בשווי המדה תהיה בכל זמן וזמן מהירות נגדלת, ולכן אם נצייר את התנועה הזאת בקוים אז יהיה קו הנצב 3 גדול מהנצב 2 והנצב 2 גדול מהנצב 1, הקו העליון $A B C D F E$ המהבר את כל שלשת הנצבים בהצורה 205 יהיה קו שבור כתבנית שני המסרק, אולם דעת לבנות נקל שכל עוד שנוסיף לחלק את הזמן על חלקים יותר קטנים כן יתקטנו שני הקו השבור כמו שתורנו הצורה 206, וכאשר נסיף לחלק הזמן לכלי תכלית יתראה לנו בדמות קו ישר $a c$ צורה 207 המשתרע בתכונה נשויה בין הנקודות a, c , השטח אשר יורה לנו את כמות דרך התנועה המתגברת בשווי המדה (בנוף שהתחיל את תנועתו במהירות 0 ונתגבר בכל רגע ורגע במהירותו בשיעור 1) הוא שטח המשולש $a c b$ שהוא כחצי המרובע $a c B a C$, נמשך מזה שכמות הדרך אשר יעבור הגוף המתנועע במהירות המתגברת בשווי המדה הוא כחצי הדרך שהיה עובר בה הגוף אם לו התנועע הגוף בזמן ההוא בעצמו רק במהירות שווי המדה אולם בלתי מתגברת ומדת המהירות היתה כמדת המהירות האחרונה, ר"ל אם היה מתנועע איזה גוף במהירות $G a$ משך ועקונדעין אז יהיה דרכו כפול בארכו מהדרך שהיה עובר אם לו התחיל את תנועתו במהירות 0 ונתגברה במשך התנועה עד כי שמקץ הועקונדע הראשונה היתה מהירותו $G a$ כאשר תורנו בחוש הצורה 207 שהמרובע $a c B a C$ הוא גדול פי שנים מהמשולש $a b c$ ובוה יתאמת המשפט § 225.

241. §. ביאור משפטי תנועה המתגברת בשווי המדה, על ידי הציור. אם נצייר לנו בתנועה המתגברת בשווי המדה את הדרכים שיעבור בהם הגוף בחמשה זמנים רצופים ושונים זה לזה אז יוצא לנו השטח שיורה לנו את כמות הדרך בתבנית הצורה 208, והוא: בזמן הראשון יעבור הגוף את הדרך שגדלו הוא כגודל המשולש $A C B$, והנה לו נפסק מקץ הזמן הראשון הכח המגבר את המהירות, אז היה עובר הגוף המתנועע

בהזמן השני בכח התמדת המהירות האחרונה B C (שהיה לו מקץ הזמן הראשון) את המרובע C B 2 E שהוא פי שנים כמשולש A B C אבל באשר שגם בהזמן השני התגברה מהירותו כשיעור ההתגברות בזמן הראשון לכן יעבור עוד משולש שלישי D B 3, בהזמן השלישי היה הגוף מתנועע בכח התמדתו לבד את המרובע D E 4 G המחוק ארבעה משולשים, ועל ידי ההתגברות יעבור עוד משולש חמישי D 5 F, הצורה תורנו די באר כי מספר המשולשים שיעבור הגוף בהזמן הראשון הוא 1 בשני 3 בשלישי 5 ברביעי 7 בחמישי 9,



וכן אם נבקש את הדרך שעבר הגוף מקץ הזמן השני או נמצא כי כמות דרכו הוא שטח המשולש A E D המחוק בתוכו 4 משולשים קטנים ומקץ הזמן השלישי עבר הגוף דרך השווה בגדלו לשטח המשולש A G F המחוק 9 משולשים ומקץ הרביעי את המשולש A K H המחוק 16 משולשים ומקץ הזמן החמישי המשולש A L M המחוק 25 משולשים.

§. 242. מעלית הנופים בקו ישר למעלה על ידי הזריקה. תנועת הגוף

הנוזק בקו ישר למעלה היא תנועה נעצרת בשווי המרה, באשר שכח כובד הארץ נעמט את כח הזריקה בכל אחד מחלקי זמן עליתו שיעור שווה, ואחרי שכח הזריקה לא יתחדש במשך עלית הגוף, לכן תשוב מהירות העליה מקץ איזה זמן ותהי לאין, אמנם תנועת הגוף העולה תתמעט בערך הזה שתגדל תנועת הגוף הנופל, לכן תהיה המהירות הראשונה כמהירות האחרונה שבה היה מגיע לארץ אם היה נופל מגובה עליתו, ולכן פעולת הכדור הנוזק מקנה מורה תגדל בבואו למטה לארץ כשיעור פעולת המהירות הראשונה שנאצלה עליו מכח הזריקה, ולכן יקרו הבאמבען (שתכליתם היא לנתות את הבתים) בגובה גדול, למען יגדל כחם בהגדלת מהירות נפילתם. אם נרצה לדעת את גובה העליה שיעלה איזה גוף על ידי הזריקה, או נצרך לנו אך לידע או את כמות המהירות להועקונדע הראשונה שנאצלה עליו מכלי המורה, או את כמות הזמן שיתמהמה בהאוויר מדי עיובו את שביל המורה עד שובו לארץ, באופן השני נחלק את הזמן על המספר 2 (באשר שזמני העליה והירידה שווים המה והלוח) ואת המנה היוצאת נרבע ואת המרובע נכפיל עם 15, ד"מ, אם התמהמה הכדור בהאוויר 1 מינוט, או נחלק אותה לשני חלקים ויצא לנו 30 זעקונדען, נרבע אותם ויצא לנו $30 \times 30 = 900$, נכפיל אותם עם 15 ויצא לנו $900 \times 15 = 13500$ רגל, והוא מבואר לפי משפטי הנפילה (§ 230), יען שהגוף המתמהמה 1 מינוט בהאוויר יתמהמה $\frac{1}{4}$ מינוט בעליתו גם $\frac{1}{4}$ בירידתו, וכבר נודע לנו על פי הנסיון שהגוף

יפול בזעקונדע אחת מגובה 15 רגל; וכי ערך הדרכים משני גופים הנופלים בומנים שונים הוא כמרובעי הזמנים, לכן יהיה גובה הנפילה מהגוף הוה שהתמהמה 30 זעקונדען בנפילתו גרול 30×30 פעמים מגובה הנפילה לזעקונדע אחת, או $30 \times 30 \times 15$ רגל $= 900 \times 15$ רגל $= 13500$ רגל. ובאופן הראשון נחלק את מהירות הזריקה בהזעקונדע הראשונה על 30 (באשר שהכובר ישלול מהירות מן 30 רגל לכל זעקונדע) והכנה היוצאת תורה לנו על מספר זעקונדען העליה, והנה זמן העליה שוה לזמן הנפילה, לכן נרבע את מספר זעקונדען העליה ונכפילם עם 15 ויצא לנו הגובה, ד"מ: אם נודע לנו שבכת הקאנאנע הוא לזרוק את הכדורים במהירות 900 רגל לזעקונדע הראשונה, אז נחלק 900 על 30 ויצא לנו 30, נרבע אותו ויצא לנו 900, נכפיל אותו עם 15 ויצא לנו 13500 רגל, רוב הקאנאנען יורו במהירות 2100 רגל, לכן יוכל לעלות הכדור על ידם בגובה 73500 רגל $= 3 \times 3$ בקרוב, בכת הרי מוריקי אש הוא לזרוק אבנים במהירות 8000 רגל לזעקונדע, ולכן יוכלו לעלות בגובה 44 פ"ג, ויתמהמהו בהאזיר 18 מינוטען בקרוב.

243. §. משפטי תנועת הגוף הנזרק בקו ישר למעלה. מכל אשר נתבאר לנו בהסימן העבר נוכל להוציא שני משפטים למציאות מהירות התנועה וגובה העליה מהגוף הנזרק למעלה לכל זמן קצוב שיתמיד בתנועתו, המשפט הראשון: את מהירות התנועה מקץ זמן קצוב אחרי שנזרק הגוף למעלה נמצא על ידי גרעון ממהירות הזריקה את מהירות הנפילה שהיה נופל בהזמן הזה לארץ, ד"מ: אם נחקור על כדור הנזרק מכלי תותח בקו ישר למעלה במהירות 2000 רגל; כמה תהיה מהירות תנועתו למעלה מקץ הזעקונדע הששית? אז נחשוב את מהירות הנפילה מגוף הנופל 6 זעקונדען ויצא לנו לפי § 238 $= 180$ רגל, נגרע 180 מן 2000 ויצא לנו 1820 לכמות מהירות העליה בראש הזעקונדע השביעית לזריקתו. המשפט השני: גובה העליה שיעלה בה הגוף הנזרק מקץ זמן קצוב נמצא על ידי כפילת מהירות זריקתו עם זמן תנועתו ומהמכפלה היוצאת נגרע את אורך הדרך שהיה נופל במשך הזמן ההוא, ד"מ: אם נחקור על גובה העליה מהכדור הנזרק (בהמשפט הראשון) אחרי ששה זעקונדען מראשית עלייתו, אז נכפיל לראשונה $6 \times 2000 = 12060$ רגל, נגרע מהם 540 רגל שהיה נופל הגוף במשך 6 זעקונדען לפי § 238 וישאר לנו לגובה עליתו 11460 רגל.

244. §. באיזה גובה יוכלו הנופים הנזרקים למעלה לעלות? בטח יתעורר אחד מהקוראים לשאול: האם יש לאל יד איזה כח מהנודע לנו לזרוק עצמים מהארץ והלאה לבלי ישובו עוד עליה; אך יעברו הרחק הלאה מנקודת הבינים שבין הארץ והירח, ר"ל: בהנקודה שבה ישוה כח משיכת הארץ לכח משיכת הירח? בטרם נשוב על השאלה הזאת נקצוב לראשונה את מרחק הנקודה הזאת גם מהארץ גם מהירח, והוא: אחר שבה המושך הוא בערך ישר למשא הנופים המושכים (41 §) וערך משא הירח למשא הארץ הוא כערך 1 אל 81, לכן היה ראוי להיות כובד הירח רק $\frac{1}{81}$ מכ כובד הארץ, אבל באשר שהכובר יתקטן כערך הגדלת מרובעי מרחקי הגוף הנמשך מחמושך, לכן

תנועת הגופים הנזרקים בנטיה אופקית ממעלה למטה

אם נחשוב המרחק האמצעי בין שני מרכזי הארץ והירח $= 52000$ פ"ג, אז נמצא את נקודת הבינים כאשר נחלק את המרחק על 10 חלקים, ונקצוב את נקודת הבינים במרחק 9 חלקים ממרכז הארץ ובמרחק חלק אחד ממרכז הירח, והנה $\frac{52000}{10} = 5200$, לכן מרחק נקודת הבינים ממרכז הארץ $9 \times 5200 = 46800$ פ"ג, ומרחק נקודת הבינים ממרכז הירח $= 5200$ פ"ג, ובאשר ששטח הארץ הוא מרוחק ממרכז הארץ בשיעור 860 פ"ג ושטח הירח הוא מרוחק 234 פ"ג ממרכז הירח, לכן יהיה מרחק נקודת הבינים 45940 פ"ג משטח הארץ; 4966 פ"ג משטח הירח, ומבלי להלאות את הקורא בחשבונות ארוכים יבין עתה מנפשו שאין כה מבעי או מלאכותי נודע לנו על פני הארץ שיוכל לזרוק גוף מהארץ שיתמיד בתנועתו עד עלותו 45940 פ"ג, בהחשבון הזה שערנו לנו שהמרחק שבין הארץ והירח הוא ריק, אולם אם נשער לנו כי האוויר הנשימה יגבה מעל הארץ אלפים פרסאות אלא ישוב הגוף הנזרק בקו ישר למעלה אל הארץ כאשר יהיה בכח הזורק להעלותו בגובה 4865 פרסאות, יען ששם יהיה כח המבריח מהמרכז שווה להכח המושך כאשר יתבאר בדברנו מחוקי התנופה בהפרק אחד עשר.

§. 245. תנועת הזריקה בנטיה אופקית ממעלה למטה. אם יורה כדור

מקאנאנע בנטיה אופקית, או יתפצל הכדור משני כחות, **א** ככח הזריקה המגרש אותו בנטיה אופקית לעומת $e I$, **ב** ככח הכובד המושכו בנטיה יושר הנפילה למטה לארץ בתכונת $e o$, ולכן תהיה נטיה תנועתו כנטיה הכח היוצא משני הכחות האלה לפי (§ 103), והנה לו היתה תנועת הנפילה תנועה בשווי המדה כתנועת הירדה, כי עתה היתה נטיה הגב היוצא (כמחוקימנדט) § 103 גם כן באלכסון קו ישר מן e עד s צורה 209, אולם באשר שהנפילה הולכת ומתגברת בתנועתה, לכן תהיה נטיה תנועת הזריקה קו עקום פאראבאלי $e f g h s$, ד"מ: אם תזרוק אבן בתכונה אופקית מראש מגדל הגבוה 240 רגל במהירות 20 רגל לזעקונדע, או תרד האבן בהזעקונדע הראשונה 15 רגל ונטיה תנועתו תהיה $e f$, בהזעקונדע השניה היתה הולכת בכח הזריקה לבד את הדרך $F G = 20$ רגל; ובכח הכובד לבד היתה יורדת בהקו $F m = 45$ רגל, לכן תלך עתה בהאלכסון $f g$, בהשלישית תלך בהאלכסון $h g = 75$, בהרביעית $h s = 105$, ואז תגיע לארץ אחרי שנפלה כבר $15 \perp 45 \perp 75 \perp 105 = 240$ רגל כשיעור גובה המגדל, ובאשר שהתמהמה הגוף הנפל 4 זעקונדען בנפילתו ובכל זעקונדע הלך בנטיה אופקית 20 רגל, לכן יתרחק בבואו על הארץ מקץ הזעקונדע הרביעית במרחק 80 רגל מהמגדל, ר"ל: במרחק $s o$ השווה אל $e I$, ר"ל: השווה להדרך שהיה רץ בה במשך 4 זעקונדען אלו לא היה נתפעל מכח הכובד כלל אך מכח הזריקה לבד, כל אלה שאמרנו פה הוא נקל מאד להבין להאיש היודע את חוקי הרכבת והפרדת הכחות (§ 102, § 103), וכן אם נודע לנו כמות המהירות הנאצל להגוף A מכח הזורק ונטיה הזריקה למול האופק או נוכל להגיד מראש את תכנית הדרך $A e f g h s$ שיעבור בו הגוף הנזרק, ר"ל: **א** את אורך הדרך, **ב** את כמות הגובה היותר גדול $e o$ שיעלה בכח הזריקה, **ג** את זמן התנועה, **ד** את הנקודה s שבה ינוח הגוף הנזרק בשובו לארץ, וכל הדברים

האלה המה מוכרחים מאד לדעת בחכמת היריקה (הקטטאריס) לכן נדבר מעט מזה בהסימן הבא .

§. 246. תנועת הידיה בתכונה נטויה להאופק ממטה למעלה . אם יורה איש

צורה 209.

העומד בנקודה A צורה 209 כדור מקנה רובה בתכונה נטויה למול האופק , ד"מ: בתכונת הקו A E או יתפעל הכדור משני כחות , א' מכה הזריקה שבכל ועקונדע היה חולך דרכים שוים A B , B C , C D , D E , בנמית הזריקה , ב' כח הכובד המקרבו לארץ במהירות מתגברת , והנה במסם שהגיע הקו בהועקונדע הראשונה להגובה B הורד בכח הכובד בהשיעור B b , ולכן יהיה מקומו מקץ הועקונדע 1 בהנקודה b , מקץ הועקונדע 2 היה מגיע בכח הזריקה עד C , אולם הכובד הורידו או בהשיעור C c שארכו הוא $b B \times 3$, מקץ הועקונדע 3 היה מגיע עד D והכובד הורידו עד d שהוא $B b \times 5$, מקץ הועקונדע 4 היה מגיע עד E , אולם הכובד הורידו או בהשיעור E e שהוא $B b \times 7$, נניח שמהירות הידיה היתה 120 רגל לועקונדע לנמית הגובה ; ועשרים רגל לנמית האופק , והנה בהועקונדע 1 היה עולה עד B שהוא 120 רגל , אולם הכובד הורידו לפי § 242 במרחק 15 רגל , ולכן ימצא או בהנקודה b $105 = b$, רגל מעל הארץ ובמרחק 20 רגל בתכונה אופקית , בשניה היה עולה $120 \times 2 = 240$ רגל עד C , אולם כבר הורידו הכובד



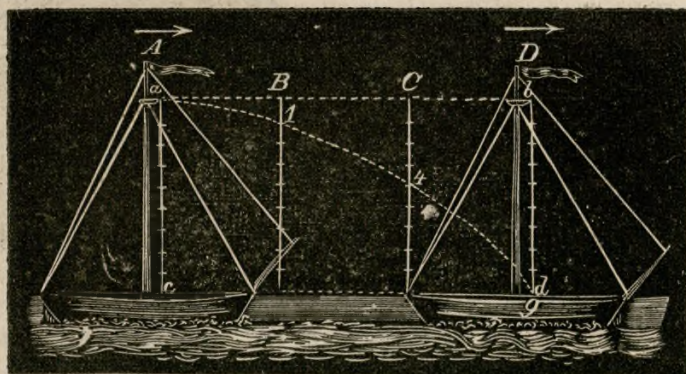
$15 \times 4 = 60$ רגל , לכן ימצא בהנקודה c $180 = c$ רגל מעל הארץ ; ובמרחק $2 \times 40 = 20$ רגל בתכונה אופקית , בשלישית היה עולה $120 \times 3 = 360$ רגל עד D , אולם הכובד הורידו כבר $15 \times 9 = 135$ רגל , לכן ימצא בגובה d $225 = d$ רגל מעל הארץ ובמרחק $20 \times 3 = 60$ רגל בתכונה אופקית . ברביעית היה עולה $120 \times 4 = 480$ רגל מעל הארץ בהנקודה E . אולם כבר הורידו הכובד $15 \times 16 = 240$ רגל , ולכן ימצא בהנקודה e $240 = e$ רגל מעל הארץ ובמרחק $20 \times 4 = 80$ רגל בתכונה אופקית , בחמישית היה עולה $120 \times 5 = 600$ רגל . אולם כבר הורד $15 \times 25 = 375$ רגל , ולכן ימצא או בהנקודה f $225 = f$ רגל מעל הארץ ובמרחק $20 \times 5 = 100$ רגל בתכונה אופקית . בששית היה עולה $120 \times 6 = 720$. אולם הכובד הורידו כבר $15 \times 36 =$

$540 = 20 \times 27$ רגל, לכן ימצא בהנקודה g בגובה 180 רגל מעל הארץ ובמרחק $6 \times 20 = 120$ רגל בתכונה אופקית. בשביעית היה עולה $7 \times 120 = 840$ רגל והורד כבר $15 \times 49 = 735$ רגל, ולכן ימצא בהנקודה h בגובה 105 רגל מעל הארץ ובמרחק $7 \times 20 = 140$ רגל בתכונה אופקית, בשמינית היה עולה $8 \times 120 = 960$ רגל, אולם כבר הורידו הכובד $15 \times 64 = 960$ רגל, לכן ימצא בהנקודה h בגובה 0 מעל פני הארץ, ובמרחק $8 \times 20 = 160$ רגל מנקודת הירידה. והנה הברור התמהמה בדרכו 8 זעקונדע 4 ארבעה עלה למרום וארבעה ירד למטה, את תכלית נבחו 240 רגל השיג מקץ הזעקונדע 4 כשהיה מרחקו $4 \times 20 = 80$ רגל ממקום הירידה, זמני ודרכי העליה והירידה שווים המה בהזריקה הנטויה כמו בהזריקה הזקופה בקו ישר למעלה, ומעתה הלא נקל להבין שיש לאל יד המורים לכונן את כלי מפתחם אל כל נקודה שירצו; ולהגיד מראש את הגובה, המרחק, והזמן שיגיע בהם הברור למטרתם. אמנם לזה נצרך לדעת בדיוק שלשה דברים אלו: א' כח כלי הירידה, ב' זווית הנטייה למול האופק, ג' חוקי נפילת הגופים, הצידדים ואנשי הצבא ההמונים קולעים אל המטרה ולא יחסיאו או על פי ההרגל או על פי חוקים מסורים להם מידי מוריהם.

247. §. מתנועת הגופים הנופלים מגופים מתנועעים. כתבנית הדרך שיעבור

צורה 210.

צורה 211.



בה הגוף הנזרק בתכונה אופקית ממקום גבוה כן תהיה גם תכנית הדרך שיעבור בה הגוף הנופל בקו ישר למטה מראש תורן האניה A צורה 210, והוא: באשר שהגוף קנה לו את מהירות האניה גם בנוחו עליה, לכן בנפלו ממנה תהיה נטית תנועתו נטיה היוצאת (כסולמיכסדס יכסונג) משתי נטיות שונות, והוא: א' מנטית מרוצת האניה לאורך הנהר, ב' מנטית יושר הנפילה למול מרכז הארץ, ולכן בבוא התורן מקץ הזעקונדע הראשונה להנקודה B יעבור גם הגוף בנטית האניה ויעמוד בהנקודה 1 בקו ישר מתחת 13 ושפל ממנה 15 רגל, ובבוא התורן מקץ הזעקונדע השניה אל C או יעבור גם הגוף

את הקשת בין 1 ובין 4, ויעמוד בהנקודה 4 שפל 60 רגל מראש התורן, וכאשר יבוא ראש התורן בהנקודה D צורה 211 אז יעבור הגוף את הקשת שבין 4 ובין 9, ואם יהיה גובה התורן 135 רגל, אז ינוח מקץ הזעקונדע השלישית לרגלי התורן צורה 211 יען שמקום הנקודה 9 הוא 75 רגל ממקום הנקודה 4, כמשפט הזה יוכלו גם הרוכבים במעגלה לזרוק כדורים ולחזור ולתפושם בכפיהם כמו שיעשו רוכבי שפניא (סמלניסבציטטר) והוא: יען כי הכדור יעבור לפי חוקי ההתמדה בנטיית מרוצת הרוכב כהעברת הגוף הנופל בנטיית התורן.

פרק עשירי

ממשקל ההתמדה וכח החי (מקנהייטס=מאזנונט חונד לעבענדיגע=קראפט).

248. §. כמות כח ההתמדה. ההתנגדות שיתנגד הגוף הנח להתנועה, והמתנועה למנוחה, הוא כח שנמצא בכל גוף, והוא מתערך: א בערך ישר לכמות משא הגוף, ב בערך מרובע למהירותו, וכמות העבודה הנצרך לנצח את כח התמדת הגופים ישוה לחצי המכפלה הנולדת מכפילת המשא עם מרובע מהירות תנועתה. ולכן אם נסמן להתמדה ה, להמשא מ, ולמהירות ו יהיה $h = \frac{m \times v^2}{2}$ ובאשר שהמשא הוא

משקל הגוף מחולק על כח הכובד לפי § 36, לכן יהיה כח ההתמדה $= \frac{\text{משקל} \times \text{מרובע מהירות}}{30 \times 2}$

ר"ל: את כח ההתמדה מכל גוף נמצא על ידי חלוקת המכפלה הנולדת מכפילת המשקל עם מרובע המהירות; על המספר 60, כאשר נחשוב $g = 30$.

249. §. ביאור משפט כמות כח ההתמדה שבסימן העבר. כל אשר נתבאר לנו עד הנה, יתאמת לכל מבין דבר לאשרו על ידי ההתבוננות הזאת, והוא: אם יפול איזה

גוף מגובה ידוע ד והשיג מהירות קצובה ו אז יהיה לפי המשפט (12) § 236 ולפי השורה התחתונה בעמוד V מלות ב (§ 238), אורך הדרך $d = \frac{v \times v}{2g}$ והמשקל של הגוף תנפול

שנסמן אותו פה בהאות מ הוא הכח הפועל עליו בכל משך תנועתו מבלי הפסק, ולכן יהיה כמות העבודה שנעבד בתגוף במשך נפילתו $= m \times d$, נמשך מזה $m \times \frac{v^2}{2g} = \frac{m \times v^2}{2g}$

$\times m$, השיעור $\frac{m}{g} \times v^2$ יורה לנו גם את כמות שיעור העבודה הנצרך לנו לעבור

למען השיב למנוחה את הגוף שכבר השיג המהירות ו או למען הביא גוף נח ממצב המנוחה למצב התנועה שיתנועע במהירות ו. ובאשר שגם אל התנועה גם אל המנוחה יתנגד

הגוף בכח התמדתו לכן נוכל לכנות את השיעור $\frac{m}{g} \times v^2$ בשם כמות כח התמדת

החומר (גקססס דער טקנהייטס פערזונקטן דער וואטטריס) והוא בערך ישר למשקל הגוף ולמרובע מהירותו.

שאלה. לאַקאָמאָטיווע שמשקלה הוא 100000 ליטרות והמושכת אחריה 20 עגלות מעונות שמשקל כל אחת מהנה הוא 40000 ליטרות והמתנועעת במהירות 40 רגל לזעקונדע כמה הוא הכח הנצרך לעצור אותה במרוצתה?

תשובה. כח התמדת העגלות האלה בתנועתן נמצא על ידי כפילת משקל כל העגלות שהוא 900000 ליטרות עם מרובע מהירות תנועתם שהוא $40 \times 40 = 1600$ ואת המכפלה היוצאת נחלק על 60, והוא במשלנו $(1600 \times 900000) : 60 = 24000000 = 144000000/60$ ליטרות 48000 כח סוסים.

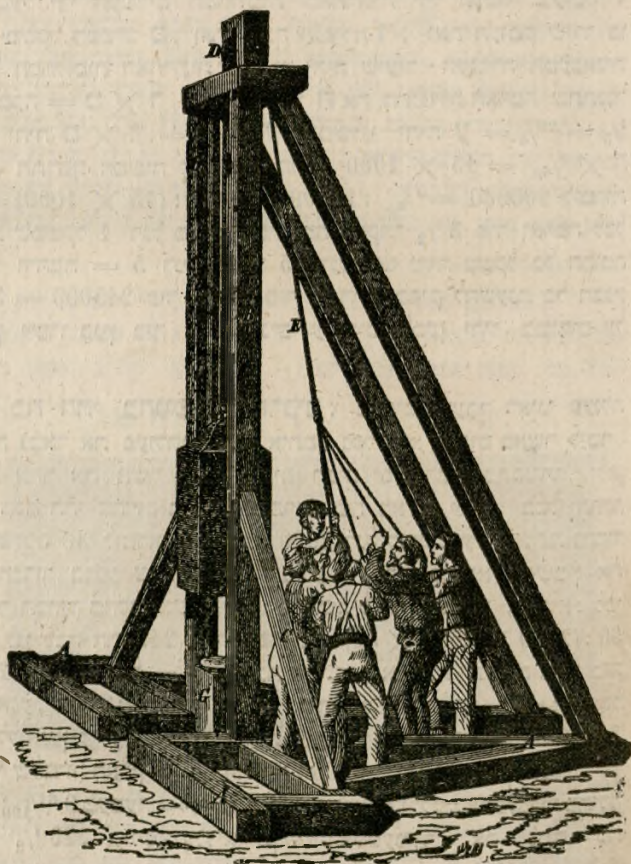
§. 250. **הכח החי** (אנטיגראד קאמט). לכמות הכח שיוכל גוף מתנועע לנצח בו איזה התנגדות נכנה בשם **כח החי** של הגוף, ובאשר שהגופים הנופלים לא ינצחו כל התנגדות בנפילתם (בלעדי התנגדות האויר שלא נחשוב פה) וכח ההתמדה יתגדל בהם בכל רגע ורגע, לכן נוכל לחשוב בהם את **כח התמדתם** § 248 **לכח החי** שלהם ויהיה לפי זה השיעור $\frac{m}{2} \times \frac{v}{30}$ שיעור הכח החי של הגופים הנופלים, כבר נודע לנו § 99 שכחות שונים במינם ושונים בכמותם ישתוו גם בפעולותיהם, ד"מ: אם יהיה בכח המים ללחוץ על כל שטח רגל מרובע בכח 1 ליטרא, ובכח הרוח יהיה גם כן לפעול לחיצה כזאת, אז יהיה כמות פעולת המים שוה לכמות פעולת הרוח, ולכן דעת לנכון נקל גם פה שבערך הכח החי של הגופים המתנועעים, אחת היא אם השיג הגוף את תנועתו בכח הנפילה או בכח המשיכה, הדחיפה, הספוגיות, העלעקטריציטאט, והמאגנטיזמוס, אם יהיה כמות המהירות הנקנה לו על ידי אחד מהכחות $=$ כ וכמות משקלו $=$ כ אז יהיה כחו החי $\frac{m}{2} \times \frac{v}{30}$ ר"ל כשיעור כח החי שהיה לגוף נופל אם הגיע לארץ במהירות השווה למהירות הגוף המתנועע.

§. 251. **ביאור משפט הכח החי.** למען יבין כל איש את דברינו בסימן העבר נרחיב פה מעט בביאורנו ונאמר: כל גוף מתנועע לא יבוא אל המנוחה כי אם על ידי התנגדות המפריעות לתנועתו לפי § 29, ולכן נוכל לתאר לנו כל גוף מתנועע לאוצר שיאצר בקרבו כח ידוע, ר"ל: גוף אשר יוכל להתנועע על הארץ במרחק 60 רגל בכח התמדתו עד הגיעו אל המנוחה; נוכל לחשוב לאוצר שאצור בו כח המספיק להגיע על ידו גוף כבר כמותו במרחק 60 רגל, ולכן יהיה כמות הכח האצור בו כשיעור המכפלה הנולדת מכפילת משאו עם מהירותו, הכח האצור הזה שבו ירוץ הגוף באורה תנועתו יוכל לעבוד גם עבודות אחרות אם נכריחיו לזה; ואת הכח הזה כנו חכמי המעכאניק בשם **כח החי**, גורל הכח החי הוא כגורל הכח המניע את הגוף, אם תהיינה ההתנגדות שיפגוש הגוף בדרך הילוכו ידועות לנו בכמותן, אז נוכל למצוא את כמות הכח החי על ידי קיבוץ ההתנגדות שצנח הגוף המתנועע עד שובו למנוחתו, והנה לאחורות (מיינהייט) למדוד את ההתנגדות בחרו בהתנגדות שיתנגד הכובד להגוף העולה למעלה מהארץ בכח הוריקה, והנה כבר נודע לנו § 242 שהגוף הנופל ממקום גבוה יבוא במהירות כזאת אל הארץ שכאשר יורק במהירות הזאת בקו ישר למעלה אז יגיע להגובה שממנו נפל, את החזיון הזה נראה בחוש בהמטוטלת

שכמורה השעות שבאשר יפול כדור המטוטלות מנסיבת כובדו מהימין אל השמאל או יעלה בכח החי הנקנה לו בהתמדת תנועתו בנובה ההוא לשמאל השוה להגובה שנפל ממנו מהימין, והנה אם נפל גוף ממשקל 10 ליטרות מגובה 240 רגל ישיג מהירות כזאת; שאם נזרוק אותו למעלה במהירות שהגיע להארץ או יעלה בכח הזריקה בגובה 240 רגל, ולכן גוף שנפל 240 רגל ושמשקלו הוא 10 ליטרות יוכל לעבור עבודה מעכאנית השוה בכמותה לפעולת העובד שיגביה 10 ליטרות ביום 240

צורה 212.

רגל, אמנם באשר שדרך הנפילה מגובה 240 רגל, יעבור הגוף הנופל במשך 4 זעקונדען, והמהירות האחרונה הנקנה להגוף הנופל בהגיעו מקץ הזעקונדע 4 אל הארץ הוא 120 רגל, לכן בכל מקום שנמצא כדור ממשקל עשר ליטרות מתנועע במהירות 120 רגל לזעקונדע; שהשיג מהירותו על ידי הרחיפה או על ידי כח הספוגי או על ידי כח היריה והזריקה וכדומה, יהיה כמות עבודתו שיוכל לעבוד בכח החי שוה לכת החי מכדור כזה הנופל מגובה 240 רגל, אסיפת כח החי לאוצר באיזה גוף למען עבוד בו לפרקים ידועים נראה בכל המוכנות עם אופני וכדורי תנופה סומונגרדכר מוט סומונגקוסמטן כמו שיתבאר לנו בדברנו כחכמת המוכנות.



§. 252. חשכונות הכח החי בהגופים הנופלים. בכח החי יוצצו הכדורים

הנזקים מכלי היריה את חומות המבצרים והמגדלים, ובכח החי יתקעו גם היתדות במקום נאמן בעומק הארץ ליסד עליהם חומות בצורות וארמונות על תלם, הצורה 212 תורה לנו הכנה ירועה שעל ידה יתקעו העמודים במעמקי האדמה, למציאות חשבון כח הסבל אשר יסבלו העמודים את משא הבינים, נצרך לנו לדעת שלשה דברים אלו: **א** כובר הפטיש, **ב** גובה נפילתו, **ג** מדת הירידה שירד העמוד אחרי שהוכה מכות במספר ידוע, ד"מ: אם ידוע לנו משקל הפטיש = 1000 ליטרות וגובה נפילתו 15 רגל, גם נודע לנו שעל ידי העשרים המהלומות האחרונות ירד העמוד בעומק 4 אצבעות בארץ, נסמן את משקל הפטיש מ, ואת גובה הנפילה ד, ואת העומק שירד בו העמוד בכל אחת מעשרים המהלומות האחרונות ע, אז יהיה שיעור העבודה המעכאנית שיעבוד הפטיש בכל מכה ומכה = $מ \times ד$, ואם יורה לנו ה את התנגדות האדמה שתתנגד אל העמוד החודר בה, אז יהיה $מ \times ד = ה \times ע$ במשלנו יהיה $ע = \frac{20}{4} = \frac{1}{5}$ אצבע $\frac{1}{60}$ רגל, ולכן תתהפך המשווה להתמונה הזאת $15 \times 1000 \times \frac{1}{60} = 250$ וכן כמות כח הסבל ה = $(15 \times 1000) : (\frac{1}{60}) = 15000 = \frac{1}{60} \times 900000$ ליטרות = 22500 פוד, אם נניח שמשקל 1 רגל מעוקב מהחומה ישקול $3\frac{1}{2}$ פוד וארכה לכל ארבעת קירותיה 100 רגל ורחבה = 5 רגל וגובהה 35 רגל, אז יהיה משקל כל החומה $3\frac{1}{2} \times 400 \times 5 \times 35 = 245000$ פוד, נמשך מזה כי היה מספיק להשענת כל הבנין 11 עמודים אך חכמי הבנין ייסרו בנין כזה על שמונים עמודים למען יהיו במוחים על אחת שבע.

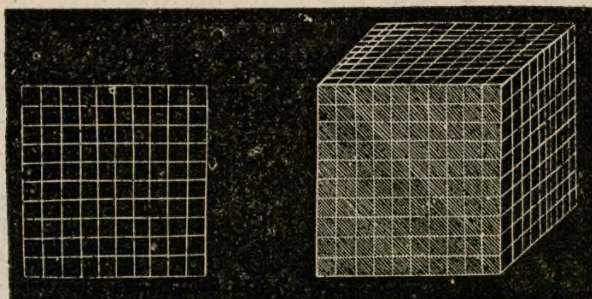
§. 253. חשבונות כח החי בהגופים הנזקים. בהסימן העבר ראינו פעולה כח החי ליסד בנינים, ופה נבאר את פעולתו להרוס אותם. נקל הוא להרוס מאשר ליסד, איש אחד יוכל להרוס ביום אחד את אשר עמלו בונים רבים ימים רבים בהבנותו, ולכן לא נתפלא לראות גם את הכח החי מהרוס בנבירה יותר נפרצה מאשר ייסד. בכלי תותח הגדולים יורקו כדורים שמשקלם 30 ליטרות במהירות יותר נפרצה מאשר ייסד. בכלי תותח נא כמה הוא הכח החי מהכדור ברגע צאתו מפי הקאנאנע, (מבלי להביא בחשבון את כמות הלחיצה שילחץ האויר המודק בהקאנאנע פנימה על השביל ועל המנופה), והוא: לפי התמונה האלגעברית שיצאה לנו לכח החי § 248 יהיה פה כ = $(2000 \times 2000 \times 30) : 60 = \frac{120000000}{60} = 2000000$ ליטרות הרגל = 4000 כח סוסים. אם יצא לנו כח גדול כזה לכדור עופרת הנזרק מהקאנאנע, נבקש נא חשבון לכמות כח החי מכדור הארץ, והוא: משקל כדור הארץ הוא 5 קוואטריליואנען קיללעגראמם ומהירות תנועתה מסביב השמש = 30000 מעטער, ולכן כמות כח החי שלכדור הארץ = 30000×30000 מעטער $5 \times$ קוואטריליואנען קיללעגראמם מחולק על $2 \times \frac{9}{100} = 9$ מעטער = 4500 קווינקוועלליאן קיללעגראממעטער מחולק על $19 \frac{62}{100} = 229 \frac{1}{2}$ קווינקוועלליאן קיללעגראממעטער. אם נניח כח הסוס הבינוני = 70 ק"מ או יצטרך לזה מוכנה קיטורית העובדת בכח $\frac{459}{140}$. $\frac{39}{140}$ קווינקוועלליאן סוסים, ואם נניח שהמוכנה החלה לפעול כבר לפני 5625 שנים, ר"ל: מיום הוסד ארץ, ומאז ועד עתה לא יצא הכח הזה אל הפועל; ולא אבדה המוכנה מאומה מכתה לנצח כל התנגדות עד היום הזה אשר תכלה את כל כחה לרחוק את כדור הארץ באופן

שתמרה בתנועתה 30000 מעטער לכל זעקונדע, ובהמוכנה יתם כל הכה ברנע שתכלה הרחיפה, או אם נכנה את מספר הסוסים $\times$, נמצא כמותו לפי המשוה האלגעברית $\times 5625$ סוסים $\times 365$ ימים $\times 24$ שעה $\times 60$ מינ' $\times 60$ זעק' $\times 70$ סוסים $= 229 \frac{1}{2}$ קווינקוועלליאן, לכן $\times = 18 \frac{483}{1000}$ טריליאן כח סוסים בקרוב, ר"ל: אם נרצה לזרוק בכח מוכנה קיטורית כדור שמשקלו הוא כמשקל כדור הארץ ולהאציל לו מהירות של 30000 מעטער לזעקונדע; בכח הרחיפה שידחק הכדור מהמוכנה, או היתה המוכנה הזאת צריכה לבח $18 \frac{483}{1000}$ טריליאן כח סוסים (*) ולזמן 5625 שנים לעבור יום ולילה מבלי מנוח בטרם שתהיה לאל ידה להוציא את הרחיפה הזאת למענה, ומשקל פחמי האבן שיצטרך להפוך את מימי המוכנה הזאת לקיטור הוא 1500 קוואטריליאן ק"ג או 300 פעמים כבר ממשקל כדור הארץ עצמו, ובאשר שמשקל המיוחד (62 \$) מפחמי האבן יתערך למשקל המיוחד מהארץ כערך 1 אל 6, לכן היה גודל המקום שיכילו הפחמים 1800 פעם גדול מת"ג כדור הארץ. מה נורא הוא כח אל שרי המניע כדורים ועוד רבוא רבבות פעמים גדולים מכדור הארץ ואשר אין ערך לרבוא רבבותם !!! אם נשכיל לתאר לנו את כל גוף מתנועע לאוצר מלא כח, או נשיג מעט מוער את כבירות כח היוצר המניע את כל אלה רבוא רבבות העולמות.

(*) ואל יקטן זעיקך קורא נעים המספר $18 \frac{483}{1000}$ טריליאן ולמען שחול להשיג את המספר הזה נחשוב את המקום שיכילו $18 \frac{483}{1000}$ טריליאן גרגרי חטים, נניח ששטח אצבע מרובע כגודל האורה 213 נוכל לכסות במאה גרגרי חטים, ובכלי שחללו הוא 1 אצבע מעוקב כגודל האורה 214 נוכל

צורה 213.

צורה 214.



להכניס אלף חטים, אז יהיה מספר החטים שנוכל למלאו בכלי מחזיק 1 רגל מעוקב שהוא 1728 מעוקבים (21 \$) $= 1728000$ נקח את הווערסט $= 500$ קיס (שמונים פחדשן) $= 3500$ רגל, אז יחזיק בקרבו ארבעים ושנים אלף מיליאן רגל מעוקבים, נשכיל את המספר הזה במספר 1728000 שהם מספר החטים שברגל מעוקבת

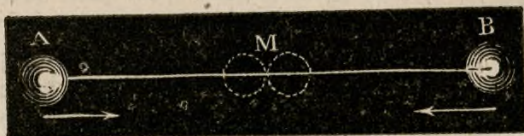
אחת ויוצא לנו למספר החטים שיחזיק 1 ווערסט מעוקבת שבעים וארבעים אלף ושמונה ביליאן, נמשך מזה שכל השמונה עשר וחצי טריליאן גרגרי חטים יכילו מקום שארכו ורחבו הוא 1 ווערסט וקומתו היא $\frac{1}{2}$ 249 ווערסט או יותר מן 27 פ"ג, הארכנו מעט למח מושג מהמספר הזה יען כי רבים המה המספרים הגדולים אשר יבואו בחיבורינו וביחוד בחכמת החכמה, ולכן חפצנו שיתן הקורא מושג נכון וזיור אמיתי לנפשו ממספרים כאלה והגדולים עוד רבוא רבבות פעמים מהם אשר יבואו לפנינו.

פרק אחד עשר

חוקי התנופה (טוולוגיקרמפֿט)

254. §. תנועה מרכזית (מנטכאלבשטונג). אם כח אחד M (צורה 215), ימשוך אליו את הגוף A בנטיה ישרה $A M$, או יתקרב הגוף A אל M במהירות מתגברת בשווי המרה, יען שמהירות אחת יקנה על ידי המשיכה והשניה על ידי ההתמדה § 29; והמהירות היותר גדולה ישיג בבואו בנקודה M , אמנם על ידי התמדת התנועה לא ינוח הגוף גם בבואו אל M , אך יעבור משם והלאה בנטיה הקו $M B$; והתנועה הזאת ישיעבור הגוף מעבר להנקודה

צורה 215.

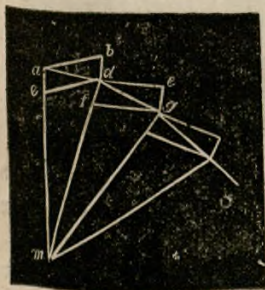


M לעומת B היא תנועה נעצרת בשווי המרה, יען שהכח M יגרע בכל רגע כמות ידוע מכה ההתמדה המניע או את A . כשיהיה אורך $M B = M A$ או תהיה מהירות התנועה של הגוף לעומת $O = B$, והכח M שלא נפסקה עוד פעולתו יכריחהו לשוב בדרך שבא מן B עד M בתנועה מתגברת בשווי המרה, ועל ידי ההתמדה יעבור הגוף שנית את הנקודה M ויתנועע בתנועה נעצרת לעומת A במקום שיתום כח ההתמדה, כן ילך וישוב הגוף הזה חליפות מן A דרך M אל B , ומן B דרך M אל A , כל עוד שיפעל הכח M לבדו ואין לכל כח זר חלק עמו בפעולתו.

255. §. תנועה מרכזית. אם מבלעדי הכח m יקצא עוד כח אחר כ הפועל

על הגוף a (צורה 216) להניע אותו בנטיה $a b$, או נמצא את נטיה תנועת הגוף a בהקו העקום $a d g$, והוא: אם m הוא הכח המושך את

צורה 216

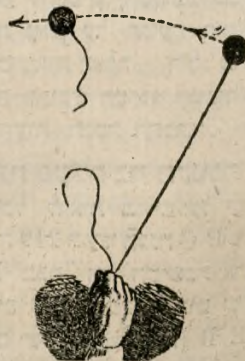


הגוף a בתכונת $a c$ לעומת הנקודה m , אולם כח שני ימשוך אותו או לנטיה $a b$, ונצייר לנו שבקו שיפעל הכח m מבלי הפסק יפעל הכח השני כ אך רגע אחד. באופן שאם לו שמע הגוף a אך להכח m לבד, היה מניע מקץ הזעקונדע הראשונה אל c , ולו שמע אך להכח השני היה מניע או אל b , ולכן דעת לנבון נקל לפי (§ 102) שהגוף המוכרח לשמוע לשני הכחות יחד, יתנועע בקו האלבסון $a d$, וכאשר צלחה לנו למצוא את נטיה תנועתו להזעקונדע הראשונה, כן לא יבצר מאתנו למצוא נטיה גם בהזעקונדע השניה, והוא: אחרי שבא הגוף מן a אל d היה מתמיד בנטיה ללכת בנטיה $a d = d e$, אולם הכח m ימשכו גם פה ללכת בדרך $d f$ ולכן ילך את האלבסון $d g$, (הצורה 216) תורנו גם את נטיה הדרך

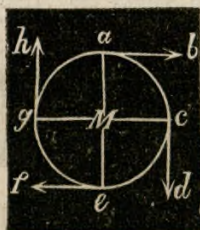
שילך בה הגוף בהעקוונדע השלישית, והנה הדרך $a d g$ שימצא בו הגוף בשלושה הגעים הראשונים הוא קו שבור, אמנם אם נתבונן שעל ידי התחלקות הזמן לחלקים עוד יותר קטנים יתחפך הקו השבור והיה לקו עקום או לקשת מהעגול אשר m הוא מרכזו, והנקודות $a d g$ תהיינה נקודות התנועות במקיף העגול; אז יודע לנו שהגוף יתנועע מנסיבות שני הכחות האלה דרך עגולי, התנועה הזאת תקרא בשם תנועה מרכזית (שנטרולבשטונג), הכח m הוא כח מושך להמרכז (צנטריפוטלוקרלעט), והכח השני הוא כח צלעי או כח נוגע (וייטשט= חרשט טאנגנטלוקרלעט), הכח המושך אל המרכז הוא כח נמצא בפועל והמחרש את פעולתו מבלי הפסק; בעוד שהכח הנוגע יצטרך לפעול אך כרגע הראשון בהאצילו להגוף את הדחיפה הראשונה, ובכל זמן התנועה יפעול אך כח התמדת הדחיפה הזאת; ולכן תהיה התנועה המסובבת מהכח המושך מתגברת בשווי המדה, והתנועה הנולדת על ידי התמדת כח הצלעי תהיה בשווי המדה אולם בלתי מתגברת.

§. 256. כח התנופה (טוחוונקערלעט). להכח הנוגע יש יד ושם בחכמות הטבע והתכונה והמעבאניק, ויקרא בשם כח המבריה מן המרכז (צנטריפוגלוקרלעט) או כח התנופה (טוחוונקערלעט) או כח הקלע (פליידנקערלעט), אם נסבב איזה גוף בתנועה מעגלית, אז יולד בו כוסף חזק בכל חלקיו לנוס מן מרכז מעגל התנועה והלאה, הכוסף הזה יתגדל כל שיגדל כמות משקל הגוף המתנועע, וכל שתגדל עקמימות נטיה דרכו, אם נקשור אבן בחוט ונסבב את האבן כמו שתורנו צורה 217 או תמתח האבן את החוט ותכריחו להיות קתוח גם כאשר תהיה האבן למעלה והחוט למטה, כח ההמתחה די לפעמים לנתק גם את החוט והאבן לא תרד גם אז מטה אך תעוף בנטיה החץ, את סבת הכוסף הזה נמצא בנקל אחרי העיון, והוא: הנסיון יורנו שכל גוף יכסוף להתרחק בקו ישר בנטיה המתארכת (חי' די' פטלוקנגצונג דער רייכטונג) מהכח הרוחק הפועל עליו; ולכן גם בהגוף המתנועע במעגלה יכספו כל אחד מחלקיו לברוח בקו ישר הננוע באחת מנקודות מסלוליהם העגוליים, ולכן תכסוף גם כל נקודה ונקודה שבמקיף האופן המתנועע על צירו צורה 218 לנוס בקו ישר בנטיה הכח הננוע (ריכטונג דער טאנגנטלוקרלעט) אם העגול סובב על

צורה 217.



צורה 218.



כמבואר בהצורה הזאת בחוש, והוא: אם העגול סובב על מרכזו M מהשמאל אל הימין בנטיית ארבעה החצים, אז תכסוף הנקודה a לברוח בקו ישר $a b$, והנקודה c בקו ישר $c d$ והנקודה e בקו ישר $e f$ והנקודה y בקו ישר $y h$, אך כח התקשרות חלקי האופן זה בזה לא יתן אותם לעזוב את מקומם ולהתפרד, ולו היה כח התנופה חזק מכל ההתקשרות, כי עתה היו כל חלקי הגלגל מתפוצצים כרגע ונתפורזו לכל רוח מחללה לעגול המקיף, אמנם אם שקצרה יד כח התנופה

לנצח את כח ההתקשרות, בכל זאת לא ינוצח גם הוא מההתקשרות, ויגלה לנו את כוספו זה על ידי כח התנופה אשר יקשכו על ידו בתנוף כל הנקודות להלאה מהמרכז.

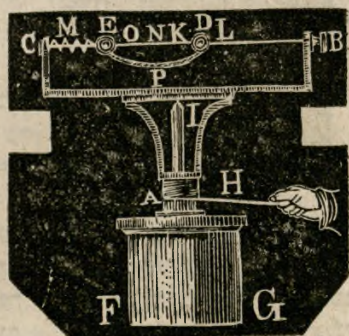
257. § הגדלת כח התנופה בתגבורת מהירות התנועה. באשר שאם

נתאר לנו שהתנופה תתגבר בכחה על הכח המקשר ותחלק a ינוס בנמית a b צורה 218 הלאה מהמרכז, אז בלי ספק ינוס החלק הזה יותר מהר כל עוד שימחר גם הגלגל בתנועתו בטרם הפרד החלק a ממנו, ולכן דבר הלמד מענינו שהתנופה תתגבר בתגבורת המהירות.

258. § התגברות כח התנופה בהגדלת המשקל. כח התנופה יתגבר בהגדלת

משקל הגוף המתנועע כי אם נציג לנו שהנקודה a צורה 218 תתנגד בכח תנופתה אל הכח המושך בשעור $= 1$, או הלא תתנגדה שתי נקודות הגדולות כל אחת כהנקודה a בשעור $= 2$, ושלוש נקודות בשעור $= 3$, לכן כל שירבה מספר הנקודות הטבעיות בהגוף המתנועע במעגלה; כן יגדל גם כח תנופתו, ובאשר שכח התנופה יתערך גם למהירות התנועה, לכן תכסופנה הנקודות הרחוקות מהמרכז לנוס ממנו בכח יותר גדול מאשר תנוסנה הנקודות הקרובות להמרכז, ולכן יתערכו כחות התנופה זה לזה בשני גופים הסובבים לכח מרכזי אחד, כערך מרחקי הגופים מהמרכז; ובאשר שהארץ היא גוף הסובב על ציריו, ועגול-מקבילי הארץ יתקמנו משני עברי עיגול המשווה עד הצירים במקום שיתחפכו לנקודה אחת, לכן יהיה כח התנופה שמתחת לעיגול המשווה גדול מכח התנופה שלאיווה עיגול אחר המקביל אליו והרחוק ממנו לעומת אחר משני הצירים, ובהצירים עצמם יתבטל כח התנופה מכללו, ויען שכח התנופה המבריה מהמרכז הוא מתנגד בפעולתו לכח הכובד המושך אל המרכז, לכן יהיה משקל הגופים (המסובב מכח הכובד) גדול מתחת להצירים מאשר מתחת להמשוה, וזה אות נאמן על תנועת הארץ סביב ציריה (עיין בספרנו עולם ומלואו), על פי שני הכחות המרכזיות האלה, ר"ל: כח המושך וכח התנופה יקיפו כל כוכבי הלכת וכוכבי דשביט את השמש המרכזי המשותף לכולם, לכן תהיינה ידיעות חוקי הכחות האלה מוכרחות מאד לידיעות חכמת התכונה.

צורה 219.



259. § הכנה לבחינת פעולת כח התנופה.

את פעולת כח התנופה נוכל לראות בחוש על ידי בחינות שונות, והוא: הצורה 219 תורנו הכנה A B C הסובבת על קיטור וקופי I בכח היר המושכת את החבל H, בין שני השוקים C B מתוח חוט של ברזל ושני כדורים מנוקבים של שן (שפסגות) E D חרוזים עליו, באופן ששני הכדורים יכולים לעבור חפשי לכל אורך החוט ימין ושמאל, אם נציג בטרם שנתחיל לסבב את ההכנה את הכדור D באמצע החוט בהנקודה N לעומת קוטר המסבה I או ישאר גם בכל משך הסביבה על מקומו זה ולא יעתק ימין ושמאל, והוא: יען שכאשר יקצא הכדור במרכז הסביבה או לא יפעל

עליו כל כח להרחיקו מהמרכז, באשר שהמרכז ינוח גם כעת הסביבה כאשר בטרם

הסביבה, אבל אם נציג את הכדור D לפני התחלת הסביבה בהנקודה L או לא יישאר עוד הכדור בעת הסביבה בהנקודה L, אך ינוס בכח המברית מהמרכז לעומת הנקודה B, והכדור E ינוס גם הוא לעומת הנקודה C, אולם הנוצה של ברזל עשות M תתנגד להכדור E בכח ספוגיותה, ולכן נוכל למצוא בכמות ההתקצרות שתתקצר הנוצה M (על ידי דחיקת הכדור עליה בהתחזו לנוס מהמרכז) את מדת כח התנופה שלהכדור E, והוא: בהיות המרחק O פי שנים מהנקודה K מאשר ירחק K מן N, או ילחץ הכדור E על הנוצה M בכח משנה בהנתן הכדור E (לפני התחלת הסביבה) בהנקודה O מאשר ילחץ בהנתנו בהנקודה K, והנוצה M תתקצר באופן הראשון פי שנים מאשר באופן האחרון ולכן יוצא לנו מהבחינה הזאת משפט צדק בחכמת הטבע, והוא: כח התנופה משני גופים שווים בכל סגולותיהם והסובבים מרכז אחד במרחקים שונים יתערכו זה לזה כערך ישר לכמות מרחקם מהמרכז. אם נקח תמורת הכדור של שן E, כדור של ברזל הכבד ממנו 9 פעמים ונציגוהו במקום שעמד הכדור של שן, או ילחץ על הנוצה 9 פעמים מכפי אשר לחץ עליה הכדור של שן, הבחינה הזאת תורנו למשפט צדק שערך כח התנופה בשני גופים השווים במרחקם ממרכז המסיבה הוא בערך ישר למשקלי הגופים. אם נקח שני כדורים האחד של ברזל משקלו 9 לאטה והשני של שן משקלו 1 לאטה ונקשור אותם בחוט p הארוך 10 אצבעות, ונציג את שני הכדורים במרחק אחד משני עברי המרכז, או ינוס הכדור של ברזל בכח הגדול 9 פעמים מכח מנוסת הכדור של שן, הכדור של שן יקשך בחזקה להתנועע נגד כוספו אל המרכז ולעבור את המרכז לרוץ אורה בנמית הכדור הכבד, אבל אם נציג לפני התחלת הסביבה את הכדור של שן במרחק 9 אצבעות מימין המרכז, ואת הכדור של ברזל במרחק 1 אצבע משמאלו, או ישארו הכדורים בכל משך הסביבה במרחקיהם שהיו להם לפני הסביבה, יען שבמדה היא שיתוסף כח התנופה בהכדור של ברזל מפאת משקלו, כן יתוסף הכח גם בהכדור של שן מפאת מרחקו מהמרכז, והכדורים יחזיקו איש את אחיו בשווי המשקל, הבחינה הזאת תורנו בפעם אחת את שני המשפטים שנתבארו לנו על ידי שתי הבחינות הקודמות, אם נשים אך הכדור של ברזל שמשקלו הוא 9 לאטה ונסוב את ההכנה באופן שתתקצר הנוצה M במחציתה, ולתכלית הזאת היה נצרך לנו ד"מ לסבב את ההכנה 5 פעמים לזעקונדע, ואחרי כן נסיר הכדור של ברזל ונשים במקומו כדור של שן שמשקלו הוא 1 לאטה, או אם נרצה לפעול בכח תנופת הכדור הזה שתתקצר הנוצה במחציתה יצטרך לנו לסבב את ההכנה 15 פעמים לזעקונדע, הבחינה הזאת תורנו למשפט צדק שכמות התנופה משני כדורים העומדים במרחק אחד מהמרכז יתערך כמרובעי מהירות תקופתם מסביב להמרכז, והוא: אחרי שלמען הוליד בהכדור של שן (המתערך במשקלו אל הכדור של ברזל כערך 1 אל 9) כח התנופה השווה לכח התנופה מכדור של ברזל השווה אליו במרחקו מהמרכז, היה נצרך לסבב את הכדור של שן במהירות המתערכת אל מהירות הכדור של ברזל כערך 3 אל 1, והנה המספרים 9 : 1 המה המרובעים מהמספרים 3 ; 1.

260. §. דרכי החשבון לפעולת התנופה. אם נתבונן היטב על המשפטים שנתבארו לנו בהסימן העבר, או נוכל להוציא תמונה אלנעברית כוללת לחשבון כח

המבריה מהמרכז, והוא: מתוצאת כל שלשה המשפטים יחד שנתבאר לנו משלש הבחינות השונות שעשינו בהכנה צורה 219 נוכל להוציא משפט כולל אחד, והוא: את כמות כח המבריה מהמרכז בגוף הסובב לאיזה כח מרכזי נוכל למצוא על ידי כפילת משאו של הגוף עם המנה היוצאת מחלוקת מרובע מהירותו על מחצית אלכסון מעגל תקופתו, אולם באשר שמשאו של הגוף הוא (לפי § 36) $\frac{1}{30}$ ממשקלו, לכן יוצא לנו לפי המשפט הזה שנתבאר לנו פה התמונה האלגעברית הזאת, $\frac{2}{30} \times \frac{2}{\pi} =$ ת

אם ת יורה לנו כמות כח המבריה מהמרכז, $\frac{2}{30}$ על מהירות תנועת הגוף במדת הרגל, $\frac{2}{30}$ את כמות משקל הגוף, π את מחצית אלכסון מעגל תנועתו, באופן הזה נוכל למצוא את הכח המושך את הכדור מיד המסבבו צורה 220, והוא: אם יהיה ד"מ משקל הכדור 8 לאמה, ואורך החוט = 3 רגל, ומהירות הכדור בהזעקונדע = 20 רגל, אז יהיה כמות המשיכה צורה 220.

שימשך הכדור מהיר $\frac{20}{3} \times \frac{20}{30} = \frac{800}{90} = 8 \frac{8}{9}$ לאמה. $\frac{35}{9} =$



§ 261. השתנות כח התנופה בכדור הארץ. הארץ

היא כדור מתנועע על ציריו, ובאשר שאורך אלכסונה החותך את עיגול המשוה בשתי נקודות מקבילות יתערך לאלכסונה העובר מציר הצפוני אל הדרומי כערך 290 אל 289, לכן יתמעט על ידי הכח המבריה מהמרכז ממשקל הגופים שמתחת להמשוה $\frac{1}{290}$ ממשקלם שישקלו תחת אחד הצירים, ר"ל גוף שמשקלו הוא 290 ליטרות תחת אחד הצירים יתמעט במשקלו 1 ליטרא בסבת כח התנופה כשיובא תחת המשוה, ובאשר שגם על ידי התרחקות נקודת שטח הארץ

מהמרכז תחת המשוה מאשר תחת הצירים יתמעט הגוף $\frac{1}{145}$ ממשקלו כאשר כבר נתבאר לנו § 40, לכן יפחת ממשקל הגופים המובאים מהצירים אל המשוה בשיעור $\frac{1}{145}$ $\frac{1}{290} \pm \frac{145}{42050} = \frac{290}{42050} \pm \frac{435}{42050} = \frac{1}{97}$ בקרוב, ר"ל הגוף שישקל תחת הצירים 97 ליטרות ישקל מתחת להמשוה רק 96 ליטרות.

§ 262. מתי ישתוו הכח המושך והכח הדוחף בגוף מתנועע במעגלה?

שאלה. באשר שהכח המבריה מהמרכז בגוף אחד יוכל להשתנות: (א) בהשתנות מרחק הגוף ממרכז תנועתו, (ב) בהשתנות מהירות תנועתו, ולכן דעת לנבון נקל שנוכל למצוא מרחק או מהירות קצובה שבהם ישתוו כח המבריה מהמרכז אל משקל הגוף, ולכן מי חכם ויודיענו את ערך המרחק או את ערך המהירות (שבהם ישתוו כח המבריה את הגוף ממרכזו אל הכח הלוחצי שילחץ הגוף בסבת משקלו על החוט שהוא קשור בו) כבואו במעגל תקופתו מעל למרכז תנועתו?

תשובה. אם נתבונן היטב בהתמונה ת $\frac{2}{30} \times \frac{2}{\pi} =$ שנתבארה לנו § 260 אז

יוצא לנו שלפי תנאי השאלה נצרך פה להיות $T = M$, ואל המטרה הזאת נגיע בנקל אם נשים $1 = \frac{20}{30 \times \sqrt{H}}$, ואז יהיה גם ערך T אל $M =$ כערך 1 אל 1 , והתנאי הזה יתקיים באחד משני הדרכים האלה: (א) כאשר נקת $M = \sqrt{30 \times \sqrt{H}}$; (ב) כאשר נקת $H = \frac{20}{30}$.

263. §. מחשבון כח המברית מהמרכז אשר להארץ. שאלה. כמה היתה צריכה הארץ למחר בתנועתה היומית באופן שעל ידי מהירות תנועתה ישתוו בה מתחת לעיגול המשווה הכח המברית מן המרכז אל הכח המושך להמרכז; ר"ל באופן שכאשר נרים איזה גוף שמה מעל הארץ או ישאר תלוי באויר? תשובה. בהסימן 261 ראינו שמתחת לעיגול המשווה יגדל הכח המושך מהכח המברית 290 פעמים ובהסימן 259 נתבאר לנו שכח המברית מהמרכז יתגדל כמרובעי המהירות, לכן אם היתה הארץ ממחרת בתנועתה $17\frac{1}{33}$ פעמים בקרוב מאשר תמהר עתה, כי עתה היה גם כח המברית ממרכז $\frac{562}{33} \times \frac{562}{33} = \frac{315844}{1089}$ 290 בקרוב, ומרת אורך היום תחת המשווה היתה אז אך $\frac{1}{17}$ בקרוב מארכו כיום הזה, לכן היה ארכו 1 שעה 24 מינוטען 22 ועקונדען.

צורה 221. §. העצרת שפך המים בכלי הסוכב במעגלה.

שאלה. אם נקשור דלי מלא מים צורה 221 בתבל, באיזה מהירות נצרך לנו להניע את הכלי ובאיזה מרחק תצרך להיות מהיר למען לא ישפכו המים לארץ כבוא הדלי במעגל תקופתם בהתכונה שתורנו הצורה 221 ר"ל שתושבתה תהיה למעלה ופיה למטה?

תשובה. לפי התשובה הכללית § 262 נקל לנו להשיב גם על התשובה הפרטית הזאת, והוא: נקצוב לראשונה (לפי בחירתנו) את המרחק $H = 4$ רגל, ואז תוציא לפי § 262 מחיר המהירות $M = \sqrt{30 \times 4} = \sqrt{120}$ ונשים ד"מ מחירה $10\frac{9540}{10000}$ רגל, או נקצוב לראשונה את המהירות M , ונשים ד"מ מחירה 12 רגל לזעקונדע ויוצא מחיר $H = (12 \times 12) : 30 = 4\frac{4}{5}$ רגל, לכן לא ישפכו המים כשיהיה אורך החוט 4 רגל ומהירות הדלי $10\frac{9540}{10000}$ רגל או כשיהיה אורך החוט $4\frac{4}{5}$ רגל ומהירות תנועתו 12 רגל ובשני האופנים יהיה $T = M$, ר"ל: כח תנופת הגוף שווה למשקלו בין שיהיה משקל הגוף 1 ליטרא או אלף ליטרות, והוא: נניח לראשונה משקל הגוף 1 ליטרא, אז יהיה לפי § 262 ולפי האופן השני $T = (12 \times 12) : (1\frac{1}{30} \times 4\frac{4}{5}) = 100$ או יהיה גם $T = (12 \times 12) : (4\frac{4}{5} \times \frac{100}{30}) = 100$ ואם נקח משקל הדלי $1 = \frac{300}{30} = \frac{3000}{30}$ נמשך מזה כי משקל הגוף אינו מעלה ואינו מוריד בחשבון ההשתוות, ובלבד שיהיו שני הערכים האלה אמתיים, והוא: המהירות צריכה להיות גדולה כהשוורש המרובע מכפילת מחצית אלכסון מעגל התקופה עם 30. והמחצית אלכסון צריך להיות כמרובע המהירות מחולק על 30, ולכן תמצאנה להשאלה הזאת תשובות בלי ספורות, כי כל השתנות באורך החוט תפעל גם השתנות במהירות התנועה.



265. §. שאלות שונות. שאלה. באיזו מהירות נצרך להתנועע הגוף הנזרק על פני הארץ בתכונה אופקית למען לא ישוב עוד אל הארץ אך יתנועע סביבה במעגלה? תשובה. מהמבואר בתשובת השאלה 263 § נודע לנו שאם ימהר הגוף בתנועתו 17 פעמים כמהירות הארץ בתקופתה סביב צירה אז לא יפול עוד עליה, ולכן באשר שמשוה הארץ תמהר בתנועתה 1633 רגל רוסית לזעקונדע, לכן היה צריך לכל הפחות למהירות $1633 \times 17 = 27761$ רגל לזעקונדע. שאלה. הרוכבים בעמידה על הסוסים שיורצו במעגלה, ידחפו להלאה ממעגל מרוצת הסוס בכח המברית מהמרכז, והיו נופלים מעל הסוס אם לא יתחכמו להטות את גופם לתוך המעגלה כמו שתורנו הצורה 222, ומעתה נשאל כמה יהיה נצרך להסוס להתרחק ממעגלו? וכמה נצרך לו למהר בתנועתו למען יהיה הרוכב עליו בטוח שלא יפול כאשר יעמוד עליו בתכונה נטויה כזאת שאך במחצית משקלו ילחץ על הסוס? תשובה. את הרוכב הזה נוכל לתאר לנו לגוף הקשור בחוט והסובב במעגלה, והנה נקח את מהירות הסוס 40 רגל או יהיה לפי התשובה הכללית $\Pi = 30^2 : 30$ (262 §), ר"ל: מרחק הסוס ממרכזו

צורה 222.



$\frac{1600}{30} = 30 : (40 \times 40) = 53 \frac{1}{3}$, אולם אם נניח שמהירות הסוס 30 רגל או יהיה אורך מרחקו ממרכז המעגלה $\Pi = (30 \times 30) : 30 = 30^2 = 900$ רגל. שאלה. עגלת הקישור שמשקלה הוא 40000 ליטרות ואשר נקודת כובדה היא בנובה 4 רגל מעל המטילים והמרחק שבין המטילים (סמנטיס) הוא 5 רגל והמתנועעת בדרך עגולה שמדת אלכסונה היא 480 רגל, כמה היא המהירות היותר גדולה שתוכל לרוץ באורך העגול הזה מבלי להתהפך על ידי כח המברית מהמרכז הדוחפה מעל המטילים להלאה ממרכז המעגל? תשובה. המהירות היותר גדולה שנוכל להניע את העגלה הזאת היא המהירות שעל ידה ישתוה כמות הכח הדוחף מהמרכז לכמות משקל העגלה, ואחרי שהשיעור Π ידוע לנו פה שהוא 240 רגל, לכן נוכל למצוא גם את המהירות Π , והוא: משקל המנוחה מהכח המברית מהמרכז הוא $40000 \times \frac{2}{240} \times 4$ ומשקל המנוחה של הכח הכובד הוא $40000 \times 30 \times \frac{5}{2}$, ומשתי המשוות האלה יוצא $\Pi^2 = (30 \times 5 \times 240) : (4 \times 2) = 36000$, $\Pi = 4500$, לכן $\Pi = \sqrt{4500} = 67$ רגל בקרוב. החשבון הזה נצרך מאד לדעת לסוללי כסלת הברזל כי הלא דעת לנבון נקל שאם לא ישיכילו לעשות את קשתות התעקמות הדרכים בחשבון נעדר למול מהירות מרוצת העגלות כאשר חשבנו פה, הלא אז תפולנה העגלות ממסלוליהן לחלאה ממרכז קשתות עקמומיות הדרכים.

266. §. נתיב הבורח מהמרכז (מסנטיס וגלובסות). כאשר נובל לסבב כלי מלא

מים במעגל זקופי, כן נוכל לסבב גם עגלה בעגול זקוף צורה 223 מבלי שתפול העגלה והאיש היושב בה גם בעלותה לרום מסלולה.

צורה 223

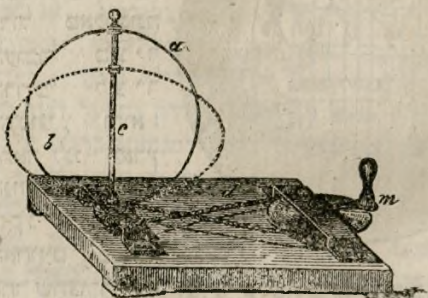


שאלה. כמה נצרך להיות גובה הנתיב העגולי? וכמה תצרך להיות מהירות העגלה אשר תוכל בכח המכריה מהמרכו לעבור את כל המסלול מבלי שתפול למטה? תשובה. נקח המהירות 50 רגל ואז יהיה לפי § 262 $\Pi = (50 \times 50) : 30 = 83 \frac{1}{3}$, ואם יהיה משקל העגלה ומשקל האדם היושב

בה 300 ליטרות, אז יהיה כח התנופה $T = [83 \frac{1}{3} : (50 \times 50)] \times \frac{300}{30} = \frac{9000}{30}$ 300 ליטרות, ר"ל: כח התנופה ישוה בד כבד לכח הכובד, ולכן לא יפלו האדם והעגלה גם בהיותם ברום מסלולם. אמנם יותר בטוח יהיה האדם אם תעבור העגלה בהמסלול הזה במהירות 60 רגל, כח התנופה יהיה אז $T = [(60 \times 60) : 83 \frac{1}{3}] \times \frac{300}{30} = 433$ ליטרות, ולכן יגדל אז כח התנופה במשקל 133 ליטרות מכח הכובד, ולכן תדחק העגלה לשטח צנור המסלול עוד בכח 133 § ליטרות, והנה לפי § 230 תהיה מהירות 60 רגל לגוף שנפל כבר 2 זעקונדען, ובאשר שדרך הגוף הנופל 2 זעקונדען $= 60$ רגל לפי § 230 לכן תשיג העגלה מהירות 60 רגל כאשר יהיה גובה מורד הצנור גם כן 60 רגל.

§ 267. מוכנות התנופה. הצורות 224. 225 תורנו שתי הכנות הנקובות בשם

צורה 224



מוכנות התנופה (סומוכנות) והוא הרכבה משני אופנים אחד גדול ואחד קטן המחוברים יחד על ידי חבל, והיה אם נקיק את האופן הגדול פעם אחת יקיק הקטן פעמים רבות, ובוה נוכל להוליד על ידי המוכנה הזאת תנועה מעגלית נמהרה למאד, ולכן נוכל לנסות על ידן את כל אמתת החוקים שנתבארו לנו מראש הפרק עד הנה.

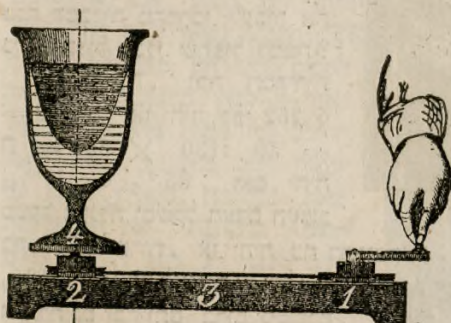
§ 268. בחינות עם מוכנות

התנופה. ממרבית הבחינות שנסו התכמים בהמוכנה הזאת נביא פה רק שתיים, והוא: א) אם נקח טבעת עגולית a ממתכת ספוגי

ונשים אותה על ציר האופן הקטן, באופן אשר הציר c יתרוך דרך הטבעת, או תהיה הטבעת עגול נכון בטרם הסביבה, וישטח לעומת הצירים כל עוד שנמהר התקופה, ר"ל: לפני הסביבה

תהיה תמונת המבעת a עגול נכון ובעת הסביבה תהפך תמונתה כתבנית העגול השטוח המנוקד והוא : באשר שכל נקודות המבעת הרחוקות מעט או הרבה ממרכז הסביבה יתרחקו מעט או הרבה מקושר הסביבה (דרכה ונגססוקס) c, ולכן יהיה או אלכסון המבעת החותך את קושר הסביבה על זווית נצבות גדול מאלכסון המבעת הננוע בשני ציריה, ולכן תשפל המבעת לעומת הצירים ותשטה מעט שטוח.

צורה 225.



(ב) אם נציג הכוס 4 המלא נוזלים על ציר האופן 2 צורה 225, ונקיף בידינו את האופן 1, או יעלו המים למעלה בדופני הכוס נגד טבע כובדם ושיעור העליה יתגדל בהתגדל מהירות התנועה § 183.

(ג) אם נקח את הכוס ונשים תחתיו את שלשה הקנים המחוברים צורה 226 על הציר ונתן בהם נוזלים, או יעלו גם כהמה הנוזלים בגובה הקנים בעת התנועה.

§ 269. הארץ היא שטחית לעומת

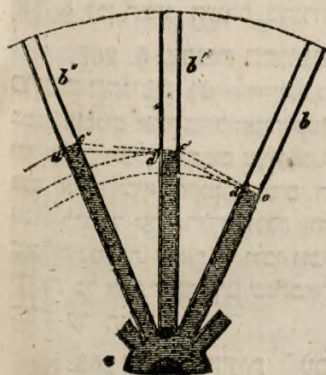
צירה. מכל שלש הבחינות § 268 הוכיח החכם נויטמן שאם תתנועע הארץ מסביב ציריה הצפוני והדרומי לפי שיטת קופערניקוס והלא היא היתה גוף נוזלי בראשית

צורה 227.



יצירתה, לכן בהכרח צריך להיות אלכסונה הננוע בשתי קצותיו בעיגול המשווה צורה 227 גדול מאלכסונה העובר מציר הדרומי לציר הצפוני, והוא : נתאר לנו הארץ הנוזלי מורכבת מקנים רבים האחוזים במרכז

צורה 226.



אחר שהצורה 226 תורנו שלשה מהם, או בהכרח יתעלו בעת התקופה עמודי המים שבהקנים הרחוקים מקושר המסיבה על הקרובים לו, והוא מבואר לפי חוקי שיווי המשקל בנוזלים הסובבים על קושרם לפי § 183 עיין בספרנו עולם ומלואו.

פרק שנים עשר חוקי המוטלת

270. §. המוטלת. כל גוף הנתלה או הנשען בנקודה שמחוץ לנקודת כובדו, ואשר יוכל להתנועע חפשי במישור זקופי מסביב לנקודת תליתו או משענתו, יקרא בשם מוטלת (Peudel), כל מוטלת תקרא בשם מוטלת מורגלה (מורגלה = פסגה) אם נקודת תליתה או משענתה לא תשתנה בה; ואם תשתנה בה או תקרא בשם מוטלת בלתי מורגלה (מורגלה = פסגה), המוטלות הבלתי מורגלות תחלקנה עוד לשני מינים, והמה: א) מוטלת מתגלגלת (מורגלה = פסגה) אם הבסיס (מנסטלוגט) שתתנועע עליו הוא

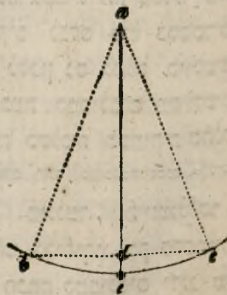
ישר ושטח המוטלת המתנועע על הבסיס הוא שקערונית כמו בסוס המוטלת (סוקסל = פסגה) צורה 228; ב) מוטלת שוכבי (יגסגס = פסגה) אם שטח הבסיס הוא עגול ושטח המוטלת הנוגע בו הוא ישר, ד"מ: קורה הנתונה על פני מעגילה (מולגה) ואשר נטיות הקורה ונטיות המעגילה תעשינה זוויות נצבות, המוטלת שוק נקודה אחת מכנה שמחוץ לנקודת משענתה או נקודת תליתה היא בעלת כובד, תקרא בשם מוטלת פשוטה או מדידית (מדידית = פסגה) והמוטלת שכל נקודותיה הנה כבדות, תקרא בשם מוטלת מורכבת או טבעית (מורכבת = פסגה).



צורה 228.

271. §. המוטלת המורגלה. גוף כבד, ד"מ: הכדור e צורה 229 הנתלה בחוט דק הוא מוטלת מורגלה, בהיות הכדור נח או תהיה תבונתו מכוונת בתכונת יושר הנפילה לעומת הנקודה a, אולם אם נעתיק את הכדור מנקודת מנוחתו e אל הנקודה b, או ישוב להנקודה e ברגע שיתבטל ממנו הכח המעתיק אותו, ומהירות תנועתו היא כמהירות הגוף הנופל חפשי מנקודה d עד e, והוא מבואר לפי חוקי הוריקה § 245, והנה לו היה נתפעל הגוף הזה רק מכח הכובד לבד, כי עתה היה שב למנוחתו ברגע שיבוא הכדור אל e, אולם בכח ההתמדה שקנה לו הגוף מדי רדתו בתנועה מתגברת מן b עד e יעלה למעלה בתנועה נעצרת מן e עד c, ובהגיעו אל c יכלה כח ההתמדה וימשך שנית בכח הכובד בתנועה מתגברת עד e ומשמה יעלה למעלה בכח התמדתו שנית עד b, כה יעלה וירד רצוא ושוב את הקשת b e c בפעם בפעם בסדר b e c, ולו לא היו קשיות החוט והתחככות הכדור בהאוויר סבות מפריעות להתנועות האלה, כי עתה היתה כל מוטלת שנרחפה רק פעם אחת מנקודת

צורה 229.



התמדתו שנית עד b, כה יעלה וירד רצוא ושוב את הקשת b e c בפעם בפעם בסדר b e c, ולו לא היו קשיות החוט והתחככות הכדור בהאוויר סבות מפריעות להתנועות האלה, כי עתה היתה כל מוטלת שנרחפה רק פעם אחת מנקודת

מנוחתה מתנועת לעולם, בתנועת רצוא ושוב אנה ואנה מבלי הפסק (לפי § 29).

§ 272. נקודת ההיפוך והשפל ותנופת המטוטלת. הנקודות b e צורה 229 תקראנה בשם נקודות ההיפוך (וּפְּסֵדָה פּוֹנֵקֶס), הדרך שתעבור המטוטלת מנקודת ההיפוך האחת להשניה, ד"מ: מן b אל c או מן c אל b תקרא בשם תנופה פשוטה (חִינְכָה שְׁטוּי גוֹגֶה) והדרך שתעבור בה המטוטלת מדי עזבה אחת מנקודות ההיפוך עד שובה אליה שנית, ר"ל: הדרך $c \perp b$ e שתעבור המטוטלת מדי עזבה את c עד שובה אליה תקרא בשם תנופה כפולה (דָּפְּסָה ט') או גם בשם תנופה סתם, הנקודה e תקרא בשם נקודת השפל יען שהיא שפלה יותר מכל הנקודות שתעבור בהנה המטוטלת.

§ 273. זמן התנופה וזווית הנמיה. הזמן שתתמהמה המטוטלת מדי עברה את תנופתה יקרא בשם זמן התנופה (טוּי גוֹגֶה = זִיט) וכמות הפעמים שתנופה המטוטלת בזמן קצוב תקרא בשם מספר התנופה (טוּי גוֹגֶה = מַחֵה), הזווית הנסגרת בין שתי נסיות המטוטלת, ר"ל בין נסיות מנוחתה a e ובין נסיות לאחת מנקודות ההיפוך, ד"מ: a c או a b והנה הזווית c a e או b a e תקרא בשם זווית הנמיה (חִינְכָה שְׁטוּי גוֹגֶה).

§ 274. מטוטלות משתוי הזמן. שתי מטוטלות העושות תנופות שוות במספרן בזמנים שווים במדתם, תקראנה ביחוסן זו לזו בשם מטוטלות משתוי הזמן (חִינְכָה שְׁטוּי גוֹגֶה = קֶדֶר טוּי טֶפֶל קֶדֶה).

§ 275. חוקי המטוטלות. בחשבונות עמוקות ונסיגות מחוכמות נודעו החוקים האלו.

(*) הלכה תנועת המטוטלת היא אחת מהלכות היותר חמורות בהלכות הקצב, ולכן לא יתבארו חוקים בספרי חכמת הטבע היסודיים (שֶׁלֹּשֶׁת עֶשְׂרֵה מַחֲשָׁבוֹת) רק יולנו בתור תולדות סגורו הנסיונות מצלי לתת עליהם אות ומופת, ובספרי למודי חכמת הטבע והמעבאניק (וּפְּסֵדָה שְׁטוּי גוֹגֶה) דבר פדיוק חונד וּפְּסֵדָה שְׁטוּי גוֹגֶה) הנה מבוארים לרוב על פי יסודות נלקחים מחכמת השעורים הנשגבה (הַחֲכָמָה וּפְּסֵדָה שְׁטוּי גוֹגֶה) הידועה אך לאחד מרצבות הקוראים. ואנחנו בחפצנו לעשות את ספרנו שזה לכל נפש, גם למחילים גם ליודעים, לכן נליג בסימן הזה את החוקים לבדם כמו בהספרים היסודיים, ואת ביאורם נפרש אחרי כן בהסימנים הבאים צביאור קל להבין גם לאלה היודעים רק בטיב חכמת המשולשים (טְרִיגוֹנֹמֶטְרִיָה) (יען שרבו היודעים בחכמת המשולשים מהיודעים בחכמת השעורים הנשגבה חולי כמאה פעמים), הראשון שהשכיל לבאר את ההלכות העמוקות האלה על פי חכמת המשולשים, היה המהנדס קוליק (Kulik) (עיין בוּיגוֹקֶה שְׁטוּי גוֹגֶה) שטייגסהוויפנס = זִיט סריגט במד 1), ומני אז והלאה הלכו בעקבותיו חכמים רבים כמו: מיללער, אייזנבלאך, קאפפער, ווילנער (Wülner) ורבים זולתם, ובדרכם הלכנו גם אנו צביאורו רק בהשתנות ובסוספות כפי שמאלנו נכון להקל על המעיין, והאיש אשר זר לו חוקי חכמת המשולשים ידלג על שני הסימנים 278. § 279 כי לא יבינם, והדולג לדעת את צאורי החוקים על פי יסודות חכמת השעורים הנשגבה יעיין בהספר המחוסס יסודי חכמת השעורים לאחד הגדול המהנדס והחוקן חיים זעליג סלאנימסקי לז 175.

א הנקודה הכבדה של המטוטלת המרדית תעבור לעולם קשת מעוגל שאלכסונו הוא פי שנים מאורך המטוטלת והקשת הזאת תקרא בשם **קשת התנופה** (סווינגנסברקסן).

ב תנועת המטוטלת היא תנועה משתנית, והוא: בנפילתה מאחת מנקודות ההיפוך עד נקודת השפל תהיה מהירותה הולכת ומתגברת מבלי שיווי המדה (מונגוויטשקרוויג = בסטויינגס) ובעלותה מנקודת השפל עד אחת מנקודות ההיפוך תעצר מהירותה וההעצרה תהיה גם כן מבלי שיווי המדה (מונגוויטשקרוויג = ספרווינדסט).

ג כמות ההתנכרות או ההעצרה היא כמות משתנה. את הכמות הזה נמצא בעזרת חכמת המדידה וחכמת המשולשים (סינקונוסריס) על ידי התמונה האלגעברית הזאת $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ בקע א (sinus), אם י' יורה על כמות ההתנכרות או כמות ההעצרה שתתגבר או שתעצר המטוטלת בתנועתה כבואה (ברדתה או בעלותה) באחת מנקודות קשת תנופתה, והאות א יורה על כמות כעלות זווית הנטיה (§ 273) שהיתה להמטוטלת אלו היתה הנקודה הזאת שתמצא עתה בה נקודת ההיפוך שלהמטוטלת.

ד שתי מטוטלות השוות בארכן והשוות גם במדת זווית הנטיה (§ 273) בראשית תנועתן (סווינגנסברקסן = מונד גלייטשן = סנקונוסריס = ווינקסל) תשתוונה גם בזמני תנועתן, והוא:

ה בשתי מטוטלות אחת קצרה והשנית ארוכה ואשר היו שוות במדת זווית הנטיה בראשית תנועתן יקצר זמן התנופה בהקצרה מאשר בהארכה.

ו כמותי האורך יתערכו בשתי מטוטלות א; ב בערך מרובעי זמני תנופתן. ד"מ: אם זמן תנופת א = 1 רגע, וזמן תנופת ב = 2 רגעים או תתערכנה בארך כערך $1 \times 1 : 2 \times 2 = 1$ או כערך 1 אל 4 $\frac{1}{4}$.

ז כמותי האורך בשתי מטוטלות א; ב יתערכו בערך מחופף למרובעי מספר תנופתן, ד"מ: אם המטוטלת א תשלים 3 תנופות ברגע אחד בעוד אשר המטוטלת ב תשלים רק 2 תנופות בכל רגע, אז יהיה ערך כמות האורך של א לכמות האורך של ב כערך 2×2 אל 3×3 או כערך 4 אל 9, ר"ל: אורך המטוטלת א יהיה רק $\frac{2}{3}$ מאורך המטוטלת ב.

ח זמני התנופה בשתי מטוטלות יתערכו בערך מחופף למספרי תנופותיהן.

ט זמני התנופה בשתי מטוטלות א; ב יתערכו כשרשי המרובעים מארכן של המטוטלות, ד"מ: אם אורך א = 9 ואורך ב = 4 תתערכנה זו לזו בזמני תנופתן כערך $9\sqrt{9}$ אל $4\sqrt{4}$ או כערך 3 אל 2.

י מספרי התנופה בשתי מטוטלות א; ב הבלתי שוות בארכן יתערכו בערך מחופף לשרשי מרובעי ארכן, ד"מ: אם אורך המטוטלת א 9 טפחים ואורך המטוטלת ב 16 טפחים או יתערך מספר תנופות א למספר תנופות ב כערך $9\sqrt{9}$ אל $16\sqrt{16}$ או כערך 4 אל 3.

יא מטוטלות השוות בארכן תשתוונה בזמני תנועתן גם כשתהיינה זוויות נטיתן בלתי שוות ובלבד שלא תגדלנה קשתות הזוויות יותר מחמש מעלות.

יב במטוטלת שקשת זווית נמיתה לא תגדל יותר מחמש מעלות נמצא את זמן התמדת התנופה הפשוטה על ידי התמונה האלגנברית הזאת,

$$z = \frac{a}{b} \sqrt{\frac{a}{b}}, \text{ אם } z \text{ יורה זמן התנופה הפשוטה (§ 272) בזעקונדע, } a \text{ על מדת אורך המטוטלת, } b \text{ על מדת התנברות הנפילה (§ 230), } h \text{ על המספר } 3 \frac{14}{100} \text{ שהוא ערך המקיף אל האלכסון } 1 \text{ בהעיגול, } d^m: \text{ כמות זמן התנופה הפשוטה למטוטלת ארוכה } 4 \text{ רגל יהיה } z = \frac{14}{100} \times 3 \sqrt{\frac{4}{30}} = \left(\frac{314}{100} : 2 \right) \times \left(\frac{5.477}{1.000} : 2 \right) = \frac{548}{100} : \frac{628}{100} = \frac{548}{628} = \frac{1}{1.164} \text{ זעקונדע בקרוב.}$$

יג במקומות שונים על פני הארץ השונים בכמות כח כובדם (או מפאת השתנות מרחקם ממרכז הארץ או מהשתנות כח התנופה שבהם מפאת השתנות מרחקם מצירי הארץ) (עיין 40. § 261) ישתנו גם במטוטלת אחת זמני התנופה בערך מהופך לשרשי מרובעי כח הכובד שלהם, אם נכנה לזמן התנופה במקום a , ולזמן התנופה במקום b , ולכח הכובד במקום a , ולכח הכובד במקום b , אז יהיה ערך z אל z כערך $\sqrt{a} : \sqrt{b}$.

יד מספרי התנופה שתעשה מטוטלת אחת אם נתלה אותה פעם במקום a ופעם במקום b יתערכו בערך ישר לשרשי מרובעי כח הכובד, והוא: אם נכנה m מספר התנופות במקום a אבל אם נסמן מספר התנופות במקום b עם n אז יתערך m אל m כערך $\sqrt{a} : \sqrt{b}$.

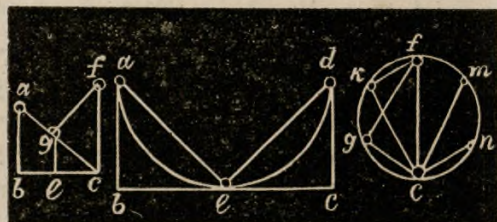
טו במטוטלות השונות בארכן ובמקומות השונים בכמות הכובד, תתערכנה המטוטלות בארכן כערכי המכפלות הנולדות מכפילות כח הכובד אשר להמקום עם מרובעי זמני התנופה, ר"ל: אם נסמן בהאות a את אורך המטוטלת שבמקום אחד אשר כח כובדו הוא a וזמן תנופתו הוא z ועם האות b את אורך המטוטלת שבמקום אחר אשר כח כובדו הוא b וזמן תנופת המטוטלת שם z , אז יהיה ערך a אל a כערך $z^2 : z^2$.

טז מספרי התנופה במטוטלת אחת ישוו בכל הזמנים, ר"ל: מטוטלת שתעשה 60 תנופות במינוטע אחת תעשה 60 תנופות גם בכל מינוטע ומינוטע כל זמן שתתמיד בתנופתה.

יז שתי מטוטלות a , b השוות בארכן והתלויים בשני מקומות השונים בכח כובדם תשוויה במספרי ובזמני תנופותיהן גם כשהן שונות בתאריך, גדלן, חמין ומשקלן, ר"מ: אם a הוא מרובע אבל b הוא עגולי, או a יכול 1 אצבע מעוקבת אבל b שתי אצבעות, או אם a הוא של עץ אבל b הוא של מתכת, או אם משקל a הוא ליטרא אחת ומשקל b הוא 2 ליטרות, וזוה נדע שכל הגופים הארציים המה שווים בכובדם אף על פי שישתנו במשקלם כמבואר בדברינו מהבדל הכובד והמשקל (40 §).

276. §. חוקי הנפילה על שטח נומה. במרם שנחל לבאר בהסימנים הבאים את חוקי הכוּמטלת, נצרך להקדים חוקי תנועת הגופים המתגלגלים על שטח נמוי, והוא: (135 §) ראינו לדעת שהגוף השוכן על השטח הנמוי ילחץ את השטח רק בחלק ממשקלו המתערך כערך גובה השטח הנמוי לארכו, לכן גוף a שמשקלו הוא 2 ליטרות ושינוה על שטח נמוי $a c$ צורה 230 מנבהו $a b$ ירחק על השטח הנמוי רק במשקל 1 ליטרא, ואם יתחיל להתנועע למטה לעומת c או יהיה הכח שבו יפול; רק 1 ליטרא, ר"ל: אם נעצרו בראשית נפילתו או נצרך לנו להתנגד אליו רק בכח 1 ליטרא, יען שהליטרא השנית הנשא מהשטח המוצע תחתיו, ובאשר שבכח הליטרא הזאת יתנועע כל הגוף שמשקלו הוא 2 ליטרות, לכן תהיה מהירות נפילתו רק כחצי

צורה 232. צורה 231. צורה 230.



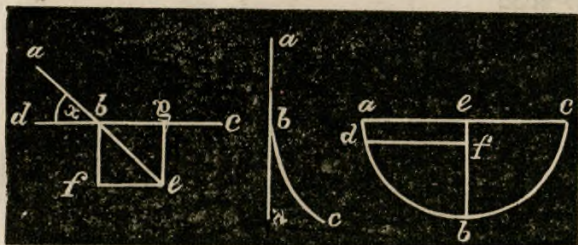
המהירות שהיתה לו אלו נפל חפשי בקו יושר הנפילה $a b$, יען שאז היה נופל משקל 2 ליטרות בכח 2 ליטרות, וכמות התנועה היה לפי 219 § $2 \times 2 = 4$ אבל בנפלו מהשטח הנמוי יהיה כמות תנועתו $2 \times 1 = 2$, ולכן יהיה משפט הגופים הנופלים משטח נמוי כמשפט הגופים הנופלים מהמוכנה האדוואמי 231 §, נניח שגובה השטח הנמוי $a b = 15$ רגל וארכו $a c = 30$ רגל, כי עתה היה בא הגוף הנופל בקו זקוף $a b$ בזעקונדע אחת אל b והמתגלגל בקו $a c$ יעבור בזעקונדע הראשונה רק $7 \frac{1}{2}$ רגל ובשניה $7 \frac{1}{2} \times 3 = 22 \frac{1}{2}$, לכן בשני זעקונדען היה עובר הגוף $a c$ על השטח הנמוי $7 \frac{1}{2} + 22 \frac{1}{2} = 30$ רגל, ר"ל: כמדת אורך $a c$, ולכן יתערכו הגופים הנופלים ביושר הנפילה להגופים המתגלגלים במורד שטח נמוי בזמני נפילתם כערך אורך השטח הנמוי לגובהו, ואחרי שנודע לנו גם אורך דרכי הנפילה גם זמני הנפילה נוכל למצוא (לפי העמוד II מהלוח א 238 § את מהירותם על ידי המנה היוצאת מחלוקת הדרך הכפולה על הזמן, ולכן פה להגוף הנופל 1 זעקונדע בתכונה $a b$ יהיה $1 : (15 \times 2) = \frac{1}{60}$ והגוף הנופל על השטח הנמוי $a c$ משך 2 זעקונדען, יהיה $2 : (30 \times 2) = \frac{1}{60}$, $30 =$ נמשך מזה שהגוף הנופל מאיזו נקודה גבוהה a יבוא במהירות אחת להארץ בין שעבר דרך ישרה וקצרה $a b$ ובין שעבר דרך נמויה וארוכה $a c$, הנקודה c היא שזה בגבהה להנקודה b , ולכן נוכיח מזה שהגוף הנופל a העובר את הדרך הנמויה $a c$ יורד מגבהו בשיעור שהוא שווה יורד אלו נפל ישר בגובה השטח הנמוי $a b$, אולם אם היה השטח הנמוי $a c$ שטח זקוף היה נופל הגוף ככל אורך השטח $a c$, ולכן אם נציג עמוד נצב על הנקודה c השווה בגבהו לאורך השטח הנמוי $a c$ ואם נחלק את השטח הנמוי לשנים באופן אשר $a b = g c$ או יפול הגוף g מן g עד e בוסן ההוא שיפול הגוף

g מן g עד c, והוא: $ac = f = 30$ רגל או תהיה (לפי § 238 לוח ב עמוד VI) מהירותו האחרונה של הגוף, $e = 15$ יהיה הגובה $ge = 7\frac{1}{2}$, והוא: באשר שערך gc אל ge הוא כערך ab אל ac , והנה בגובה $7\frac{1}{2}$ רגל תהיה המהירות $e = 30 \times 2 \times 7\frac{1}{2} V = 450 V = \frac{2312}{10000}$, ובאשר כי $\frac{d \times 2}{e} = 21$ לכן יהיה להגוף f , $(30 \times 2) = 60$ והזמן מהגוף g , $(15 \times 2) : \frac{21}{10000} = \frac{21}{10000}$, והמנות היוצאות משתי החלוקות האלה התערבנה כערך $\frac{20000}{424264}$ אל $\frac{10000}{215153} = \frac{1}{2} : \frac{2}{4} = 1 : 1$.

277. §. באור השתוות הזמן בתנופות המוטלות. אם נציג שני שמחים נטויים abe , dce באופן שיגיעו שניהם זה בזה בהנקודה e או ירד הגוף a המתגלגל מהשטח הנטוי a במהירות הולכת ומתגברת מן a עד e , את מהירותו היותר גדולה ישיג בבואו בנקודה e וכמותה כבר נחבאר לנו בהסימן העבר שהוא ככמות המהירות שהיתה להגוף a אלו נפל מגובה הישר ab , והנה בבוא הגוף a בהנקודה e לא ינוח אך יעלה על השטח הנטוי d בכח החי שנאצר בו במשך דרתו מן a , והנה אם לא נחשוב כל התנגדות בהתנועה הזאת אז היה די בכח החי ההוא להעלות הגוף על השטח הנטוי d בגובה ההוא שירד מן a ובבואו אל d יורד למטה שנית עד e ויעלה שנית למעלה עד a , כמשפט הזה היה מתנועע הגוף גם על הקשתות d , e , a אם הנה בלתי גדולות יען שאז יהיה ההבדל בין אורך הקשת ובין היתר אשר לה קטן מאד עד אשר נוכל לחשוב גם את הקשתות לקיים ישרים ויתאמת גם בהן כל מה שנתאמת בהקיים הישרים, ולכן יהיו גם משפטי תנופות המוטלות בהקשת aed כמשפטי תנועת הגוף בשני שמחים נטויים. אם נציג את המשולש fgc בהעיגול צורה 232 או לא ישתנו בו גם כן חוקי הנפילה, ר"ל: הגוף הנופל בקו זקוף fg יגיע בזמן אחר אל c כהגוף g המתגלגל מן g עד c , ר"ל: אם יפלו גם שניהם בזמן אחד זה מן f וזה מן g או יבואו גם שניהם ברגע אחד אל c , וכן יפול גם גוף k מן k אל c בזמן ההוא שיפול הגוף f מן f אל c אם תהיה גם הווית fkc זווית נצבת כאשר גם הווית fgc , הכמת המדידה תלכדנו שכל זווית נצבות תהיינה קדקדקיות (סימפונקט) הנה הנקודות g , k במקף מחצית העיגול, ולכן יוצא לנו מזה המשפט הנפלא שכל הגופים יפלו ביתרי הקשתות (ומסתמין) (המתאחדים כולם בהנקודה c שהיא הנקודה היותר שפלה בהעיגול) בזמן אחד כאשר היו נופלים אם נפלים בקו זקוף fg שבהעיגול הזה יען שכל הנקודות שבהמקף משני עברי הנקודה c תהיינה במחצית עיגול אחד עם הנקודה c .

278. §. חוקי תנועת הגוף המשנה את תכונת נטיותו במהלכו. אם גוף a נפל מהשטח הנטוי abe צורה 233 במהירות 10 רגל ופגש בהנקודה b שבהשטח הישר bce העושה עם הקו ab זווית x , אז לא יעבור עוד על השטח הישר במהירות 10 רגל, ואם נשאל כמה תהיה מהירותו בנטיית bce ? או נמצא תשובה נכונה אם נעשה את הקו $be = 10$ בנטיה המתארכת (אפלוגנסטריכטוניג) מן ab ונפריד את המהירות הזאת לפי משפטי הפרדת הכחות § 102 על ידי הקיום המקבילים fe אל bg גם ge אל bf או תהיה מהירותו

בתכונת $b e$ שווה להקו $b g$ וגדלה הוא לפי חוקי חכמת המשולשים $\times 10$
 תשלום הבקע (קיימים) מהווה x , והקו $b f$ יורנו כמות הכח שהפסיד הגוף בשנותו את נמיתו בפנשו בהשטח $b c$, כל אלה שהורנו פה הוא מתאמת בשנות הגוף את נמיתו מקו ישר לקו ישר אבל מה יהיה משפט הגוף הנופל בקו זקוף במהירות $a b$ ובנקודה b יפגוש בקו עקום $b e$ אשר הקו הישר $a n$ הוא קו הנוגע (טאנגנט) מהקו העקום צורה 234 ?



תשובה. הנמיה האחרונה $b e$ תנמה בתחילתה מן $a b$ רק בזווית שמדתה היא 90° , ר"ל: השתנות הנמיה היא בלתי כורגשת, ולכן תהיה גם מהירות הגוף בהקו העקום $b e$ $\times 10 = 10$ (באשר שלפי חוקי חכמת המשולשים יהיה ת"ב 90° $\times 10 = 1$), ר"ל: מהירות הגוף על הקו העקום $b e$ הוא כמהירותו שהיתה לו על הקו הישר $a b$, נמשך מזה אם $a d b c$ צורה 235 הוא קו עקום העומד בתכונה זקופה או נוכל לתאר לנו את החלק הקטן (לבלי תכלית) ממנו לקו נטוי, בהצורה שלפנינו נחשוב את החלק $a d$ לחלק קטן לבלי תכלית (הקורא יוכל לשער עוד קו הקטן רבוא רבבות פעמים ממנו אך הצגנו אותו גדול למען שיהיה נראה לעין) ואז תעלה עקמימותו בתווה ותאבד, ולכן נוכל לתאר אותו שהוא שטח נטוי, ובאשר שמהירות הגוף הנופל משטח נטוי תשוה למהירות הגוף הנופל מגובה השטח הנטוי ההוא לפי § 276, לכן תהיה מהירות הגוף a הנופל בשטח הנטוי d שווה למהירות הגוף e הנופל אל f , ובעברו מהקו $a d$ (שהשבנוהו מפאת קטנותו לקו) הישר על הקו $d b$ העקום לא תשתנה מהירותו כמו שנתבאר לנו בהצורה 234, ולכן יחויב מזה שהגוף a העובר את הקשת $a b$ יבוא בהנקודה b בהמהירות שהיתה לו אלו נפל בקו ישר $b e$ ואם תשווה גם הקשתות $a b$, $b e$ זו לזו או תעצר התנועה בעלות הגוף מן b עד c בשיעור ההוא שנתגברה בו ברדתו מן a עד b , ולכן ישוו גם זמני העליה והירידה לפי § 242.

§ 279. חשבונות זמני ומספרי התנופה לאורך המטוטלת לפי חוקי חכמת המשולשים. הכח המניע את הגוף a בהקשת $a n$ צורה 236, הוא משתנה בכמותו מדע לרנע, באשר שבכל נקודה ונקודה מהקשת ישתנה כמות הנמיה של השטח הנטוי ורק בקשתות קטנות עד 5° יהיה הבדל הנמיה קטן מאד עד שמבלי לחטוא למטרת חשבון הצדק נוכל לחשוב את הקשתות לקוים ישרים שארכם הוא כאורך היתרים כמו שנתבאר § 278, בקשתות כאלה תנועיהן כל המטוטלות שזוויות נמיתן הנה קטנות מחמש מעלות, 'הוא: אם בהצורה 236 יתאר m את נקודת התליה ממטוטלת מרדית שכדורה ינופף בין הנקודות $a o$ ואת זווית הנמיה $a m n$ נסמן עם x , והנה בעבור הכדור הקשת $a b$

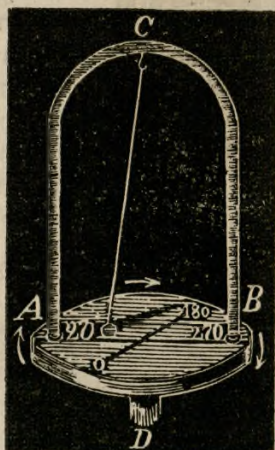
בהינת פֶּקָאֵל

כן נמנה מספר התנופות שתעשה המטוטלת בשעה אחת ונחשוב בדיוק זמן התמרת תנופה אחת, ד"מ: אם היה מספר התנופות בהמטוטלת של 37 אצבעות 3500 לשעה, אז יהיה זמן התנופה האחת $\frac{3600}{3500} = \frac{36}{35}$ ועקונדען, והנה פה יוצא לנו זמן התנופה למטוטלת ארוכה 37 אצבעות $\frac{1}{35}$ ועקונדען, ולכן נמצא בעזרת המשפט י' § 275 את אורך המטוטלת שתתמחה בתנופתה רק $\frac{35}{35} = 1$ ועקונדע לפי החשבון הזה, והוא: אורך המטוטלת א שתעשה 35 תנופות מתערך להמטוטלת ב שתעשה בזמן הזה 36 תנופות הוא כערך השורש המרובע של 36 להשורש המרובע מן 35, והנה $\sqrt[3]{36} : \sqrt[3]{35} = 6$: המרובע של 36 להשורש המרובע מן 35, לכן כערך 6000 אל 37 כן ערך 5916 אל י', $5916 : 6000 = 5 \frac{916}{1000}$, לכן י' $(5916 \times 37) = 6000$: $218592 \frac{241}{510} = 6000$ אצבעות.

§ 283. בלתי השתנות מישור התנופה של המטוטלת. כל

מטוטלת המתנועת לא תשנה לעולם את מישור תנופתה אם לא תאֵלֵץ לשנותו בסבת איזה כח, המשפט הזה נוכל להראות בעזרת ההכנה צורה 240 הסובבת על קוטר זקופי, ד"מ: אם נציגה על קוטר מוכנת התקופה § 267, וזה מעשה ההכנה: על לוח עגול אופקי מחובר הקשת A C B שבנקודת גבהו C נתלה מטוטלת, וכאשר תנוח המטוטלת אז יהיה כדורה מכיון כנגד קוטר המסיבה D, ואם נניע המטוטלת באופן שתתנועע רצוא ושוב על הקו הנסמן בשתי קצותיו עם המספרים 0 ; 180, אז

צורה 240.

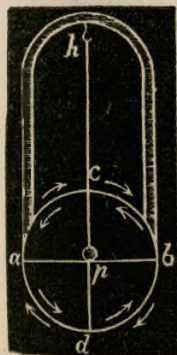


תתנועע המטוטלת באופן כזה שמישור תנועתה יהיה בתכונת יושר הנפילה להמישור הנסגר בין שוקי הקשת כל עוד שתנוח ההכנה ואם נסוב לאט לאט את הלוח האופקי מסביב לקוטרו D, אז לא ישתנה גם כן מישור התנופה מהמטוטלת בערך השולחן שהמוכנה הוצגה עליו, אולם כל מהצית אלכסוני הלוח יעברו אחד אחד מלפני מישור-התנופה מהמטוטלת, וכאשר ישלים הלוח רביעית תקופתו, אז יבואו שני מהציתי האלכסונים 90 ; 270 במקום שעמדו בראשית התנועה שני מהציתי האלכסונים 0 ; 180, והנה ברנע הזה תנופה המטוטלת במישור הקשת, ר"ל: בין שוק אחד למשנהו, ואם שבאמת לא נשתנה מישור התנופה (בפועל מאומה על ידי הסביבה) בהמטוטלת, בכל זאת בערך הלוח ושוקי הקשת שעליו נשתנה המישור הזה בקשת מן 90°, ואם נוסף לסבב עוד הלוח בנטיה הזאת, אז יעבור גם רביעית העיגול השנית שבין 90° ובין 180°, השלישית שבין 180° ובין 270°, והרביעית שבין 270° ובין 0, ולכן יתראה לנו שבמדה שיעתק הלוח בסבובו מימין לשמאל במדה היא תעתק גם תכונת מישור התנופה מהמטוטלת ברחסו להלוח מהשמאל להימין.



§. 284. מופת על תנועת הארץ כסביב ציריה על ידי בלתי השתנות מישור התנועת המוטלת. דבר הלמד מעצמו שביחוס ההוא שיתיהם הלוח צורה 240 (שנתבאר לנו בסופן העבר) למישור תנועת המוטלת, כן יתיהם גם שטח ציר הארץ הסובבת על קוטרה להמוטלת שנתלה ממעל לו, כמו שנבאר על ידי הצורה 241, והוא: אם הנקודה p היא הציר הצפוני שלהארץ וכמעל להנקודה הזאת נתלה מוטלת המתנועת רצוא ושוב בתכונת הקו $b a$, או אין סבה המכרחת את המוטלת להתנווע בנטיית תנועת

צורה 241.

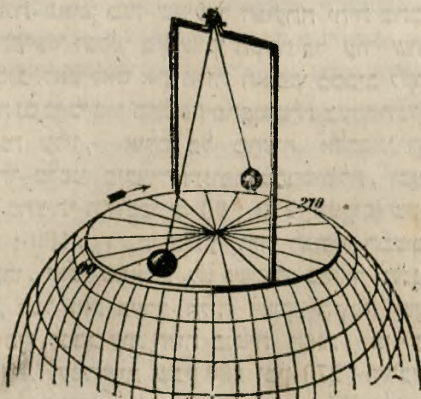
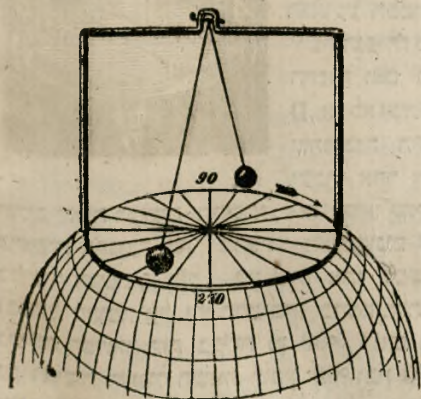


הארץ המסומנה בהחצים שבקרב העיגול, כאשר לא הכריחה תנועת האופקי את נטיית מישור התנופה המוטלת צורה 240, ולכן שני אנשים שעמדו בעת שהתחילה המוטלת להתנווע בנטיית הקו $b a$, האחד בהנקודה a והשני בהנקודה b יעתקו הלאה בנטיית החצים החיצונים אחרי 6 שעות מהתחלת תנועת המוטלת, האיש שעמד בנקודה a יעמוד עתה בנקודה d והאיש שעמד בנקודה b יעמוד בנקודה c ולכן תחת שראו לפני 6 שעות המוטלת עוברת בקו ישר $a b$ החופף להקו המהבאר את נקודת מצבם יראו אותה כעת בקו ישר $d c$ החותך את הקו המהבאר לנקודת מצבם, ובאשר ששני האנשים לא הרגישו בתנועת הארץ ולא ידעו שהמה שנו את מצבם בנטיית החצים הפנימים בערך מישור תנועת המוטלת בקשת 90° רק ידמו שבמשך השש שעות האלה שנתה המוטלת את מישור תנופתה בנטיית החצים החיצונים בקשת 90° , ולכן יתראה להם שמישור התנופה יתנווע בנטיית מהלך המדומה מהשמש וכמו שיעברו בהבחינה § 283 כל מחצית עגולי הלוח האופקי בסבובו על קוטרו, כן יעברו גם פה כל עגולי הצהרים (מסד יום)

בנטיה מתנגדת לתנועת הארץ, שתי הצורות

צורה 242.

צורה 243.



242, 243, תורינו באר היסב את תכונת המוטלת בערך לקוי עיגולי הצהרים לפני

ולאחר שש שעות, אם נתלה מטוטלת בנקודה שפתחת לקו משיה הארץ אז לא תשונה נטיית מישור התנופה למול נטיית המתבוננים עליה משתי קצות דרך תנועתה בין שהיתה התחלת תנועת המטוטלת במישור אחד עם מישור קו מבטם או לא, וכל הנקודות שבין הצירים והמשיה תתראה לנו תמיד נטייה בין מישור תנופת המטוטלת ובין מישור קו ההבטה המשתנית בגדלה לפי שינוי המקומות שנתלה בה המטוטלת, אם במחצית כדור הארץ הצפוני או הדרומי, והוא: במחצית כדור הצפוני יהיה שינוי הנטייה מהמישור או כאשר נקראהו בשם זווית סבוב מישור התנופה בנטייה ממזרח לדרום ומדרום למערב וממערב לצפון ומצפון למזרח, ובמחצית כדור הדרומי יתנועע מישור התנופה בנטייה ממזרח לצפון ומצפון למערב וממערב לדרום ומדרום למזרח, וגודל הסבוב לשתי נקודות שונות על הארץ יתערכו בערך קרבתם להציר, ר"ל: בכל נקודה הקרובה יותר להציר יגדל גם כמות זווית המסיבה של מישור התנופה מהמטוטלת הנתלה ממעל לה, וזה לנו לאות שהארץ תתנועע מסביב לצירה הצפוני והדרומי ממערב למזרח. החכם פוקאל Foucault (1851) היה הראשון שראה לדעת שהתנועה המדומית שהתנועע מישור תנופת המטוטלת למול קו ההבטה שלהמתבוננים עליו הוא מנסבת סבוב כדור הארץ על קוטרה, ולכן הראה על ידי תנועת המטוטלת לעין כל הקהל שבפאריז 1851 את תנועת הארץ על צירה (*), והנה על פי הכמת השיעורים נוכל להגיד מראש את כמות הנטייה המדומה שינטיה מישור התנופה בכל אחת מנקודות הארץ, אבל באשר שנבאר את דרכי החשבון הזה ברחבה בספרנו עולם ומלואו, לכן נסתפק פה להגיד רק כמות זווית הנטייה בשעה אחת במקומות אחרים על פני הארץ, ד"מ: קאללעא = $14\frac{1}{4}$, מארנעא = $13\frac{87}{100}$, סט' פעטערסבורג = $12\frac{99}{100}$, דינאבורג = $12\frac{42}{100}$, ווילנא = $12\frac{16}{100}$, ווארשוי = $11\frac{85}{100}$; ירושלים = $7\frac{91}{100}$, קאזאנעא = $1\frac{31}{100}$.

§. 285. ביאור הליכות האדם על פי חוקי תנועת המטוטלת. כל היודע דברי הימים לתולדות המדעים יודה לנו שפעמים רבות ידע האדם כבר חקי החזיונות מהנזפים הרחוקים ממנו בעוד שנעלמו ממנו עוד חוקי החזיונות שיתראו בגופו, גם בחוקי תנועת המטוטלת הקרו חכמי תבל מימות גאלילעאוס עד היום הזה, וכבר צלחה להם למצוא על פיהם את משקל הארץ ואת כמות שטחיותה לעומת הצירים, את השתנות הכובד במקומות שונים ואת תנועת הארץ מסביב לצירה בעוד שנעלמה מהם שתנועת האדם ההולך

(*) הבחינה הראשונה עשה במטוטלת כבדה 5 קילוגרמם במשקלה וארוכה 2 מעטער, היא היחה גם המטוטלת הראשונה אשר על ידה נתגלה גם לפוקאל סגולה סבוב-מישור-המטוטלת ואחרי כן עשה את בחינתו במטוטלת ארוכה 11 מעטער בחדר עגול הזכרים (שצדדים 100') שבפאריז, ואחרי כן שלש בחינתו במטוטלת ארוכה 67 מעטער במגדל סאנסהעאן, הבחינה הזאת היחה בראש שנת 1852, ותוצאותיה היו נכבדות למד כי העירו את רוח כל הקהל הגדול אשר צלחה להם לראות בעיניהם את אשר לא סללו ואשר חשבו למאמץ ומרי לכל המאמין בהם, והוא: שהארץ תסוב על צירה בכל 24 שעות ממערב למזרח.

ברגליו היא גם כן תנועת המטוטלת השומרת כל החוקים שנתבארו § 275, והוא: האדם העומד ישר בקומה זקופה לא ירגיש כל כובד מגופו, כאשר שקו נקודת כובדו יהיה אז ביושר הנפילה בין רגליו ולכן תחזיק מחציתו האחת את משנה בשווי המשקל, ובתחלו ללכת אז תעתיק הרגל (בסבת כח התכווצות שריריה) את גופנו לפנים מעט, האדם היה נופל אז כאשר שגופו יעקק ברגע הזה מקו נקודת כובדו והלאה, ולמען מנוע את הנפילה ימהר לסחוב את רגלו השניה מאחור לפנים, ובהתיצבו על רגלו זאת בקומה זקופה תעצר הנפילה, ונקודת כובד האדם תשאר תמיד לפי זה במשך ההליכה בגובה אחד מעל פני הארץ ורק בעת שידלג בשתי רגליו כאחת תתרומם נקודת הכובד מעל פני הארץ, כאשר ילך האדם במורד ההר ממעלה למטה אז יתגבר כח משיכת הכובד עליו, וגופו יעקק אז יותר לפנים וגם בעת שתבוא רגלו מאחור לפנים לא תציגו בשווי המשקל, והאדם היה נופל אז מבלי תומך אם לא ימהר להביא רגלו האחרונה לפנים בטרם שינשה גופו בשיעור גדול לפנים, ולכן האדם שאין בכחו למהר במהלכו במורד ההר יפול בלי ספק, הילד ילמוד (מבלי כל מורה בלעדי מהנסיון ואחרי נפלו פעמים אין מספר) ללכת במצעדים בטוחים, או כאשר נאמר זאת במלות שונות: להמוך ברגלו האחת את גופו שנעתק לפנים מנסבת התכווצות שרירי רגלו השנית, אם נתבונן על תנועת רגלי האדם במהלכו אז נמצא ששתי רגלי האדם הנה שתי מטוטלות תלויות בגוף האדם משני עבריו ובלכתו תעשינה תנופות קשתיות (כתנופת המטוטלת התלויה בהמורה שעות), האיש שיתיצב על מקום נשא מעט ברגלו הימנית ויניע רגלו השמאלית פנים ואחור רצוא ושוב, או תעשה רגלו המתנועעת תנופות קשות במדה ובזמן כאשר תעשה המטוטלת הסובבת על צירה, וממספר התנופות שתנופה רגלו במשך זמן ידוע יוכל לדעת מדה נכונה למהירות מהלכו, מהירות מהלך האדם תוכל להשתנות במהירות תנועת כל מטוטלת טבעית על ידי שלשה השינויים האלה, והוא: (6) השתנות כח המניע (כח התכווצות השרירים), (7) אורך הרגל, (8) כמות הכובד של הארץ, וכאשר שאורך הרגל הוא משתנה רק מעט מוער בהאדם המנוול, לכן לא נביא פה בחשבון את ההשתנות הזאת, כאשר ילך האדם במצעדים מורגלים יעשה ברגלו תנופה שלמה, כאשר שפעם יעזוב את רגלו לאחורי גופו ופעם לפני גופו, שיעור קשת התנופה הוא כשיעור הקשת שהיתה עושה מטוטלת שארכה הוא כאורך רגל האדם על ידי איזה כח (שכמותו הוא ככח התכווצות השריר) שאלץ אותה להתנועע הפשית, אולם כאשר שהשריר המתכווץ בהרגל שתשאר מאחורי הגוף יכריח את הגוף להעקק מעט לפנים, לכן תגדל קשת העתקת הרגל מקשת העתקת המטוטלת בשיעור ההעתקה שיעתק ממקומו גוף האדם (שהוא נקודת תליה), ולכן האדם הנמהר במהלכו ירויה פי שנים מאורך רכבו: האחת בצעדו מצעדים רבים בזמן קצוב, והשנית יען שנקודת תלית רגלו תעקק גם היא בזמן ההוא פעמים רבות, הנסיונות הורו לנו שהמספר מתנופות הרגל למינוטע בהתנועעה חפשית היא 86 ולכן יש בכח האדם לצעוד 86 מצעדים בכל מינוטע מבלי כל עמל, בעת שירוף האדם יעשה ברגליו רק חצי התנופה ולכן במרוצתו הוא עושה 172 מצעדים למינוטע אחת.

§ 286. סבת ההליכה הנמהרה להחיים הקטנים והרמשים. אם נתבונן על

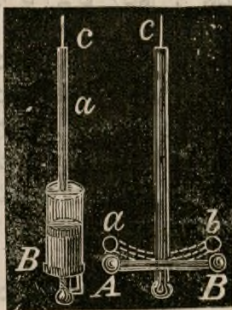
הליכות החיים נמצא שכל החיים שרגליהם הנה יותר קצרות כן תמהרנה רגליהן לרוץ, מי לא יתפלא בהתבוננו על מרוצת כלבי הצידים אשר יתחרו במרוצתם את הסוסים והצבאים, וביותר נתפלא על מרוצת הרמשים הקטנים הזבובים והנמלים אשר התעייף עיננו בהם והנה כבר צעדו לפנים צעדים רבים למאד. אמנם אם נשכיל לדעת שגם המה ילכו בחוקות המטוטלות ושככל מטוטלת היותר קצרה יתרבה מספר תנופותה לפי § 275 בערך מהופך לשרשי מרובעי ארכה או נחדל להתפלא, נניח שאורך רגל הנמלה $= \frac{1}{900}$ מאורך רגל האדם או אם יהיה כח שרירי הנמלה שווה לפי ערך קטנות אבריה לכח שרירי האדם לפי ערך אבריו הגדולים, אז תעשה רגל הנמלה 30 מצעדים בעת שתצעד רגל האדם רק צעד אחד, ובאשר שהאדם יוכל לצעוד 86 מצעדים למינוט, לכן היתה הנמלה צועדת $30 \times 86 = 2580$ מצעדים למינוט, אמנם כבר נודע לחכמי התולדה הטבעית שהרמשים המה חזקים יותר הרבה בערכם גם מהארי גם מהנמר, כי הארי והנמר לא יוכלו לדלג רק במרחק הגדול רק 2; 3 פעמים מאורך גופם, והפרעוש ידלג במרחק 80 פעמים מאורך גופו, לכן יתגדל מספר צעדי הרמשים עוד פעמים רבות ממספר צעדי האדם לפי חוזק כח השרירים שלהם בערך חוזק כח שרירי האדם.

§. 287. קציבת מדת האורך על ידי המטוטלת. באשר שהמטוטלת לא תשנה לעולם (במקום קצוב ובזמן קצוב) את מספר תנופותה, לכן לא תשתנה לעולם גם ארכה בהמקום הקצוב, ר"ל: אורך המטוטלת שתנופת 60 תנופות במינוט בהתלותה בעיר לאַנדאָן, ארכה הוא $994 \frac{1}{10}$ מיללעמעטער וארכה זה לא ישתנה לעולמי עולמים כל עוד שלא ישתנה כח כובד הארץ בלאנדאן, ולכן השכילו חכמי ענגלאנד לבחור בהמטוטלת לקנה מדה למדוד על ידה מדת האורך (אָנגאָסס = מדה) הנהוגה בארצם, והוא: הנאָרד, הרגל, האצבע ודומיהם, ועל כן בשוחה היא ענגלאנד שמדותיה לא תשתנינה כל עוד שלא תשתנה הארץ בתארה ובכח כובדה.

§. 288. קציבת מדת הזמן על ידי המטוטלת. תועלת נכבדה מאד נשיג מהמטוטלת צורה 244, למדוד על ידה את הזמן בדיוק עד ועקונדע אחת, ואופן חבורה עם המורה שעות יתבאר בבאורנו מעשה מורה השעות בדברנו מחכמת המוכנות, אולם באשר שמספר תנופות המטוטלת ישתנה בהשתנות ארכה ואורך כל מטוטלת טבעית ישתנה בהשתנות מדרגת חום האויר הסובב אותה, יען כי החום יאריך מדת הגופים והקור יקצר אותם, לכן היתה תנועת כל מטוטלת טבעית מתונה מעט כאשר יחם האויר ונמהרה כאשר יתקרר, ובסבת שינוי החום היה גם מהלך המורה שעות פעם נמהר ופעם מתון, לכן השכילו חכמי הטבע למצוא מטוטלת מתמדת האורך (קאנסטנטליקאנסטנט) המורכבת משני גופים בלתי שוים בהתארכותם על ידי החום והמתקנת באופן כזה שהתארכות החומר האחד תהיה כשיעור הזה למעלה כאשר יתארך החומר השני למטה, ועל ידי זה תשאר נקודת התנופה בהמטוטלת תמיד בגובה אחד, דרכי עשיתן ואופן החשבון למצוא את מדת התארכות החומרים על ידי החום יתבאר ברחבה בספרנו החום והאור, ופה נסתפק להגיד שמצאו החכמים לזה שלשה דרכים אלו: 6) להרכיב את המטוטלת ממסילי שני מיני מתכות

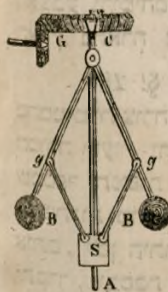
קציבת המדה והזמן על ידי המוטולת

שונים בכמות התארכותם, ד"מ: צינן z וברזל e , באופן שמטילי הצינן יתארכו למעלה והברזל למטה. (3) בקצה חוט המוטולת מלמטה צורה 246, יחובר מטיל של נחשת קלל הנושא על שתי קצותיו את הכדורים A , B וברדת מט המוטולת על ידי התארכותו למטה יעלו שני הכדורים למעלה בהנקודות a , b , יען שהמטיל של נחושת קלל יתעקם למעלה על ידי התארכותו. (ג) יחברו למוט המוטולת a צורה 247 את



הכלי B אשר ימצא בו כסף חי, והנה על ידי החום יתארך גם עמוד הכסף חי ויעלה למעלה, ואם תהיה ההתארכות שנשיתה היא למעלה שווה להתארכות חוט המוטולת שנשיתה היא למטה בכל אחד משלושה האופנים האלו אז הלא דבר הלמד מעצמו הוא: שנקודת התנופה תשאר לעולם על מקומה, כי משפט שתי

צורה 248



ההתארכויות המתנגדות בנשיתן הוא כמשפט שני כחות מנגדים בנשיתם ושונים בפעולתם המבטלים זה את זה ולא יולידו כל תנועה לאחת מהנשיות.

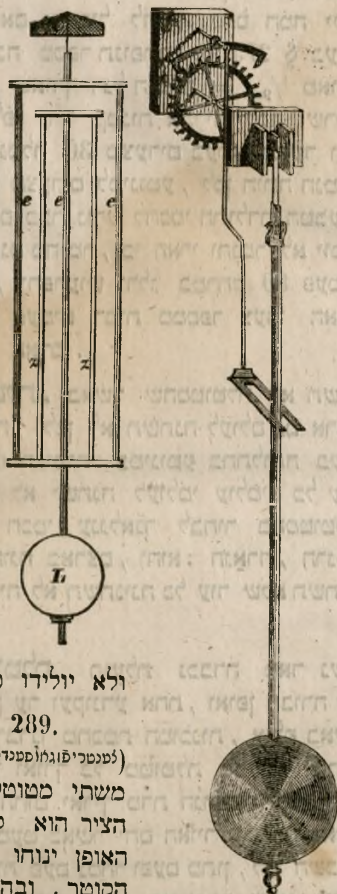
§. 289. מוטולת הבורחת מהמרכז

(לפנטריס וגולוספנדריס). הצורה 248 תורנו הרכבה משתי מוטולות המחוברות בציר זו לזו, הציר הוא קבוע בקוטר האופן C , והנה בנוה האופן ינחו גם כדורי המוטולות B על ידי הקוטר, ובהקיף האופן תקופה נמהרה או יתרחקן

הכדורים בכח התנופה (§ 256) זה מזה, ועל ידם ינשאו המטילים g והנרתק S , תועלת המוטולת הזאת היא רבה מאד בבניני מוכנות הקיסוריות והלאקאמטיוען כמו שנבאר באר היטב בספרנו החום והאור.

§. 290. מורד התמדת הקול (מטרונום Metronom).

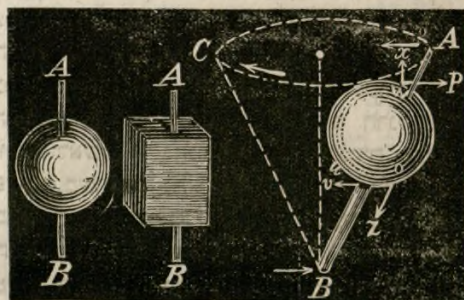
המוטולת רבה תועלתה וגם בחכמת המוזיקא, כל משכיל בחכמת הנגון יודע שלמען השמיע ניגון ערב לאוון



נצרך לא לבד להעריך את הקולות באופן נאות לפי ערך רומם ושפלותם, אך גם בערך התמדתם (טקט) שתקדד על ידי מעופי מטוטלת המיוחדת לתכלית הזאת הנקובה בשם מודד התמדת הקול (טקטמסטר *Taktmesser Metronom*), חכמי המוזיקא או המנצחים בנגינות ישתמשו לקציבת אורך התמדת הטאן (דאס טפאן מיינעם טאקטמסטר) בהמלות אדאגיע אללעגרא פרעסא (Adagio Allegro Presto), ר"ל: מתון, במהירות, מהר מאד, אולם המלות האלה תוכלנה אך לתת לנו מושג כללי מכונת המנצח ובדיוק עוד לא נודע כמה להתמיד בקול ידוע? באמרו מתון או במהירות או מהר מאד, לכן השכיל החכם הנעלה בחכמת המוזיקא וועבער לכוון מטוטלת מיוחדת לזה שכדורה יתלה על תקות משי (וידענבנד) המחולקה על פני כל ארכה לאצבעות וליניען, ועל פי אורך זמני התנופה מהמטוטלת הזאת יקצבו את אורך התמדת הקול השלם או מחצית הקול, טאן, $\frac{1}{2}$ טאן, $\frac{1}{4}$ טאן, ועל ידי המטוטלת הזאת יוכל כל מחבר הניגונים (קאמפוניסט מיינעם מוזיקטמסטר) לקצוב בדיוק כמות זמן התמדת הקולות אשר הניגון הורכב מהם, כן יכתב ברשומי ציוני הניגון $12 =$ ו ותהיה הוראת התמונה הזאת, "מדת התמדת מחצית הקול $12 =$ " המדה הזאת תהיה כשיעור התמדת תנופה אחת למטוטלת ארוכה 12 אצבעות, החכם Mälzel חבר את המטוטלת מודדת הקול למעשי אופנים (קאדעס סטקס) ועל ידי הכנה נאותה לזה נוכל להאריך או לקצר את זמני תנופתה כחפץ לבבנו. את תועלת המטוטלת להפעלעגראף הקאזעלי יתבאר בספרנו חכמת הכימי.

291. §. התמדת מישור התקופה וקוטרים חפשים. כאשר יתמיד מישור התנופה מהמטוטלת בכח התמדתו ולא ישנה את תכונתו על ידי תקופת העצם שהוא נתלה עליו (283 §) כן יתמיד גם מישור התקופה (קאטיכענדע טענטע) בתכונתו שנמצא בה בראשית תקופתו, את החזיון הזה נראה בחוש אם נציג אופן העגלה בתכונה זקופה

צורה 251. צורה 250. צורה 249.



או יפול מהר ימין או שמאל, אולם אם נרחף אותו מהר לפנינו או ירוץ בקומה זקופה כל עוד שתגדל מהירות תנועתו, יען שהאופן ישאר בכל משך תנועתו במישור תקופתו, את החזיון הזה נראה גם בכדור המתגלגל (קייזעל) צורה 249 שיפול מהר אם נציגהו על צירו (מפאת שיקצא בשיווי משקל הנופל יען שנקודת כובדו היא למעלה מנקודת משענתו 169 §) ויעמוד נצב בעת תקופתו, סבת החזיון הוא כח התנופה של כל אחד מנקודות הכדור שהתכספה

לכרוח מהמרכז בקו הנוגע לעיגול תקופתו לפי 256 §, ובאשר שבהכדור ישווי שני מחציתיו שבשני עברי קוטר המסיבה, לכן יחזיקו איש את אחיו בכמות כח תנופתם בשיווי המשקל, ולכן נוכל לחשבם לכחות מנגדים המושכים את הקוטר לרוחות מנגדים המבטלים איש את

294. §. נסית האנך למול ההרים הרמים. כבר נודע לנו שנוכל למצוא המשא ומדרגת המעבה מכל הכוכבים בערך המשא ומדרגת המעבה של הארץ, אולם עוד לא נודע לנו מזה כמות המשא וכמות מדרגת המעבה של הארץ עצמה, ר"ל: כבר ידענו שהשמש יכבר מהארץ 355499 פעמים § 41, אולם לא נודע עוד כמות המשא של

הארץ עצמה וכן נודע לנו שמדרגת המעבה של השמש היא ערך $\frac{1}{4}$ ממעבה הארץ, אולם עוד לא נדע מזה כמות המעבה של הארץ עצמה, ולכן השכילו חכמי התכונה והמדות למצוא את משא ומעבה הארץ על ידי האנך, והוא: אם נתלה אנך צורה 252 מעל לשטח מישור על הארץ, או יהיה ראש האנך מכוון כנגד מרכז הארץ, ולפי § 33 תהיה נסית חוט האנך ביושר הנפילה להשטח האופקי של הארץ, אולם אם ימצא מימין או משמאל להמישור הרים רמים או ינסה מעט האנך להצר שלעומת פני ההרים, באשר שמשא חומר ההרים ימשוך אותו בכחו להתקרב אליו.

צורה 251.



החכם בוגע Bouguer הצרפתי היה הראשון שמצא און לו לאמיתות החוק מהמשיכה הכללית שלכל הגופים מבלי הברל (§ 31) על ידי נסית האנך למול מורד הרי הכימבאראשען Chimborazo הרמים, וימצא כמות נסית האנך בקשת מן 7 עד 8 זעקונדען, ובאשר שהיתה הנסיה קטנה מאד למול כמות חומרי ההרים הגדולים האלה, לכן נזכיה מזה בצדק שימצאו מערות ותללים גדולים בקרב ההרים האלה, התכמים מאסקעלינע והוטמאן מדרו (1774) את כמות הנסיה של האנך על יד החר שעהאלליאן Schehallian בשאטלאנד בשני מקומות על עגול צהרים (מסדריין) אחד ומצאו ע"י מדידה תכונת בשמים שכמות נסית הנקודות בשמים שממעל לשני האנכים הוא 53 זעקונדען, ולפי המדידה הארצית (מסקדטיסע וטסטונגט) יצא 3900 רגל למרחק

שתי הנקודות שעל הארץ שמתחת לשני האנכים, ובאשר שאורך מעלה אחת על עגול הצהרים העובר בשאטלאנד הוא 442500 רגל, לכן יהיה שמה 3900 רגל = לקשת של 41 זעקונדען, ר"ל: מהמדידה הארצית יצא להם שתכונת הנקודה האחת היא 41 זעקונדען מצפון להנקודה השנית, או במלות שונות: העמודים הנצבים ביושר הנפילה על שתי הנקודות יעשו זווית מן 41 זעקונדען, ולכן תהיה זווית נסית שני חוטי האנך זה מזה גדולה מהקשת הנאחזה בין העמודים הנצבים שלהנקודות האלה בשיעור 12 זעקונדען, ולפי זה יצא להם ששני חוטי האנך הנתלים מעל לשתי הנקודות האלה לא יכוונו בתכונתן למול מרכז הארץ אך קבוץ נסיתם ממרכז הארץ הוא זווית מן 12 זעקונדען, ואחר שגודע להם כמות הנסיה מדרו בדיוק את מכילת החר ומידעם את מיני החומרים שהחר הורכב מהם, נודע להם על ידי ידיעת המשקל המיוחד § 62 של כל אחד ואחד ממיני החומרים גם משא החר השלם, ומדיעת כמות הנסיה מהאנך נודע להם גם ערך כח משיכת החר למול כח המשיכה הכללית של הארץ, ולכן יכלו למצוא בחשבון על פי ידיעת כמות מכילת החר, וכמות משאו וכמות כחו להטות האנך, גם את כמות משא הארץ הכללית ומדרגת מעבה, ועל האופן

קציבת משקל הארץ

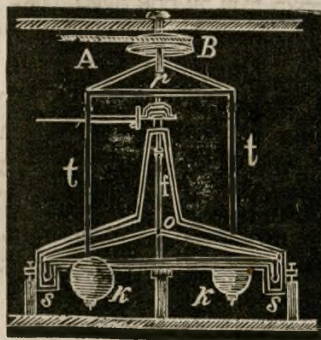
הזה יצא לו להחכם מאסקלינע שמדרגת המעבה לכדור הארץ היא $4\frac{71}{100}$, והיוצא הזה שייצא לו על פי מדידתו וחשבונו היה בלתי רחוק מהאמת.

295. §. שיקול הארץ על ידי המטוטלת. החכם קאווענדיס שקל את משקל הארץ על ידי תנופת המטוטלת הרגעית, הוא גור אומר ויקס לו שכשם שכובד ההר יפעל נטית האנך מקו ישרו כן יהיה גם לאל יד הכובד מההר להגדיל מהירות התנופה מהמטוטלת הרגעית אם נתלה אותה על ההר, והבחינות על ראש ההר מאַנְט ציענוס (Mont Cienus) קיימו את השערתו, והוא: המטוטלת הרגעית שלמישור המקום שיעמוד עליו ההר הוצרכה להתארך על ראש ההר במדת $\frac{1}{5}$ ליניע, וזוה יצא אחרי הערכת כמות כח המושך מההר לכמות כח המושך מהארץ שמדרגת מעבה הארץ היא $4\frac{2}{3}$ פעם גדולה ממעבה המים, אמנם גם פה יבין המשכיל שהמדידה הזאת היא בלתי מדויקת כי פה יתנגד כח משיכת הארץ לכח משיכת ההר, וגם משקל ההר עצמו בלתי נודע לנו בדיוק רק על פי השערה, ואם נבחר במשא הידוע לנו כמשקלו אז יהיה ערך משקלו למשקל הארץ ערך קטן מאד, ולכן גם כח משיכתו המתנגד לכח משיכת הארץ יעלה בתוהו ויבאד, ולכן לא השפיקו להם החכמים בשיקול הארץ בהאופן שבארנו כסימן הזה ויבקשו דרכים למצוא תהבולה שכובד הארץ לא יפריע להכח המטה את המטוטלת ושיוכל לעבוד בה תפשי.

296. §. שיקול הארץ על ידי מאזני הסביבה. אם נתבונן באופן שיקול הארץ על פי המית האנך ועל ידי הגדלת מהירות תנופת המטוטלת על ההרים הרמים, נראה שבשניהם נוסד השיקול על יסודות בלתי בטוחים, והוא על הערכת כמות משקל ההר, ואם נשנה בההערכה הזאת בשיעור ליטרא אחת הלא נשנה במשקל הארץ הנערכת למולה במשקל אלפי רבבות ליטרות, ובאשר שבהערכת משקל ההר נקל מאד לשגות יען שיוכל להיות שההר הנמדד הוא חלול או שהוא מורכב מחומרים קלים ביותר או כבדים ביותר מהמשקל האמצעי (דוכטניטטיס גמויכט) שלכדור הארץ, בכלל, לכן חשבו חכמי הטבע מחשבות למצוא מוכנה

נאותה לשיקול הארץ ותפצם בידם הצליח למצוא מאזנים מיוחדים לזה שנקראם בשם פלס הארץ, והמה מאזני הסביבה (דכסה וואגס) השונים שהמציאו החכמים מיכאל וקאווענדיס (1797), רייד (1837) זבאאילע, עד שהצליח להם לשקול על ידם בדיוק גדול מאד את כדור הארץ כאשר תשקל חלת הלחם במאזני החנוני, ארכימדרוס היוני חשב לפני 2200 שנה לשקול את הארץ בנושא בלתי שוה הזרועות §117, יען שידע שבהרכבת נושאים רבים נוכל להחזיק בכח ליטרא אחת משא רבוא רבבות ככרים בשינוי המשקל, אמנם לא קרב אל המלאכה בדעתו שאין לו נקודה מוצקה להעמיד עליה את המוכנה, כל חכמי הדור שלפני קאווענדיס

צורה 253.



ידעו כבר שעל ידי תנופת המטוטלת נוכל למצוא בחשבון משקל הארץ, אולם לא היה לאל ידם

למנוע ההנגדות כובד הארץ אל המטוטלת, ולכן לא היה לאל ידם למדוד את נטיית המטוטלת (בסבת קרבתה לאיזה משא קצוב במשקלו) בדיוק רק בחרו לתלות אותה על ראשי ההרים הרמים שמשקלם בלתי נודע להם בדיוק, אמנם החכמים מיכאל וקאווענדיס מצאו תחבולה מחוכמה למדוד את נטיית מטוטלת שוכבת צורה 253, המה מצאו את הנקודה המוצקה אשר בקש ארכימדס לפני 2200 שנים ולא מצא, והוא: אם נקריב לקצה המטוטלת השוכבת איזה משא, או תנמה המטוטלת ממישור תכונתה, ואם נקריב גם לקצה השני משא כזה, או תתגדל ההטיה פי שנים, והתנופות האופקיות שתנופף המטוטלת השוכבת הזאת ימין ושמאל לא תתערך מאומה לכובד הארץ רק לכובד המשאות הקרובים לשתי הקצוות מזה אתר וזה אתר, על מוסדות התחבולה הזאת כוננו מאוני הסביבה שהמציא קאווענדיס המצוירת פה בהצורה 253, כל אחד משני הכדורים הגדולים K K שקלו 300 ליטרות ונתלו במטילי ברזל t t הנאחזים מסביב הציר p באופן שיוכלו להקיף סביב הציר על ידי משיכת החבל A הכרוך מסביב להגלגל B הקבוע גם הוא על הציר ההוא, על הנושא השוכבי התלוי בתכונה אופקית על החוט של כסף f o ינשאו בשתי קצותיו שני כדורי עופרת s s, אם נתבונן היטב על ההכנה הזאת, או נמצא שהנושא האופקי הוא מטוטלת שוכבת, והנה הכה שבו תתנועע איזו מטוטלת יתערך תמיד לכמות זווית נטייתה, ולכן יהיה ערכו למשקל כל המטוטלת כערך כמות ההטיה הצרדית לאורך המטוטלת, לכן למטוטלת הרגיעית שארכה במקומנו ערך 94 צענטימעטר, יהיה כמות הכה שיפעל הטיה במדת 1 צענטימעטר $= \frac{1}{94}$ ממשקל המטוטלת, לכן אם תנופף המטוטלת פעם אתה במאה ועקונדען, או יהיה לפי המשפט 1 275 §; אורך המטוטלת $= 100 \times 100 = 10000$ פעם גדול מאורך המטוטלת הרגיעית, ולכן למען הטות מטוטלת כזאת במרחק 1 צענטימעטר ישפיק כח שכמותו $\frac{1}{94000}$ ממשקל המטוטלת, והנה באשר שהמטוטלת הזאת התלויה על חוט של כסף תצרך לנצח בתנופתה את ספוגיות השוירה של החוט (96 §), לכן במטוטלת שתנופותיה מתונות מאד עד שתצרך 400 ועקונדען לתנופה אחת יהיה ערך כמות הכה למדת ההטיה של 1 צענטימעטר $= 1$ מחולק על $(400 \times 400 \times 94) = \frac{1}{15040000}$ ממשקל הכדורים הקטנים s s, וכבר נתקנו מאונים שזמני תנופותיהם המה מתונים גם מאלה עד שישפיק כח אחד מעשרים מיליאן במשקל הכדורים s s להניף את המטוטלת במרחק אצבע שלמה, והנה מהערכת הכה המטה של הכדורים K K להכה המושך שלהארץ נמצא ערך משקלם של הכדורים K K לעומת משקל הארץ, ואחרי יותר משני אלפים בחינות שבתנו הכמים רבים ושלמים מצאו את משקל הארץ 118000 טריליאן צענטימטר (כל צענטימטר 115, ליטרות רוסיות) והוא 13 קוואטריליאן עם 970 אלף טריליאן ליטרות, את דרכי החשבון בפרטיות ואת מאוני הסביבה שהשתמש בהם החכם רייך (1837) בשקלו את הארץ, נבאר בספרנו עולם ומלואו, הבחינות האלה הורונו שמשקל המיוחד מהארץ הוא $5 \frac{2}{3}$ בקרוב, ר"ל: לו היתה הארץ כולה ממים או לו היתה מחומר השוה במשקלו למים, או היה משקלה $5 \frac{2}{3}$ פעם קטן מאשר הוא עתה.

פרק שלשה עשר

חוקי הדחיפה (סטקסס)

297. §. דחיפות הגופים זה את זה. בכל מקום שיפגשו איש באחיו שני גופים שהאחד מהם הוא מתנועע תגלך הדחיפה (סטקסס), הדחיפות שונות הנה למיניהן לפי ערך נמטן, בשם נמית הדחיפה נקרא את נמית התנועה אשר לנקודת הכובד מהגוף הרוחק והנדהף, הדחיפה תקרא מרכזית (מסנטרל), אם נקודת הכובד מהגוף הרוחק תפגוש בנקודת הכובד של הגוף הנדהף, בלתי מרכזית (סקסנטרל) תקרא, אם נמית הדחיפה לא תפגוש בנקודת הכובד של הגוף הנדהף, דחיפה ישרה תקרא, אם נמית הגוף הרוחק תהיה בנמית יושר הזווית להמישור שנצטר לנו היותו עובר דרך נקודת הפגישה של שני הגופים, ודחיפה נמיתה תקרא, אם נמית הדחיפה לא תהיה ביושר הזווית למול שטח מישור הפגישה.

298. §. משפט הדחיפה בגופים שוים בכמות תנועתם. שני גופים בלתי

ספוגיים A, B צורה 254 השוים בכמות גדלם ומהירותם, והמתנועעים לרוחות מנגדות, יבטלו איש את תנועת אחיו וינחיו במקום הפגישה, וכן שני כדורים A B צורה 254 שמשקל A הוא = 3 ליטרות ומהירותו היא = 60 רגל ונמטנו היא למורת, ומשקל B הוא =

צורה 254.



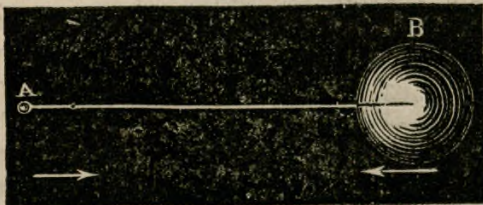
6 ליטרות ומהירותו = 30 רגל, ונמטנו היא למערב, יעצרו גם כן זה את זה בתנועתם וינחיו ברגע ובמקום פגישהם זה בזה, אחרי שכמות תנועתם שוה הוא בשניהם באשר כי $3 \times 60 = 6 \times 30 = 180$, כמבואר (§ 101) בחוקי הכחות הפועלים בנקודה אחת.

299. §. משפט הדחיפה בגופים בלתי ספוגיים המשתנים בכמות תנועתם.

שני גופים המתנועעים לנמיות מנגדות ובכמותי תנועה בלתי שוים, יתנועעו אחרי הדחיפה לנמית הגוף בעל כמות התנועה הגדולה, ובמהירות שתשוה להמנה היוצאת מחלוקת

צורה 255.

יתרון כמות התנועה (של הגוף הגדול על הקטן) על כמות קיבוץ המשקלים של שני הגופים יחד, ד"מ: אם יהיה כמות המשקל מהכדור B צורה 255 המתנועע למורת 100 ליטרות, ומהירות תנועתו 12 רגל, וכמות משקל הכדור A המתנועע לעומתו = 6 ליטרות, ומהירות תנועתו 10 רגל, אז יתנועעו שני הכדורים כאחד אחרי



הדחיפה למורת ובמהירות $10 \frac{10}{55}$ רגל, יען שכמות התנועה של B הוא $12 \times 100 =$

1200, וכמות התנועה של A הוא $6 \times 10 = 60$, לכן היתרון $1200 - 60 = 1140$, אולם באשר שכח התנועה 1140 ליטרות יצרך עתה לקניע שני הכדורים יחד שקיבוץ משקלם הוא $100 \pm 6 = 106$, ליטרות, לכן תהיה המהירות $\frac{1140}{106} = \frac{40}{53} = 10$ רגל, אם גוף a צורה 256 בעל כמות תנועה גדולה, יפגוש

צורה 256.

בגוף b בעל כמות תנועה קטנה ההולך לפניו,

או ישתוו שניהם זה לזה במהירות תנועתם אחרי

הפגישה, באופן שהגוף הרוחף נפסיד, והגוף

הנרחף ירד במהירותו, ד"ס: אם משקל a הוא 10 ליטרות, ומהירותו היא 12 רגל, ומשקל b הוא 6 ליטרות, ומהירותו 5 רגל, או יהיה כמות התנועה משניהם

יחד אחרי הרחיפה $(10 \times 12 \pm 6 \times 5) = 120 \pm 30 = 150$ ליטרות הרגל,

ובאשר שבכמות התנועה הזו יתנועעו איפוא 16 ליטרות חומר, לכן ילכו במהירות מן

$\frac{150}{16} = 9 \frac{3}{8}$ רגל, והנה הגוף a הפסיד מהירותו $2 \frac{5}{8}$ רגל, והגוף b תרד $4 \frac{3}{8}$ רגל.

§. 300. דחיפת הגופים הספוגיים זה את זה. בתגופים הספוגיים ישתנו

משפטי הרחיפה מאד מנסכת הכח הספוגי שלהם, והוא: בכל גוף ספוגי הנרחף יתלחצו

ברגע הפגישה חלקיו פנימה מעט, ובאשר שהגופים הספוגיים יכספו לשוב ברגע סור הכח

המשנה אותם אל תבניות הטבעיות, או במלות שונות: שיוכספו להשיב למקומן את הנקודות

הנלחצות בהמה מחמת הרחיפה, ומה תולד יריית החלקים (הנלחצים על ידי הרחיפה

פנימה) לצד חוץ או לנטיה המנגדת לנטיה הרחיפה, לכן יורקו הגופים הנרחפים (אחרי

קבלתם את הרחיפה) את הגופים הרוחפים אותם לאחור, וכל הפעולות שפעל הגוף הרוחף

על הגוף הנרחף בכמות תנועתו, תשובינה איפוא אליו מהגוף הנרחף הפועל עליו בכח

ספוגיותו, נמשך מזה שהגוף הנרחף ירחף בכח משנה: A) בכח כמות התנועה של הגוף

הרוחף, B) בכח כמות ספוגיותו של הגוף הרוחף שנלחצו חלקיו פנימה בעת הרחיפה

ויורקו איפוא החוצה בנטיה הרחיפה לעומת הגוף הנרחף, ולכן יהיה קוח מהירותו של

הגוף הנרחף כפול, ולעומת זאת נפסיד הגוף הרוחף פי שנים ממהירותו, האחת על ידי

אצילותו מכח תנועתו על הגוף הנרחף, והשנית על ידי התנגדות כח ספוגיות הגוף הנרחף

אליו המתנגד בנטייתו לתנועת הגוף הרוחף.

§. 301. משפטי הרחיפה בגופים ספוגיים שווים בכמות תנועתם: A) שני

גופים ספוגיים b d צורה 257 השווים זה לזה בכל

צורה 257.

סגולותיהם, והמתנועעים לרוחות מנגדות יתחלפו

אחרי הפגישה בנטייתיהם, ר"ל: הגוף d ילך אחרי

הרחיפה בנטיית הגוף b שלפני הרחיפה, והגוף b ילך אחרי

הרחיפה בנטיית הגוף d שלפני הרחיפה, אחרי שאלו היו הגופים בלתי ספוגיים כי עתה נחו

במקום הפגישה (§ 298), אמנם על ידי ספוגיותם נתלחצו חלקי הגוף d פנימה בנטיה

תנועת הגוף b, וחלקי הגוף b נתלחצו בנטיה תנועת הגוף d, ולכן ברגע שובם לאחור

בכח ספוגיותם, יכריחו חלקי הגוף b את הגוף d הלוחץ עליהם לשוב בנטיה מנגדת

ללחיצתו, וכן יוכרח גם הגוף b לשוב אחור על ידי ספוגיות הגוף d, ובאשר שכח חזרת

החלקים ישווה בגופים ספוגיים בתכלית-הספוגיות להבח המשנה תמונותיהם (§ 94), לכן ישובו לאחור במהירות ההיא שהיתה להם לפני הפגישה. (ב) שני גופים ספוגיים a ו- m צורה 258 הנדחפים זה בזה, השוים במשקלם והמשתנים במהירותם והמתנועעים בנמיות מנגדות, יחליפו אחרי הרחיפה גם את נמיותם גם את מהירותם, ר"ל: הגוף

צורה 258.

a ילך אחרי הרחיפה בנמיות ומהירות הגוף m שהיתה לו לפני הרחיפה, וכן ילך הגוף m אחרי הרחיפה בנמיות ומהירות הגוף a שלפני הרחיפה, ד"מ: אם a , m שוים במשקלם ומהירות a בתנועתו למרח $= 5$ רגל, ומהירות m בתנועתו למערב $= 3$ רגל, אז ילך a אחרי הרחיפה במהירות 3 רגל למערב, אולם m ילך במהירות 5 רגל למרח, והוא: באשר שהגוף a יחזור לאחור על ידי תשובת החלקים הנלחצים של הגוף m , ובאשר שחלקי הגוף m נלחצו בכסית התנועה של הגוף a , לכן שבו לאחור גם כן במהירות מתחלפות, הגוף a שהפסיד על ידי הפגישה 3 רגל ממהירותו למרח היה מתנועע עוד במהירות 2 רגל למול מרח, אולם תשובת חלקי הגוף m הנלחצים ידחקו אותו ללכת במהירות 5 רגל למערב לכן ילך אחרי הרחיפה $5 - 2 = 3$ רגל למערב, אולם הגוף m התנועע לפני הרחיפה במהירות 3 רגל למערב, ועל ידי דחיפת הגוף a ההולך במהירות 5 רגל לעומתו למרח נלחץ ללכת במהירות 2 רגל למרח, ועל ידי תשובת החלקים למקומם הנלחצים בהגוף a אשר נתלחצו על ידי תנועת m בכח מהירות 3 רגל ידחק הגוף m למרח עוד במהירות 3 רגל, ולכן תהיה אחרי הרחיפה מהירותו למול מרח $2 + 3 = 5$ רגל. (ג) שני גופים ספוגיים אחד מתנועע והשני נח, השוים זה לזה בכל סגולותיהם, ודחף המתנועע את הנח, אז יתהפך הנח למתנועע והמתנועע לנח, ונמיות תנועתם לא תשתנה, ד"מ: אם

צורה 259.

היתה מהירות הגוף הדוחף a צורה 259 שתי רגל, ולו היה גם גוף e הנדחף הנח בלתי ספוגיים, כי עתה היו מתנועעים אחרי הרחיפה במהירות רגל אחת לפנים (§ 299), אולם באשר שהגוף a הוא ספוגי, לכן גיעו חלקיו (המלוחצים פנימה) בתשובתם את e עוד במהירות רגל אחת והגוף e הנח ילך לפנים לעומת b במהירות 2 רגל, ומעתה נתבונן על הגוף הדוחף a , הוא הפסיד מהירות 1 רגל על ידי דחיפתו את e השוה במשקלו אליו, ובכח הזה שלחץ a בדחיפתו את הגוף e בשיעור הזה נלחץ גם a לאחור מהגוף e , ולכן יהיה כמות התנועה של הגוף a אחר הרחיפה $2 - 1 \times 2 = 0$, וכמות התנועה מהגוף $e = 0 + 2 \times 2 = 4$, ר"ל: הגוף a היתה מהירותו במרח הרחיפה 2, והפסיד שתי פעמים 1: זאת מנסבת הרחיפה, והשנית מנסבת ספוגיות הגוף e , ולכן נשאר מהירותו 0, ר"ל: ננוח, אולם מהירות הגוף e בנוחה היתה מהירותו 0 והריגים 2 רגל: זאת מנסבת הרחיפה, ואחת מנסבת ספוגיות הגוף a , לכן תהיה מהירותו אחר הרחיפה $2 + 2 = 4$ רגל. (ד) שני גופים ספוגיים e צורה 259 השוים בכל סגולותיהם, והמתנועעים במהירות שוות, יתנועעו

מהקאנאנע; הנקובה בשם **ממוטלת הזריקה** (באויסטיססענדעס), החלקים הראשיים (הויסעסחייז) שבה הוא קוטר של ברזל a , ושני מטילים ישרים t , וארבעה מטילים נמוים d הנושאים בול עץ כבר המצופה ברזל, הכדור K הוא הנזק מהקאנאנע והפוגש בכול העץ בנקודת כובדו, בהממוטלת מתחת ימצא מסמר השורט בתנועתו הריץ בלתי עמוק בקרקע הקשת הנבובה, המצופה ברונג על פני כל ארכה מבפנים, והנה מחשבון הכת הנצרך להניע הממוטלת על צירה מוכפל על אורך הקו שירשום המסמר בשרטו שרמט בהרונג נמצא חשבון לכת הכדור ולמהירותו שהיה מתנועע בה אלו לא פגש בהמוכנה.

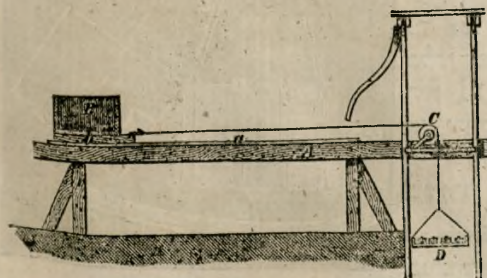
פרק ארבעה עשר

מפסירי התנועה (הינדערניססע דער כעוועגונג)

§. 305. **התחככות (רייבונג)**. בשם התחככות נכנה את התנגדות התנועה בין שני גופים המתנועעים איש על אחיו, בין שהמה שניהם מתנועעים ובין שאחד מהם הוא מתנועע והשני נח, ההתנגדות הזאת תלך מנסבת בלתי שיווי השטחים המתחכים, ובאשר שאין גוף בעולם ששטחו יהיה חלק בתכלית, לכן אין תנועה בעולם בין שני גופים מבלי התחככות, מנסבת בלתי חלקלקות השטחים המתנועעים זה על זה תבאנה גבנויות שטח הגוף האחד בתוך שקערורות שטח הגוף השני ויעצרו זה את זה בתנועתם, אחרי שהגופים לא יוכלו לעבור עליהם רק אחרי ששטחו את הגבנויות שטחו, או ינתקו אותן וימלאו בהן את השקערורות, או בהקצצם למעלה (דורך חויכט טשיינגס) מהגבנונים, לכל אחד משלושה האופנים האלה ידרש כח מה, על ידי המשיחה בגופים רכים וחלקים בין השטחים המתחכים יתמעט החיכוך, יען שהגופים הרכים ימלאו את התריצים והבקעים שבהשטחים הבלתי חלקים ועל ידם יהיו חלקלקים, לפי אופן תנועת הגופים המתחכים ימצאו שלושה מיני התחככות: a המועדית (גלייטנדע), b הגלגלית (קאטנדע), c הסדנית (האטנדענדיגונג).

§. 306. **הכנה למדידת כמות התחככות המועדית**. החכם קולאמב נסה

צורה 263.



התחככות המועדית, והוא: על השלחן A הציג את התיבה B ומתחת להתיבה החליף כפעם בפעם לוחות ממיני חומרים שונים b ועל השלחן נתן כפעם בפעם לוח מאיזה חומר a , בהלוח b קשר חבל והעבירו מעל הגלגל C ובקצה החבל התחשי קשר את הכף D והמשקלים שבהכף הוריעו לו את כמות החיכוך לכל השתנות החומרים המתחכים (באיכותם ובמשקלם), ד"מ: אם היה משקל התיבה עם המשקלים הנתונים

בה = 100 ליטרות וברדת המשקל 2 ליטרות שבהכף העביר את המשא על השלחן או ידע קולאמב כי שיעור ההתחככות הוא $\frac{2}{100} = \frac{1}{50}$, שיעורי ההתחככות המוערית שנודעו לנו על ידי ההכנה הזאת המה בעד גוף שמשקלו 100 ליטרות: עץ בעץ = 36, ואם נמשחו בשמן = 7, חבלים בעץ 45, ואם יתן מים ביניהם 33, עור בעץ 30, עור בברזל יצוק 23 ליטרות, כל השיעורים המה במשך התנועה, אולם בהתחלת התנועה תגדל ההתנגדות, ד"ס: עץ בעץ 50 תחת 36, חבלים בעץ 63 תחת 45 ליטרות.

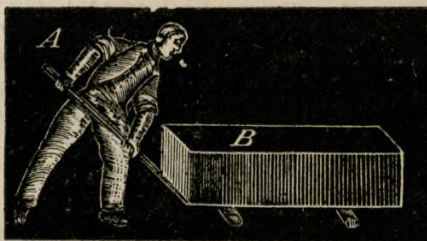
§. 307. משפטי התחככות המוערית. על פי בחינות קולאמב נודע לנו ששה משפטי ההתחככות: (א) החיכוך יתערך (כמעט) בערך ישר לכמות הלחיצה שבין השטחים המתחככים. (ב) מהירות התנועה לא תרבה את כמות התנגדות החיכוך. (ג) כמות השטחים הנוגעים לא יתערך מאומה לכמות החיכוך ובלבד שלא נשתנה כמות הלחיצה בהם, כן ד"ס: לא יתרבה ולא יתמעט החיכוך אם נסחב קורה בעלת שתי צלעות (ששטחה האחד הוא 20 ושטחה השני הוא 5 רגל מרובעים) כאשר תתחכך בשטחה הגדול או הקטן. (ד) בראשית התנועה תהיה ההתחככות גדולה מאשר בעת התנועה, ההתחככות תגדל מאד בתחלת התנועה אם נחו הגופים המתחככים זה על זה שיעור זמן ידוע המשתנה בגדלו לפי טבע הגופים המתחככים. (ה) בגופים שמנים (viscous) תמעט ההתחככות מבגופים חריבים. (ו) החיכוך המוערי יגדל תמיד מהחיכוך הגלגלי, בכל המוכנות וביהוד בהיתר והשרויבע יפסיד החיכוך חלק גדול מהכח הפועל לנצח המשא (§. 117).

§. 308. התחככות הגלגלית. נקל להעביר קורה על סעיילות הנתונות תחתיה

צורה 265.



צורה 264.



צורה 364. מאשר לסחבה על הארץ, וכן נקל לנו להסיע משא כבד על עגלה בעלת אופן צורה 265, נמשך מזה שהתחככות הגלגלית תקטן מהמוערית (§. 305), גם את ההתחככות הגלגלית נסה קולאמב על ידי ההכנה צורה 266, והוא: מסביב להפעגילה (wheel) כרך חבל דק ובקצהו החפשי תלה כף, וערך המשקלים הנתונים בהכף לערך משקל המפעגילה שנתגלגלה על ידם הוריע לו את כמות התחככות הגלגלית, באופן הוה מצא שבהיות משקל המפעגילה 100 ליטרות, או נצרך $\frac{1}{10}\%$ ליטרות כח לגלגל אותה, וכאשר תלה בהמפעגילה

עוד שני משקלים a a שמשקל כל אחד מהם 50 ליטרות, או היה נצרך לו להוסיף בהכפ עוד

$1\frac{6}{10}$ ליטרות באופן

שאם יהיה משקל הקורה

עם המשקלים התלויים בה

אלף ליטרות, או היה

נצרך כח 16 ליטרות

לגלגל אותה, העיון

והנסיון יורונו שכשתהיה

נקודת אחיזה הכח המגלגל

שבהכפ p בהנקודה C

ולא בהנקודה B צורה 267, או יהיה כמות המשקל

בהכפ p רק כחצי המשקל הנצרך להגותן בהכפ Q , יען

שהמשקל Q יפעל על זרוע קצרה רק כמחצית אלכסון

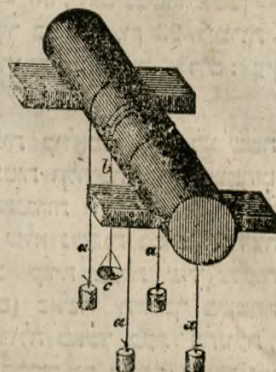
הקורה והמשקל p יפעל על האלכסון השלם, ומוז יוצא לנו

שהתחככות הגלגלית תתערך בערך מהופך לאלכסוני

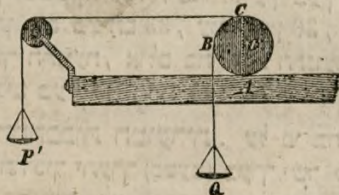
הגופים המתגלגלים, והוא: גלגל A הגדול 2, 3, 4 פעמים באלכסונו מגלגל B יקטן ממנו

גם 2, 3, 4 פעמים בכמות החיכוך, ומוז תבאר לנו תועלת האופנים הגבוהים למרכבות.

צורה 266



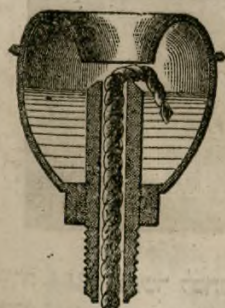
צורה 267



צורה 268



צורה 269



§. 310. שפופרת המשיחה (מייביקסט).

באשר שהמשיחה תקטין את ההתחככות, לכן

נצרך למשות מבלי הפסק בשמן את הגופים המתחככים, אמנם מלבד

שפופרת בלתי נפסקת כזאת היא מיגעת מאד; תהיה ברוב המוכנות

גם בלתי אפשריות ומסוכנות, ולכן המציאו חכמי המעכאניק הכנות

שונות למשיחות המוכנות בכל משך פעולתן ואחת מהנה תורנו

הצורה 269, מוסדות ההכנה הזאת נוסדו על חוקי משיכות קנה השערה (74 §), והוא:

שפופרת שפתילה עבה עוברת בה דרך החלב שבתוכה, החלב יותך על יד על יד כחום החיכוך

שיתחכך הקצה התחתון מההכנה בהסדן הצריך להקטין, החלב המהותך יקטן בכח משיכת

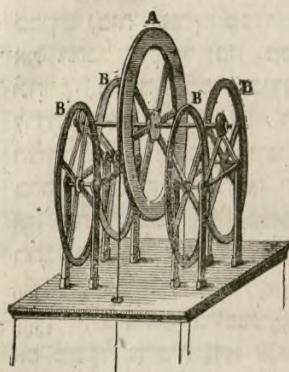
קנה השערה לתוך הפתילה ומשמה יבוא על הסדן המשות כל עוד שהוא חם על יד

תנועתו, וכשתפסק תנועתו ויצטנן אז יתקשה גם החלב ולא יזוב עוד, ולפי זה תהיה תועלת ההכנה הזאת כפולה: (א) שתמשח מבלי הפסק, (ב) שתעצור המשיחה בהעצר התנועה.

§. 311. אופני החיכוך (פיקווינסקדסר). חכמי המעכאניק המציאו תחבולה מחוכמה

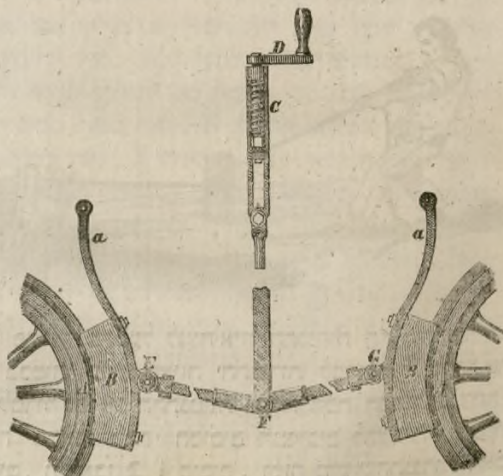
להחליף בהמוכנות ההתחככות המועדית בהגלגלית, והוא: לשום את ידות הסדן על ארבעה מקיפי אופני קלי המרוץ צורה 270, והוא: על ידי החיכוך שיתחככו ידות הסדן במקיפי האופנים יתנועעו האופנים בתנועה מתונה למאד, וחיכוך שתי ידות הסדן יחלק על שמונה ידות מארבעה האופנים הנושאים אותו, שיעור הקטנת החיכוך על ידי אופני החיכוך נוכל למצוא בחשבון, והוא: נניח שמחצית אלכסון מידות האופן $A = 1$ צענטימעטער וכמות הלחיצה שילחץ במושבותיו $= 1000$ ליטרות, אז היה כמות ההתחככות 50 ליטרות $(= 1000 \times \frac{1}{20})$, אם נשים את ידותיו על מקיף האופן B שמחצית אלכסונו $= 50$ צענטימעטער, ומחצית אלכסון ידותיו $= 1$ צענטימעטער, אז תעתק הלחיצה על סדן האופן B וכמותה יהיה $1 \times 50 = 50$ ליטרות, ואת כמות החיכוך הזה יחזיק בשיווי המשקל (לפי משפטי האופן על סדרו) השיעור $\frac{1}{20} \times \frac{1000}{50} = 1$ ליטרא, נמצא שהרונתו בהקטנת החיכוך על אחד המשים, כערך אלכסוני ידות האופן A אל אלכסון מקיף האופן B, ולכן נוכל לגזור את המשפט הזה: אופני החיכוך ימעיטו את החיכוך בערך שיגדל אלכסון האופן מאלכסון ידותיו.

צורה 270.



§. 312. העצרת מרוץ העגלות על ידי ההתחככות. כאשר תפסיד ההתחככות לכמות התנועה בכלל, כן תועיל להעצרת העגלות הרצות ממורד ההר, או עגלות נתיבות הברזל שתמהרנה במרוצתן מסבת התמדת התנועה, בהעגלות הקטנות יאסרו אופן אחד או שני אופנים על סדניהם למען יהפך החיכוך הגלגלי למועדי, הצורה 271 תורנו את העצרת אופני עגלות נתיבות הברזל הנקובה בשם מעצרת הלחיים (באקקטנכטונו)

צורה 271.

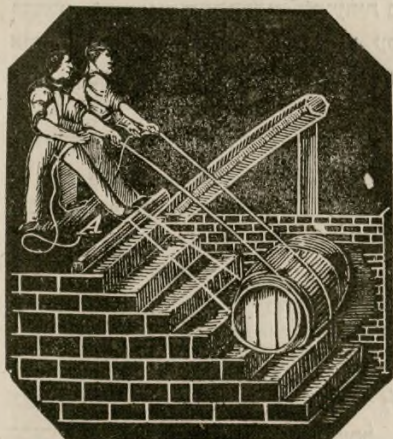


T. I.

תועלת ההתחככות

והוא: שני הלחיים B B התלויים מתחת להעגלה על המטילים a, a' ילחצו בחוקה להאופנים כאשר ימשך למעלה המוט הנצב F האוחז בהמוט השוכב בעל הצירים E G, המוט הנצב יעלה למעלה בתקופות השרויבע C על ידי הנושא D.

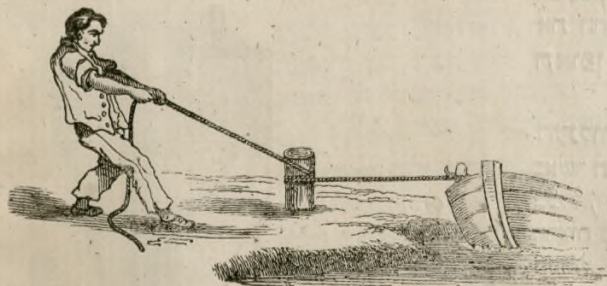
צורה 272.



§. 313. תועלת ההתחככות להעצרת התנועה. אם נרצה להוריד חבית מלאה יין ממקום גבוה לארץ מבלי שתשבר, או נכרוך את החבל הקשור בה מסביב לקורה אופקית ונחזיק בקצה החבל בידנו ונעווים את החבית לרדת לאט לאט אל הארץ כמו שתורנו הצורה 272, הנסיון הורנו כי בהדבק החבל ברביעית היקף הקורה או יצטרך העובר להחזיק את החבל בכח $\frac{1}{10}$ ממשא החבית, ובהדבק החבל במחצית ההיקף נצרך לו להחזיק רק בכח $\frac{58}{100}$, בכריכה שלמה $\frac{12}{100}$, בשתי כריכות $\frac{5}{1000}$, בארבעה כריכות $\frac{1}{5000}$ ממשקלה, ד"מ: אם משקל החבית הוא 5000 ליטרות או יהיה כח ההעצרה על ידי החיכוך ברביעית ההיקף

3000, בתצי ההיקף 1900, בכריכה אחת 600, בשתי כריכות 75, בארבעה כריכות

צורה 273.



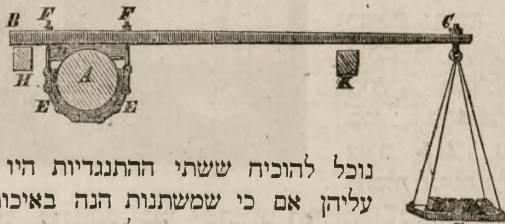
1 ליטרא, בהתחבולה הזאת ישתמשו גם הספנים לעצור את אניותיהם אל החוף לבל תשאן הרוח והשטף צורה 273.

§. 314. מדידת כמות הכחות המניעים; על ידי ההתחככות הסדנית. החכם פרָאנג (Prong) המציא כלי מורד הכה (דינגלשטשטק) § 100

הנוסד על התנגדות החיכוך, והוא: כל פעולה שתפעל לנצח איזו התנגדות התנועה תדרוש מאתנו כח קצוב, ולכן נוכל לבחור בכמות ידוע מאיזה התנגדות למרוד על ידה את כמות הכח המנצח אותה, כאשר נוכל למרוד גם את ההתנגדות במדת הכח הנצרך לנצחה, כן ד"מ: נמרוד את התנגדות התנועה מהאבן בכח הסוסים הנצרכים להעבירה ממקום למקום, ונאמר: להאבן א נצרך 2 סוסים, ולהאבן ב 4 סוסים, ומוזה נרע שהתנגדות האבן

ב היא כפולה מהתנגדות של א, ולהיפך נמדוד את כח הסוסים במדת התנגדות האבנים, ונאמר: הסוס ב יוכל להסיע שתי אבנים והסוס א רק אבן אחת, לכן יגדל כח הסוס ב כפלים מכח הסוס א, ובאשר

צורה 274.



נוכל להוכיח ששתי ההתנגדויות היו שוות בכמות התנגדותן להכח הפועל עליהן אם כי שמשנתו הנה באיכותן מאד, ד"מ: אם בשעה א עברה המוכנה הקיטורית בכל כחה ושחנה חומר שעורים לקמה, ובשעה ב עברה המוכנה בכל כחה ותנסה במגרה קורה ארוכה 50 רגל ורחבה ועביה 1 רגל, או נוכל לגזור בצדק שכמות ההתנגדות מסחינת החומר ששעורים שוה לכמות ההתנגדות לנסירת קורה הארוכה 50 רגל ורחבה ועביה 1 רגל, ולכן אם יש לנו כח קצוב או נמדוד את כמות פעולתו בהעבידנו אותו לנצח בו את ההתחככות הידועה לנו. בכמותה, ובמדת ההתחככות נקצוב את פעולת הכח הזה לנצח התנגדות אחרת כאשר נוכל למדוד בשיעור הסחינה את שיעור הנסירה, הצורה 274 תורנו ההכנה לתכלית המדידה הזאת, והוא: אם נרצה לדעת כמות הכח שתאצל המוכנה הקיטורית להסדן A שממנו תעתק התנועה לכל יתר חלקי המוכנה, או נתן על הסדן שתי קשתות מעץ או מברזל ונצמידם יחד על ידי שתי שריובען $F F$, להקשת העליונה מחובר נושא ארוך $C B$, והנה כל שנוסיף לדחוק על ידי השרויבען $F F$ את הקשתות להסדן כן יגדל החיכוך, ובדחיקה חזקה מאד היה הסדן A מוליך אתו את הקשתות עם הנושא $B C$ והיוסובבים במעגלה בתנועת הסדן, למען דעת כמות החיכוך נתלה הכף בקצה הנושא C , ונכביד אותה במשקלים עד שהסדן A יתנועע לבדו והנושא $B C$ ינוה בתכונה אופקית, ואם נסמן לאורך הנושא בהאות א, ואת כמות המשקל שהיה בכחו להחזיק בשווי המשקל את משקל משא הנושא עצמו בהאות ב, ואת כמות המשקל שבהכף עם C , ומספר התקופות שיקף הסדן במינוט עם M , ואת המספר $3 \frac{14}{100}$ (ערך המקף האלכסון) בהאות ה, או נמצא כמות העבודה שתעבוד המוכנה בהסדן A בעזרת התמונה האלגעברית הזאת: העבודה $E = [M \times A \times H \times 2 \times (B \pm C) : 60 \text{ זעקונדען}]$, ד"מ: אם יהיה $C = 10$, $B = 80$ ליטרות, $A = 8$ ליטרות, $M = 40$ תקופות, אז יהיה כמות העבודה $E = [40 \times 8 \times 3 \frac{14}{100} \times 2 \times (10 \pm 80) : 60 \text{ זעקונדען}] = 3015$ ליטרות הרגל $= 6 \frac{3}{41}$ כח סוסים בקרוב.

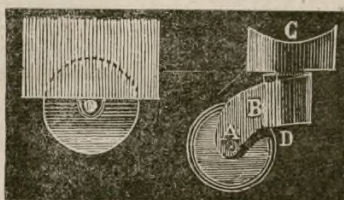
§. 315. תועלת החיכוך בכלל. במקומות רבים נהיה ההתחככות רבת התועלת,

והוא: בלעדי החיכוך לא עצרנו כח לעמוד על רגלינו ובכל נגיעה קלה היו קרסולינו מועדות ואם נפלנו לא קמנו אחרי שמכל דבר שהיינו אוהזים בו היה נשטט מדינו, כל פעולת עגלת הקיטור היא אך על ידי החיכוך שבין אופניה ובין מטילי הברזל שתעבור עליהם

כשיתבאר בספרנו החום והאור. גם להעתיק התנועה מגוף לגוף תועיל ההתחככות כמו

בהאופנים צורה 275, המקושרים איש באחיו על ידי רצועה המחברת אותם או בנגיעה בלתי אמצעות כמו בהאופנים צורה 276, גם להקלת תנועת כלי

צורה 277. צורה 278.



צורה 275. צורה 276.

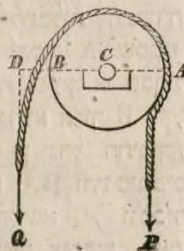


הבית יעשו אופני החיכוך ברגליהם כמו שתורונו הצורות 277, 278, והמה גלגלי החיכוך שברגלי הכסאות והשולחנות, את תועלת החיכוך להולדת החום נבאר ברחבה בספרנו החום והאור בדברנו ממקורות החום (ווקרס קוולנט).

§. 316. קשיות החבל (פסיפיקייט דעס ווייט). החבלים הכרוכים מעל הגלגלים והסדנים

צורה 279.

לא יכפפו היטב, ובלתי שלמות הכפיפה הזאת תפסיד חלק ידוע מהכח הפועל בקצה האחד מהחבל לצד המשא שבקצה השני, ומבלעדי הכח הנדרש לנו להתנגדות המשא נצרך לנו עוד כח שיתנגד לבלתי כפיפת החבל, הכח יתגדל על המשא משתי סבות: א) שנצרך לנו כח מה לעקם החבל מסביב להגלגל ולפשט עקמיותו בדרתו מהגלגל, וההתנגדות הזאת תתגדל בהגדלת מדרגת קשיות החבל ובהגדלת אלכסונו, ב) באשר שהחלק מהחבל שיקרך בקשת הגלגל לא יחופף כרגע כל הקשת המכוסה רק ידובק בה על ידי, ולכן יהיה החלק הבלתי מדובק עוד, מרוחק מעט מהגלגל כשתורונו הצורה 279 שבעוד שיפעל הכח p בהורוע A C שמדתו כמחצית



אלכסון הגלגל ואלכסון החבל; יפעל המשא בהורוע D C הארוכה מעט מהורוע A C, וכמות התארכות זרוע המשא מזרוע הכח הוא בערך $\frac{5}{12}$ מאלכסון החבל, ולכן בחבל שאלכסונו הוא 1 אצבע הכרוך מסביב לגלגל שאלכסונו הוא 1 רגל תתארך זרוע המשא בשיעור 5 ליניען, הכח יפעל בזרוע ארוכה 84 ליניען (מחצית אלכסון הגלגל $12 \times 6 = 72$ ליניען ואלכסון החבל $12 = 72 \pm 12 = 84$ ליניען), והמשא יפעל בזרוע ארוכה $84 \pm 5 = 89$ ליניען, לכן למען החזיק בשווי המשקל משא ממשקל 84 ליטרות נצרך לנו בגלל קשיות החבל 89 ליטרות.

§. 317. משפטי קשיות החבל. בכלל נוכל לחרוץ שלשה משפטים אלה להתנגדות

קשיות החבל: א) ההתנגדות תתגדל כמרובעי אלכסוני החבלים, ד"מ: חבלים המתערכים באורך אלכסונם כערך 1. 2. 3. 4. 5. יתערכו בהתנגדות קשיותם כערך 1. 4. 9. 16. 25; ב) ההתנגדות תתקטן בערך הגדלת אלכסוני הגלגלים, ד"מ: חבלים שווים בכל סגולותיהם הכרוכים מסביב לגלגלים שאלכסונם יתערך כערך 1. 2. 3. 4. 5. יתערכו

בערך התנגדות קשיותם כערך 1; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{5}$; 2) ההתנגדות תתערך בערך ישר לכמות הכחות המושכים את החבל משתי קצותיו.

§. 318. התנגדות האמצעי (וויכטלסטאנד דעס וויסטעלס). כל התנועות תהיינה או באוויר

או במים או באוויר נוזלי אחר, האוויר והנוזלים יקראו ביחסם להנופים המתנועעים בהם בשם **אמצעים** (וויסטעלן), מנסבת בלתי הדור החומרים (§ 25) לא יוכל הגוף המתנועע לרשת המקומות הממולאים מהאמצעים מבלי לדרהפם לפניו ולצדדיו, ולתכלית הזאת יוצא הגוף שיעור גדול מכמות כחו, תוצאת ההתנגדות הזאת היא העצרת (פערלשטענדונג) התנועה, ההעצרה תגדל כל עוד שייכבד להניע את האמצעי ממקומו, ר"ל: בערך מעבה האמצעי, אולם גם גודל השטח מהגוף המתנועע וגודל המהירות שיריץ בה הגוף המתנועע יגדילו מאד כמות התנגדות האמצעי, במהירות בלתי גדולות מאד תתוסף בערך מרובעי הוספת המהירות, ולכן אם ימשוך הסוס את העגלה במהירות 4 רגל לזעקונדע ועגלת הקישור תמשוך אותה במהירות 40 רגל לזעקונדע אז תהיה התנגדות האוויר להעגלה בשני האופנים כערך 4×4 אל 40 $\times 40 = 1600$: 1 = 100, כבר מצאו חכמי המעכאניק על פי הנסיון שהסוס האסור בעגלת מסלת הברזל (וואגן) יצטרך לנצח התנגדות האוויר בכח $1\frac{1}{2}$ ליטרות הרגל בלכתו במצעדים מורגלים כאשר יהיה שטח פני העגלה 80 רגל מרובעים ובעד כל עגלה הנקשרת מאחורי העגלה הראשונה תתוסף ההתנגדות בשיעור $\frac{1}{8}$ מהתנגדות האוויר להעגלה הראשונה, אם תמשוך עגלת הקישור את העגלות במהירות הגדולה 10 פעמים ממהירות הסוס, אז יהיה כמות ההתנגדות בעד העגלה הראשונה $10 \times 10 \times 1\frac{1}{2} = 150$ ליטרות, ואם נחשוב עוד 20 עגלות מקושרות בה בזו אחר זו, אז תהיה ההתנגדות הכללית 425×40 ליטרות, ובאשר שמהירותה היא 40 רגל, לכן תהיה ההתנגדות הכללית 425×40 או 17000 ליטרות הרגל, לכן תצרך אך לנצח התנגדות האוויר בלבד 34 כח סוסים, בספרנו חוקי שמים וארץ בארנו את חוקי התנגדות המים להעצמים הצפים בהם, ואת תבנית האניות ששטחיהן הקדומים (פערלשטענדונגס) המפליגות את המים יעשו מחודדים, יען שכמות התנגדות האוויר והמים ישוה להמכפלה הנולדת מכפילות השטח הקדום עם מהירות התנועה, גם היוצר השכיל לעשות בחכמתו את גופות העופות והדגים בהתבנית אניה למען לא יתנגד להם האוויר והמים בכח גדול במעופם באוויר ומשוטם במים.

§. 319. משפטי התנגדות האמצעי. בכלל נוכל להרוץ שלשה משפטים

להתנגדות האמצעי: א) ההתנגדות תגדל בערך ישר למדרגת מעבה האמצעים, ולכן תהיה התנגדות המים גדולה 777 פעמים מהתנגדות האוויר. ב) ההתנגדות תקטן כל עוד שיהיה השטח הקדום החותך את האמצעי יותר מחודד. ג) ההתנגדות תגדל בערך מרובעי מהירות תנועת הגוף המתנועע, ר"ל: אם ימהר הגוף 2, 3, 4 פעמים בתנועתו, אז תתגדל התנגדות האמצעי 4, 9, 16 פעמים.

§. 320. מעוף בעלי הכנף. אם נתבונן בפעולת הטבע נתפלא לראות דבר והפוכו

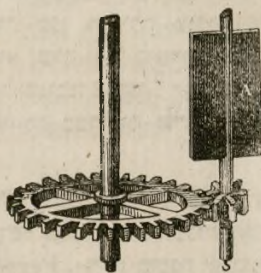
יוצאים בכח אחר, וביתר נראה הפלאים האלה במעוף הברבור הנורק מבלי היריה שיעצר במהירותו בסבת התנגדות האוויר, ובמעוף בעלי הכנפים שימהרו בתנועתם בסבת ההתנגדות

הוא, והוא: לפי חשבונות המהנדס ווענץ ירוץ באויר כדור שמשקלו הוא 4 ליטרות רק 6437 גרל ויפול לארץ בעוד שהיה מתנועע במקום פנוי מהאויר 23226 גרל, ולפי חשבונות הוטטאן ירחף הכדור שמשקלו 6 ליטרות ומחירתו 2000 גרל עמוד אוירי לפניו ממשקל 600 ליטרות, שתי החשבונות האלה המתאמתות גם על פי הנסיון § 323 תורונו שהכדורים יאבדו ממהירותם שיעור רב, בעוד שנהפוך הוא במעוף בעלי הכנף, מהנשר גדול האבר עד היתוש הרק שמלא רוחב מוטות כנפיו הוא כשטח גרגר החרדל, שגם שניהם יעופו וימהרו במעופם רק בסבת התנגדות האויר, והוא: בהשקפה ראשונה ידמה לנו שמשפט אחד לשחית הרגים במים ולמעוף בעלי הכנף באויר, אמנם אם נעמיק מעט להתבונן נמצא הבדל רב ביניהם, והוא: הרגים ישחו במים מפאת קלותם וכבדות המים כמשפט העץ שיצוף גם הוא על פני המים בסבת קלותו § 158, בסנפיריו ישתמש רק להניע גופו בנטיית שונות, וגם לשחות למול שטף הנהר, אבל בעלי הכנף יכבדו הרבה יותר מהאויר הנלחץ תחתם, והמה יעצרו במרומים רק בסבת התנגדות האויר המתגדלת במהירות תנועת כנפיהם, והוא: כבר נודע § 319 שהתנגדות האויר תתגדל כמריבוע מהירות הגוף המתנועע בו, והנה נקה משקל היונה 1 ליטרא, ואת התנגדות האויר שיתנגד לנפילתה בעת שתנופף בכנפיה מעוף אחד לזעקונדע $= \frac{1}{2}$ לאטמה, אז תהיה בשיווי המשקל בהאויר כאשר תנופף 8 תנופות בכל זעקונדע כאשר שכח התנגדות האויר יהיה אז $8 \times 8 \times \frac{1}{2}$ לאטמה $= 32$ לאטמה כמשקל היונה, ומעתה נחקורה מה יהיה משפטה אם תנופף 16 תנופות לזעקונדע? ונמצא שכח התנגדות האויר $16 \times 16 \times \frac{1}{2}$ לאטמה $= 256$ לאטמה $= 128$ לאטמה $= 4$ ליטרות, ובאשר שהיונה תדחק על האויר בכח ליטרא אחת, לכן תדחק למעלה בכח 3 ליטרות מהתנגדות האויר, היונה תתרומם למעלה בכח 3 ליטרות כאלו נזרקה מכף יד איש לעלות למעלה בכח הזריקה של שלש ליטרות, נמשך מזה שבעלי הכנף יעופו בכח הזריקה שיוזקו מהתלחצות האויר. על ידי תנופות כנפיהם לאחר מן הצדדיו יוזרק גופם בתכונה אופקית להצד שכנגדו, ובאשר שכח שרירי בעלי הכנף הוא עצום למאד, לכן יוכלו לנופף כנפיהם במהירות נעלה מאד, ולכן יעופו גם מהר מאד, השובב ינופף את כנפיו 600 פעם לזעקונדע במעופו המורגל, ואז תעלה מהירות מעופו 5 גרל בעוד שהסוס ימהר אך $4\frac{4}{5}$ גרל בלכתו במצעדים מורגלים, וכאשר יעוף השובב בחפזו לנוס, אז ינופף כנפיו 4000 פעם לזעקונדע ומהירות תנועתו היא יותר משלשים גרל בעוד שהסוס ימהר בדהרתו (galopp) רק $26\frac{1}{2}$ גרל, היונים נושאי המכתבים (ברייטנאויבן) (לפני המצאת הטלעגראף) עברו מרחק 50 פרסאות בזמן $2\frac{1}{4}$ שעות או 138 גרל לזעקונדע, בדברנו מחכמת השמע נבאר עוד אופן אחר למציאת השבון למספר תנופות כנפי הרמשים על ידי הערכת רום הקול הנשמע מהשתקשקות כנפיהם במעופם. פה נתאמת שנית את אשר כבר בארנו בדברנו בסבת ההליכה הנמהרה של החיים הקטנים לעומת הגדולים § 286, "כי ערך כח שרירי החיים הקטנים יגדל פעמים רבות מכח שרירי הארי והנמר". חכמי תולדות הטבע יספרו לנו מעוף השמים שיעברו במסעם רוחב ים גדול מבלי לנח וכי הדבורים תעופנה לפעמים ביום אחד במרחק פרסאות אחדות ללקט צוף הפרחים אשר יוציאו המס את הרבש, ואם נעריך את כמות גוף הדבורה למול כמות גוף הסוס ולו היה הסוס

חוק בערך כח שריריו כהדבורה כי עתה היה עובר מקצה הארץ עד קצהו ביום אחד.

§. 321. צורך הרוח. מלבד התועלת שהשיגו מפני הרוח תועלת נכבדה ממנה, והוא: הישרת תנועת מרוצת אופני מוכנות רבות כמו המורה שעות, והתיבה המנגנת (ספידקס) בעזרת ההכנה צורה 280 הנקובה בשם צורך הרוח (ווינדקונג) והוא: אם יהיה הכח המניע את האופן כח הולך ומתגבר, אז תעצר תגבורת התנועה על ידי תגבורת התנגדות האוויר שיתנגד לתנועות הלוחות A הקבועים בהסך הוקף מהאופן הקטן האחרון בשניו בשני האופן הגדול, ולכן נוכל לחשוב את הכח המניע ואת התנגדות האוויר לשני כחות מנגדים זה לזה בפעולתם, ואת התנועה שיתנועעו הלוחות נחשוב לתנועה שיווי המדה.

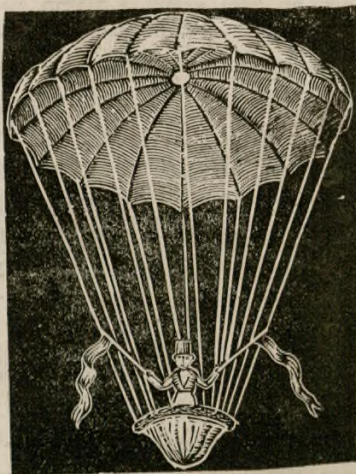
צורה 280.



§. 322. תועלת התנגדות האמצעי. כאשר השכיל האדם להוציא יקר מוולל

צורה 281.

תועלות נכבדות מחיכוך הגופים המוצקים כן השכילו למצוא חפץ ותועלת גם בהתנגדות האוויר להעצמים המתנועעים בו, קלות האוויר היא הסלם שבו יעלה האדם במרומים על ידי המגדל הפורה באויר § 210 והתנגדות האוויר היא הסלם שבו יורד האדם ממרומים לארץ ולא יקראנו אסון, והוא: לכל מגדל הפורה מחובר מנהפילה (פליגה) המצויר לימין המגדל הפורה צורה 198 צד 144, תבניתו היא כמנן מטר (סנטיםטריטס) שגנו גדול למאד, הצורה 281 תורנו את תבניתו בעת שיוורד האדם על ידו ממרומים ארצה, מהירות נפילתו תתגבר מרגע לרגע לפי חוקי הנפילה § 230, ולעומת זאת תגדל גם התנגדות האוויר מרגע לרגע לפי § 319, יען שהאוויר הנלחץ על ידי הנפילה כמרובעי המהירות מתנועת הגוף הנופל יתנגד מתחת לגג המנן ולא יתנהו לנפול במהרה.



§. 323. חשבון התנגדות האמצעי. אם

נבקש חשבון לכמות התנגדות האמצעי, נמצא שכמותו הוא בד בבד ככמות כח הדחיפה שהיה פועל (המתנועע בהמהירות שיתנועע הגוף בו) על הגוף הנח העומד הכן לקבל את פעולת דחיפתו, והנה לו היה כדור מוצק עומד לרוח אוויר הנושב כנגדו שמהירותו היא אך רגל אחת לזעקונד ואלכסון הכדור הוא

גם כן במדת רגל כי עתה היה כמות לחיצת האויר עליו $\frac{1}{1600}$ ליטרא, ואם יתנועע האויר במהירות 10 רגל, אז היתה לחיצתו $\frac{1}{16}$, ואם מאה רגל $6\frac{1}{4}$ ליטרות, כמשפט הזה תהיה גם ההתנגדות אם האויר ינוח והכדור יתנועע בו, לפי המשפט הזה נוכל למצוא גם אחרי חשבונות ארוכות כי אם ירד איש מגובה רב בעזרת מגן הנפילה צורה 281 שאלכסון שטחו הוא 30 רגל ומשקלו עם משקל המגן יחד הוא ערך 200 ליטרות ורסיות או יבא על הארץ אך במהירות כזאת, כאשר היה בא אם לו נפל מגובה 2 רגל, וגם כאשר יהיה שטח המגן אך 20 רגל, אז לא תעלה מהירות נפילתו רק במהירות איש הקופץ משולחן הגבוה 4 רגל.

§. 324. בלתי אפשריות מציאות המתנועע הנצחי. מכל אשר נתבאר לנו ממפסירי התנועה מן § 305 עד הנה, יוצא לנו שאך צל רדפו אנשי הרוח שנות מאות בדמותם למצוא מתנועע נצחי (Perpetuum mobile) ר"ל: מוכנה שבמעט פעל עליה איזה כח זמן קצוב, או לא תפסק פעולתה לעולם, והוא: המה דמו למצוא מוכנה מורכבת שתנועת הכח תעקב בה מחלק לחלק, וההעתקה הזאת תהיה חוזרת חלילה מהחלק האחרון אל הראשון, ד"מ: אם יהיו חלקי המוכנה ארבעה במספרם, והוא: א נושא, ב אופן, ג שרויבע, ד יתר, והנה לראשונה יפעל הכח בשיעור אלף ליטרא על הנושא, והנושא יפעל על האופן, והאופן על השרויבע, והשרויבע על היתר, והיתר תחזור פעולתו על הנושא וכן תהיה פעולתו חוזרת חלילה מבלי הפסק, או בהכרח תתקטן הפעולה על ידי מפסירי התנועה, ד"מ: הנושא הפסיד לראשונה מכחו על ידי החיכוך 1 ליטרא ופעל על האופן אך בכח 999 ליטרות, האופן הפסיד מכחו 19 ליטרות ופעל על השרויבע אך בשיעור 980, והשרויבע הפסידה 80 ליטרות ופעלה על היתר בשיעור 900 ליטרות, היתר הפסידה 200 ליטרות ופעלה על הנושא אך בכח 700 ליטרות, נמשך מזה שתחת שנתפעל הנושא לראשונה בכח אלף ליטרות יתפעל בפעם השנית אך בכח 700, בשלישית בכח 490, ברביעית בכח 343, בחמישית בכח 230, בששית 162, בשביעית בכח 103, בשמינית 65, בתשיעית 45 ובעשירית רק 32 ליטרות בקרוב, ואם יהיה הכח הנדרש לתנועת חלקי המוכנה עצמה יותר מן 32 ליטרות, אז תשובת מתנועתה מקץ התקופה העשירית, ובאשר שאין כל תנועה בארץ שלא יקצא לה אמצעי מנגד § 318, ואין כל מוכנה בעולם שתוכל להרויח בכחה במשך תנועתה על הכח שהוליד בה התנועה § 116 ולמלאות בהריוה הזה את חסרון ההתחככות ויתר מפסירי התנועה שלא יוכלו להמנות, לכן אין חכמה ואין עצה ואין תבונה למצוא תחבולה להכין מתנועע נצחי, בחיבורנו חוקות שמים וארץ חברנו פרק מיוחד בביטול תקות מבקשי המתנועע הנצחי (כל השגגות שנסיון כוח הגם שבלתי מדויקות כגם כלל זאת מספיקות כגם נכאר דבריו).

§. 325. העבודה הכללית והמועילה (מטמולוגיה=חומר נוסטלפיק). אין כל תנועה בגופים הארציים שלא תהיה לה התנגדות בדרך הלוכה, כמו שנתבאר בחוקי ההתחככות וחוקי התנגדות האמצעי, ולכן חלקו הכמי המעכאניק את עבודת כל כח לשני מינים: א) העבודה הכללית (מטמולוגיקה), ב) העבודה המועילה (נוטלפיקה), ר"ל: בהכללית יחשבו את כל העבודה שעבר הכח במשך זמן קצוב בין שהיתה לתועלת התכלית הנרצה להפועל

ובין שהיתה לנצח איזו התנגדות בלתי נרצה לו, ובהמעולה יחשבו רק כמות העבודה שתהיה לתועלת, ר"ל: את השארית שתשאר לנו אחרי נכיון מהכללית שיעור העבודה הבלתי מועלת לנו שנעבוד רק לנצח התנגדות בלתי מועלת לנו, ד"מ: אם יפעלו 4 סוסים להניע רחים, יהיה כמות העבודה הכללית כח 4 סוסים, אולם באשר שלהתנגדות החיכוך בחלקי המוכנות שהרחים הורכבו מהם נצרך לכח סוס אחד, לכן תשאר להעבודה המועילה אך כח 3 סוסים, נמשך מזה שכמות העבודה המועילה יהיה אך חלק מכמות העבודה הכללית. העבודה המועילה שבמוכנות הקישור תהיה רק כחצי עבודתן הכללית.

פרק המשה עשר

חכמת תנועת הנוזלים (הידרודינמיק (Hydrodinamik

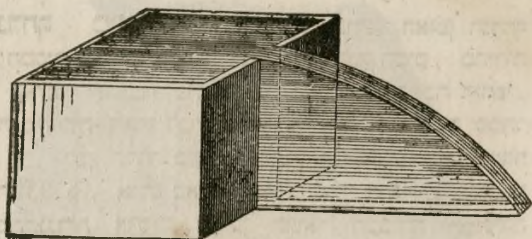
326. §. תכלית חכמת תנועת הנוזלים. החכמה הזאת תורנו חוקי תנועת הנוזלים ופעולתם בגופים מוצקים הנפגשים מהם בדרך הלוכס, השבונות החכמה הזאת עמוקות הנה למאד ובהינותיהן תדרושנה עמל רב ודיוק גדול, יען שחלקי איזה סך נוזלים המתנועעים יחד לא ישתוו זה לזה בכמות תנועתם כחלקי הגוף המוצק המתנועע, והוא מנסבות רבות וביחוד מנסבות רפיון התקשרותם זה בזה וחוזק כח ההתדבקות שבינם ובין הגופים המוצקים ומנסבות העברת הלחיצה בכל חלקי הנוזלים (§ 146).

327. §. הכחות המולידים את תנועת המים. תנועות המים מסובכות על ידי כחות טבעיות או מעכאניות, להטבעיות תחשבנה ירידת הגשם, ורמי הימים, עלית וחסרת המים (פכבט מוגד פלוסה) בהימים, ותנועות גלי המים (וולסספס וסלפון בטוסגונג) ולהמעכאניות תחשבנה תנועות המים בתעלות, צנורות, ושפופרות, ובמוכנות מושכות המים § 177, אולם חוקה אחת ומשפט אחד הוא לכל התנועות האלה.

328. §. משפט מארציעללא. אם ימצא נקב בתושבת או ברופן איזה כלי מחזיק נוזלים צורה 282 אז יצאו הנוזלים ממנו במהירות כזאת שהיה נופל גוף מוצק אם הפלנו אותו מגובה שטרתה היא כמרחק שבין שטח העליון מהמים והנקב, ולכן יתערכו במהירותם לפי (§ 238) כשרשי מרובעי מספרי גובה עמודי הנוזלים הרוחקים ממעל להנקב, ד"מ: אם יהיה מרחק הנקב a צורה 283 ארבעה אצבעות מפני המים ונקב e במרחק 36 אצבעות מתחת לפני המים אז יהיה ערך מהירות ההרקה מהנקב הראשון למהירות ההרקה מהנקב השני כערך $4\sqrt{}$: $36\sqrt{}$ או כערך 2 אל 6, נמשך מזה שכמות המים שיורקו מהנקב התחתון יגדל 3 פעמים מההרקה דרך הנקב העליון אם יהיו שטחי הנקבים שווים זה לזה, בנקבים בלתי שווים בשטחיהם והשוים בגובהם יתערך כמות ההרקה כערך ישר לגודל השטחים, ד"מ: אם נקב a יגדל פי שנים מנקב b אז יהיה גם כמות ההרקה

אל k ובמסרם הגיעו אל L הורד אל l ובמסרם הגיע אל m הורד אל b והגיע לארץ, והנה כל מבין חוקי תנועת הזריקה § 245 יבין גם פה שנקל לדעת תבנית הקלות ומרחק נפילתו ממקום הרקתו לפי § 264, אם נסדק כלי מלא מים בכל קומתו צורה 284, אז תהיה תבנית הקלות שטח פאראבאולי, ואם נעשה סדק בדופן הכלי בחצי קומתו למטה אז תהיה תבנית הקלות כתבנית החלק הפאראבאולי $a b c d$ צורה 285.

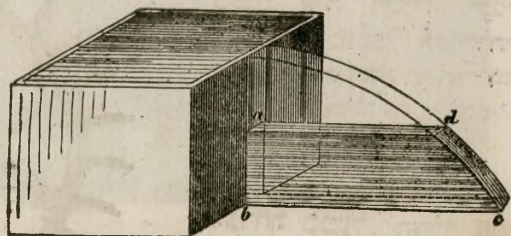
צורה 284.



§ 331. דחיפת המים המתנועעים הפוגשים על גוף מוצק נח. כשהמים

השומפים יפעלו בקו ישר הנפילה על איזה עצם מוצק תחתיהם, אז יהיה כמות כח דחיפתם שווה למשקל העמוד הנוזלי ששטח תושבתו הוא שטח הנוגע בין העצם המוצק והנוזלים, וכמות נבהן הוא כנובה הנפילה שנמצא בנקל על ידי ידיעות מהירות ההרקה אם נודע לנו ד"מ שהמהירות היא = 30 רגל, אז נודע שנובה הנפילה

צורה 285.



= 45 רגל (§ 230), ואם יהיה שטח תושבת העמוד המימי הרוחף על העצם המוצק = 4 רגל מרובעים ומשקל רגל מעוקב מים = 70 ליטרות, אז יהיה כמות הלחיצה $4 \times 15 = 70$ ליטרות = 4200 ליטרות.

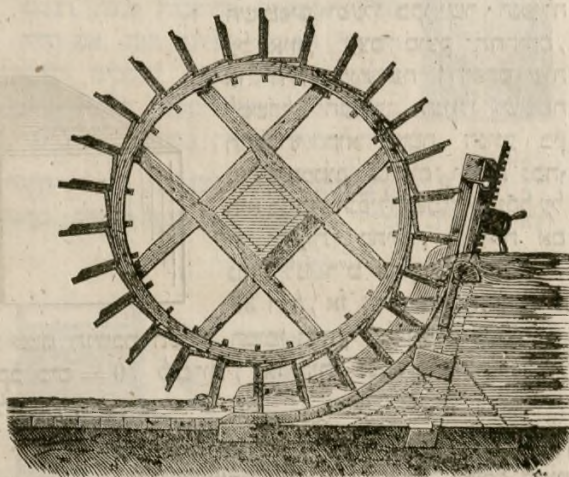
§ 332. כמות התנועה של המים. אם ירדו המים מבלי הפסק ממקום גבוה למקום שפל ממנו, אז נוכל להשתמש בכחם לתנועות המוכנות, וכמות משקל המים מוכפל על גובה מהירות נפילתם לזעקונדע הוא כמות התנועה אשר לאשר המים (מספרם) כמות התנועה של המים הנופלים יקרא בשם משקלו המעכאני (משכאניסטר וקומנס) כן ד"מ יהיה המשקל המעכאני אשר לאשר המים ששטח כריתותו הוא 40 רגל מרובעים ומהירות נפילתו היא 10 רגל לזעקונדע = 28000 ליטרות הרגל או כח 56 סוסים.

§ 333. אופני המים (מספרם קדסר), למען השיג תועלת מהמשקל המעכאני אשר לאשדות המים (מספרם קדסר) ישתמשו בעלי המעכאניק באופני המים, ר"ל: באופנים שהמים יפעלו על מקיפם בכח לחיצה או דחיפה, אופני המים יחלקו ביחוס תכונת קוטרם לשני מינים, והמה: אופנים זקופים המתנועעים על קושרים אופקים, ואופנים אופקים

(טובינסון) המתנועים על קוטרים וקופים, האופנים הוקפים יחלקו לשלשה מינים לפי ערך תכונת מקום פגישת המים, והמה: הנדחפים מלמעלה, הנדחפים בתוך, הנדחפים מתחת, (קבוצה מיטעל=לוגר חונסערטאן=בטיגס=וואסערקאדער).

§. 334. אופן המים הנדחף מתחת. הצורה 286 תורנו האופן הנדחף מתחת, ררתיו (טויפלין) יעמדו נצב על המקיף והתחתונים שבהם יגיעו בעוטף המים, מהירות תנועות האופן הזה תתערך לגובה האשר שמימי פועלים על ררתיו בתור כה דוחפי, העבודה היותר מעולה נשיג כשתהיה מהירות האופן כחצי מהירות הנפילה שהיה ממחר הגוף הנופל חפשי מגובה האשר 331 §, לכן תהיה פעולת האשר המימי על האופן שזה אך לחצי המשקל המעכאני של האשר 332 §, אולם באשר שחלק גדול מהכה ינוצח מכה התדבקות המים בדופני הצנור ומהתנגדות אחרות, לכן תשאר העבודה המועילה 325 § הפועלת על האופן הנדחף מתחת רק $\frac{3}{10}$ ממשקל המעכאני של האשר. באופן צורה 286.

הנדחף מתחת נשתמש במקום שכמות המים ירבה למאד וגובה האשר יקטן לעומתם, בימינו אלה השכילו חכמי המעכאניק לעשות את ררתיו האופן הזה עקומות ועלתה להם העבודה המועילה עד $\frac{3}{4}$ מכמות משקל המעכאני של האשר.



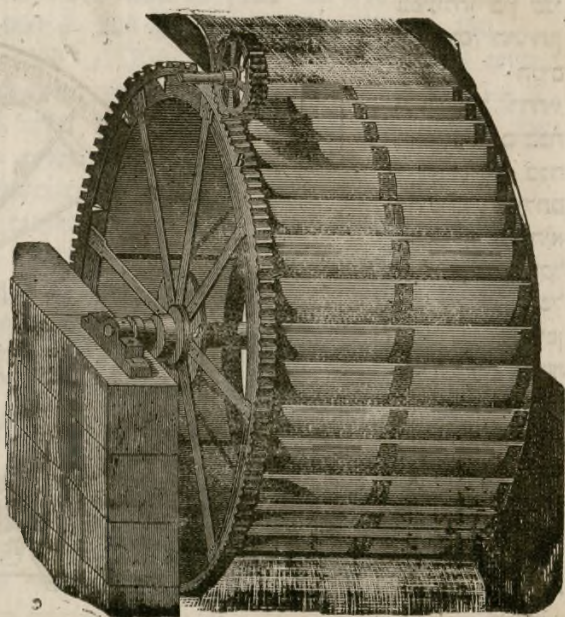
§. 335. אופן המים

הנדחף מלמעלה. הצורה 287 תורנו אופן הנדחף מלמעלה ובו נשתמש במקום שימטו מימי האשר ושיגדל גובה נפילתם כמו באשרות החרים, המים יפעלו פה על הרחתים במשקלם בתור כה לוחצי

ויבואו ממעל וימלאו במרוצתם את תאי (טאליס) האופן מצדו האחר ומנסבת עורף הכובד של צדו זה יתחיל האופן להתנועע מסביב לקוטרו וקרוב לתחתיתו ייפסו המים מהתאים החוצה, העבודה המועילה שלהאופן הזה היא $\frac{3}{4}$ ממשקל המעכאני העיוני, והוא: יען שהמים ישפכו מהתאים עוד בטרם שהשלימו מהצית תקופתם, ולכן כל שתגדל מהירות האופן בתקופתו כן תקטן הפעולה המועילה באשר שבמהירות גדולה ישפכו המים במהרה מהתאים, וכמות הפסד הפעולה המועילה יהיה אז יותר מרביעית המשקל המעכאני, במקומות שנשתמש במים מעטים נצרך לנו לדקק בחשבון לבלי הפסיד מהפעולה המועילה של המים, ההשבון והנסיון הורונו

שהפעולה היותר מועילה נשיג כשתהיה מהירות תקופה מהנקודות האמצעיות מהרחתים כחצי

צורה 287.



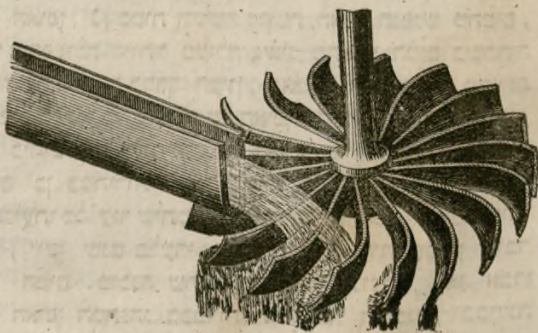
המהירות שהיה משיג המים אם היה נופל חפשי מגובה הצנור עד האופן, ד"מ: אם יהיה המרחק בין הצנור עד אמצע הרחתים התחתונים שלהאופן 8 רגל, אז תהיה מהירות הנפילה של המים 22 רגל, לכן מחציתה = 11 רגל, ואם יהיה אורך אלכסון האופן (אם נחשוב שהיקפו נתון באמצע רחתיו) = 14 רגל, אז יהיה אורך היקפו = 44 רגל, ולמען שתהיה מהירות נקודת אמצע הרחת = 11 רגל לזעקונדע, יוצרך להאופן להשלים תקופתו במשך 4 זעקונדען באשר כי $44 : 11 = 4$, ואם יושלים האופן תקופתו במשך 3 או 5 זעקונדען, אז יהיה כמות עבודתו המועילה קטן מאשר אם יושלים את תקופתו במשך 4 זעקונדען, ולכן יראו בעלי

הרחים הנכונים להעריך את גובה אשרות מימיהם לפי המהירות הנרצה להם שתהיה לאופניהם.

§. 336. אופני המים

צורה 288.

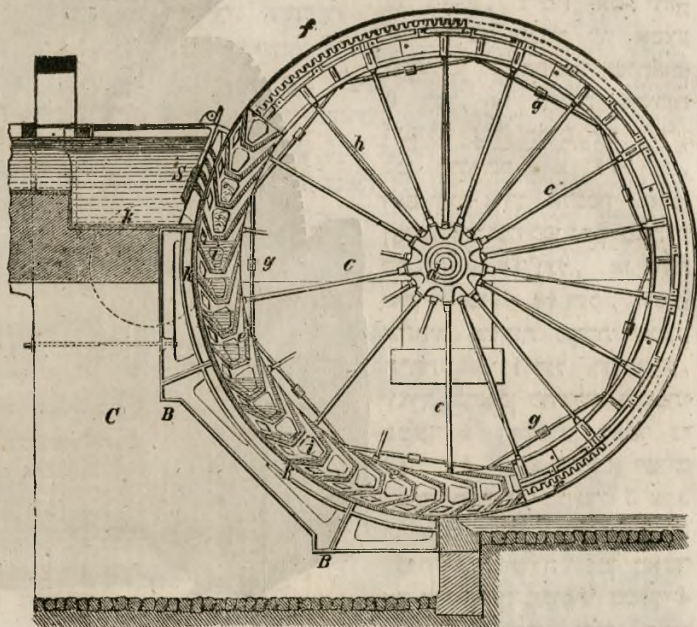
האופקים. באשרות המים הגבוהות למאד שלא יסכנו עוד לאופנים זקופים, ישתמשו חכמי המעבאניק באופנים אופקים צורה 288 הנקובים בשם טורבינן שיתפעלו בכח חזרת הלחיצה הרופנית (טורטניון דס וייטננדוקקס) של המים § 156 כמבואר בהאופן הזענערי צורה 141 צד 114. מיני הטורבינען שונים המה למאד בתבניתם, עבודתם המועילה היא



קטנה בכלל מבהאופנים הזקופים, הצורה 288 תורנו תבנית אחת ממיני הטורבינען.

337. §. אופן הנדחה בתוך. האופן הזה נראה בצורה 289, והוא ממוצע גם

צורה 289.



בתבניתו
בפעולתו בין שני
האופנים התחתון
והעליון, המים
יפעלו על רדתיו
האמצעים גם בכח
לחיצתם גם בכח
דחיפתם, פעולתם
המועילה היא
ערך $\frac{6}{10}$ ממשקל
המעכאני של
המים, בהאופן
(כד) הזה יעשה
צנור המים ארוך
מאד המכסה את
רביעית היקפו
כשתורנו הצורה.

338. §. דרכי

חשבון פעולת

אופני המים.

למען מצוא חשבון

לפעולת אופן המים, נבחר בהאופן (כד) המתפעל מהמים בדרך היותר פשוט, והוא: אופן רחי
האניה (סימטריהוכד) צורה 290 המתנועע בכח מרוצת שטף הנהר ויסודות החשבון הזה המה
שלשה: (א) מהירות השטף. (ב) מהירות האופן. (ג) כמות השטח מקשת האופן הנפגש מהמים,
והנה כבר הגדנו § 335 שהנסיין הורנו שהפעולה היותר מעולה נשיג מהאופן המים כשתחיה
מהירותו שזה לחצי מהירות המים, ופה נבאר זאת בדרך העיון, ונאמר: אם תשווה מהירות
המים והאופן כי עתה לא היה בכח המים לפעול כל מאומה על האופן רק להתמירו בתנועתו,
יען שכח המים ביחוס להאופן הוא כיחוס כח הדחיפה של ראובן הרץ במהירות 5 רגל
ואשר ידחף את שמעון הרץ לפניו גם כן במהירות 5 רגל; שכל פעולת ראובן על שמעון
היא רק שלא יוכל שמעון להפסיק בתנועתו כל עוד שיתמיד בה ראובן הדוחפו, אולם ראובן
לא יוסיף כל מהירות במרוצת שמעון, יען שגם בלעדי דחיפת ראובן היה שמעון עובר
כמהירות ראובן, אם נחבר לאופן המים מוכנה שתתנועע בכח תנועתו, או יאבדו
המים ממהירותם מעט בפגשם ברחתי. האופן המתנהג בכבדות תחת נטל המוכנה, ובבחינה
הזאת תדמה פעולת המים על האופן (כד) כפעולת ראובן הרץ במהירות 5 רגל והדוחף
לפניו את שמעון שגם הוא עבר לפניו במהירות 5 רגל ורק מהרעו שהעמיסו על שכמם

לשאת משא כבד לא יוכל שמעון לרוץ רק במהירות 3 רגל, והנה הפעם יתפשט כח ראובן על שמעון מלבד להתמירו בתנועתו גם להגדיל מהירותו, והוא: אם נחשוב את משקל ראובן 150 ושל שמעון עם משאו 200 ליטרות, או יהיה כמות תנועת ראובן $150 \times 5 = 750$ ושל שמעון $200 \times 3 = 600$, ולכן כמות מהירותם שתשתוו בשניהם אחרי הדחיפה (§ 299) הוא $(600 \pm 750) : (200 \pm 150) = \frac{1350}{350} = 27/7 = 3 \frac{6}{7}$ רגל, נמשך מזה ששמעון הרויח בדחיפת ראובן $6/7$ רגל במהירותו. ומעתה נשוב להמים והאופן ונניח שמהירות המים = 8 רגל ומהירות האופן = 4 רגל ושטחי

הרחתים הנטבילים = 30 רגל מרובעים, לכן כמות המים הנפגשים בהאופן בזעקונדע אחת = $30 \times 8 = 240$

רגל מעוקבים, ובאשר שמשקל רגל מעוקב הוא

70 ליטרות רוסיות, לכן משקל המים בזעקונדע =

$240 \times 70 = 16800$ ליטרות, ובאשר שהמהירות

האחרונה מגוף הנופל חפשי במשך זעקונדע אחת היא

32 רגל רוסית, לכן תהיה מהירות שטף מי הנהר

במשלנו כרביעית מהירותם שהיתה להם אלו נפלו חפשי

ממרומים משך 1 זעקונדע, לכן לא נוכל להשוב לכת

עבודתם רק $\frac{1}{4} \times 16800 = 4200$ ליטרות, והנה

לו פגשו המים האלה בקיר מוצק כי עתה פעלו עליו

בכל כחם, אולם באשר שהאופן הנפגש מהם יתנועע גם הוא במהירות 4 רגל לזעקונדע

לכן יפעלו המים על האופן רק ביתרון מהירותם שהיא במשלנו כחצי מהירותם הכללית,

ולכן תהיה גם פעולתם על האופן רק כחצי הפעולה שהיו פועלים על קיר מוצק, והוא

$\frac{4200}{2} = 2100$ ליטרות הרגל, ר"ל: פעולה שבכחה היא להרים משא 2100 ליטרות ברום

רגל, אמנם באשר שפעולת המים פה היא רק להניע משא האופן על קוטרו ולא להנביה

אותו, ר"ל: להעביר רק משאו ממקום למקום מבלי להתנגד אל כובדו (וען שכובדו יקשא

מהעמודים שצירי קוטרו נשענים עליהם), והנה לפי (§ 36) נודע שמשא הגופים הוא

כהמנה היוצאת מחלוקת המשקל על התנגדות הכובד בזעקונדע אחת שהיא 30 רגל פאריזי

או 32 רגל רוסית, ומזה יוצא לנו פה שכמות המשא האצור בגוף שמשקלו הוא 1 ליטרא

ישווה רק אל $\frac{1}{32}$ ליטרא רוסית ומזה גם שבכח ליטרא אחת הנופלת זעקונדע אחת נוכל

להניע משא 32 ליטרות (מבלי להתנגד לכובדם), ובאשר שלחיצת המים על רחתי האופן

היא לפי החשבון המבואר למעלה שווה למשקל 4200 ליטרות, לכן היה בכחם להניע

משא הסובב על קוטרו שמשקלו הוא $4200 \times 32 = 134400$ ליטרות במהירות רגל

אחת, ומעתה נחשוב את ההתנגדות שיתנגד האופן להמים הנפגשים בו, והוא: באשר

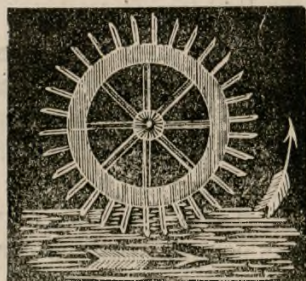
שמהירותו היא 4 רגל = $\frac{1}{8}$ ממהירות הנפילה בזעקונדע הראשונה, לכן יהיה כח ההתנגדותו $\frac{1}{8}$

$\times 134400 = 16800$ ליטרות, ובאשר שחצי המים יעברו חפשי בתנועת האופן מבלי אשר

יתנגד להם האופן מאומה, לכן ישאר כמות התנגדות האופן רק $\frac{1}{2} \times 16800 = 8400$ ליטרות הרגל.

מהמבואר מראש הסימן עד הנה נוכל להרוץ המשפט הזה לחשבון פעולת המים על האופן,

צורה 290.



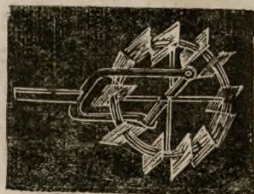
והוא: שיעור העבודה המעכאנית ע, נמצא אם נגרע את מהירות האופן מ מהירות המים מ, ואת היתרון (מ — ס), נכפיל בהמכפלה היוצאת משתי המהירות (מ × ס), ואת המכפלה היוצאת, ר"ל: (מ — ס) × (מ × ס), נכפיל בהמכפלה היוצאת משטח האופן הנפגש מהמים שנבנהו ש על משקל 1 רגל מעוקב מים שהוא במדה ובמשקל רוסיא 70 ליטרות בקרוב, ואת המכפלה האחרונה היוצאת מכפילת כל המספרים האלה נחלק על המספר 32 שהוא שיעור התגברות הכובד במדת ארץ רוסיא, ויוצא לנו מהמשפט הזה התמונה האלגעברית ע = (מ — ס) × (מ × ס) × (ש × 70) : ג. במשלנו תתהפך התמונה הכללית לפרטית והוא ע = [8 × 4 × 8 × 4 × 30 × 70] : 32 = $\frac{268800}{32}$ = 8400 ליטרות הרגל במדה ובמשקל ארץ רוסיא = $16\frac{4}{5}$ כח סוסים, אולם אם תהיה מהירות האופן 5 או 3 רגל, אז תהיה באופן הראשון ע = [(8 — 5) × (8 × 5) × (30 × 70)] : 32 = $\frac{252000}{32}$ = 7875 ליטרות, ובאופן השני ע = [(8 — 3) × (8 × 30 × 30 × 70)] : 32 = $\frac{252000}{32}$ = 7875 ליטרות, נמשך מזה כי בשתי המהירות שהאחת תגדל עם 1 מחצי מהירות האופן והשנית תקטן עם 1 מחצי מהירותו יהיה מחיר הפעולה שוה ופחות 525 ל"ד מכפי שהיה אם היתה מהירות האופן כחצי מהירות המים, ואם ימחר האופן 6 או 2 רגל יהיה גם אז ע שוה בשניהם, והוא: = 6300, פה הפסדנו כבר 2100 ליטרות הרגל במחיר ע, אם נעשה מהירות האופן 7 או 1 רגל, אז יהיה מחיר ע = 5250 ליטרות, ואם מהירות האופן 0 או 8, אז תהיה כל עבודתו אין ואפס, באשר כי בהיותה 0 תהיה היר (8 × 0 = 0) ובהיותה 8 תהיה היר (8 — 8) = 0 ובכל מכפלה שהיך האחת ממנה היא 0 יהיה מחירה גם כן 0, דבר הלמד מענינו שכשם שנפסיד בהגדלת המהירות מהאופן כן נפסיד גם בהקטנת מהירותו, ואם יהיה כמות ההגדלה מהמהירות של האופן על מחצית מהירות המים שוה לכמות הקטנת מהירות האופן ממחצית מהירות המים, אז יהיה גם כמות הפסד הפעולה שוה בהן, כל שנתבאר לנו פה באופן רחי האניה יתאמת גם בכל יתר אופני המים.

§. 339. העבודה המועילה מאופני המים. בכמות העבודה שיוצא לנו לפי חשבונות הסימן העבר חשבנו את העבודה הכללית § 325 שיוכלו המים לפעול מבלי לחשוב מאומה כל התנגדות ממפסירי התנועה, אמנם העבודה המועילה תקטן באופן התלוי חפשי במים הרבה יותר, והוא רק $\frac{3}{10}$ מהכח המעכאני שלהמים הנפגשים ברחתו, ומלבד זאת יפסיד גם החיכוך הסדני אשר לסדן האופן שיעור גדול מכחו, והוא: ההתחככות הסדני שבין סדני ברזל חרוש המתחככים במושבבות (ספאנקט) ברזל ציזוק הוא $\frac{1}{15}$ ממשקל האופן ואם נחשוב משקל האופן 26000 ליטרות ומספר תקופותיו למינוטע 5 רגל ואלכסון הסדן $\frac{1}{2}$ רגל אז יהיה כמות החיכוך = $26000 \times \frac{1}{15} = 1733\frac{1}{3}$, ובאשר שההתנגדות הזאת תצרך לעבור בכל מינוטע $5 \times \frac{314}{100} \times \frac{1}{2} = \frac{1570}{200} = 7\frac{17}{20}$ רגל, לכן יהיה כמות התנגדות החיכוך למינוטע = $2000 \times \frac{1570}{200} = 15700$ ליטרות הרגל, ולכן לזעקונדע = $\frac{15700}{60} = 261\frac{2}{3}$ ליטרות הרגל או יותר מחצי כח הסוס.

§. 340. מהירות המים השוטפים. מהירות המים השוטפים בנהרות ותעלות

וצנורות לא תשוה על פני כל עמקן, והוא: על פני המים היא בתכלית גדלה ועל קרקע הנהרות היא בתכלית קטנה, או במלות שונות: מהירות המים השוטפים תתמעט ותלך ברבות העומק, מהירות שטף הנהרות תמדר על ידי מהירות תנועת הגופים השטים בהן, לתכלית הזאת ישימו כדורי זכוכית נבובים האוצרים בקרבם מעט כסף חי למען שלא יתגלגלו בשוטם, אם ישוב הכדור ד"מ 16 רגל במשך 4 זעקונדען, אז נודע לנו שמהירות שטף פני המים היא $\frac{16}{4} = 4$ רגל, גם תמדר מהירות על פני תנועת אופן קטן בעל כנפים צורה 291.

צורה 291.



פרק ששה עשר

חכמת תנועת האוירים (אירודינאמיק Aerodynamik)

341. סבת תנועת הגופים האויריים. מסבת הכח המפזר של האוירים לא נוכל לתאר בהם נפילה ממעלה למטה או ממדרון כמו בהמוצקים והנוזלים, ולכן לא נמצא בהם תנועת הנפילה בקו ישר או משטח נטוי, האוירים יתנועעו אך אז כאשר יהיו שני גופים אויריים שכחם המפזר ישיגה בהם מחוברים זה לזה, אז יתנועע האויר שכתו המפזר הוא חזק להאויר שכת המפזר יקטן בו, ד"מ: אם נדיק את האויר בבקבוק ונפתח את המנופה או ימהר האויר החיצון לבוא בתוך הבקבוק, ואם נעבה את האויר בבקבוק ונפתח את המנופה או יתפרץ האויר העב שבהבקבוק לצאת החוצה. — כמות המהירות שיתנועע בה האויר העב אל הדק יתערך להבדל מדרגת מעבם, אם קיר מוצק יבדיל בין שני מיני אוירים השונים במדרגת מעבם או ילחץ האויר העב על הקיר המבדיל ככה המתערך להבדל מעבם, ואם ימצא פתח בתקיר, אז יתפרץ האויר העב לצאת מתדרו ולבוא בחדר האויר הדק. ובטרם שנבאר חוקי התנועה הזאת, נבאר בהסימנים הבאים את היסוד המאריאטי § 189, ואת שיעור הגדלת כמות המקום שלהאויר בסבת הוספת החום ועור סגולות מיוחדות שלהגופים האויריים.

342. כמות הגדלת מקום האוירים בסבת החום. אם יעצרו האוירים מלהתפשט בסבת קיר מבדיל, או ילחצו על הקיר ככה המתערך למדרגת מעבם, ולאחרות המרה למדידת כח הלחיצה הזה, בחרו חכמי הטבע ככה המפזר של אויר הנשימה שהוא ערך 15 ליטרות לכל אצבע מרובעת, וקראו לכמות הלחיצה הזאת בשם אטמוספאָרע, ואם נאמר, ד"מ: שהקוטר ילחץ ככה 5 אטמוספאָרען, אז יהיה כח דחיקתו $5 \times 15 = 75$ ליטרות לכל אצבע מרובעת. על ידי החום יתגדל כח המפזר של האוירים

בכמות מקומם בשיעור $\frac{1}{275}$ לכל מעלה ממעלות החום, ר"ל: אם היה כמותו בחום מן $273 = 0^{\circ}$ אצבעות מעוקבות אז יהיה כמותו מקומו אחרי שנחמם אותו $1^{\circ} = 274$ אצבעות מעוקבות.

§. 343. הקמת מקום האוריים בסבת לחיצות מעכאניות. אם האויר לא נשתנה במדרגת חומו אך נשתנה במעכו (דיסטנציה) על ידי כח מעכאני הלוחץ עליו, אז תתערך מכילת האויר בערך מהופך לכמות הכח הלוחץ, ד"מ: מכילת האויר הנלחץ בכח 100 ליטרות תשוה להצי מכילת האויר הנלחץ בכח 50 ליטרות, או בכלל כמספר הפעמים שתתגדל הלחיצה במספר הזה תקטן מכילת האויר, ולהיפך כמספר הפעמים שתקטן מכילת האויר במספר הזה יגדל הכח המפזר שלו, ואם נסמן עם **מ** את כמותי המקומות, ועם **ל** את כמותי כחות המפזרים שלהם, אז יהיה ערך **מ** אל **ל** כערך **ם** אל **ל**, ולכן $\frac{ל}{ם} = \frac{ל}{ם}$ (ל:מ), המשפט הזה הוא המהולל בשם יסוד המאריאטי שנתבאר לנו § 189, אמנם אם נשתנה האויר גם בכח לחיצתו גם במדרגת חומו, אז נצרך להביא בחשבון כמות מכילתו, גם את שיעור הלחיצה גם את שיעור המעלות שנשתנה במדרגת חומו, ד"מ: אם יש לנו כמות אויר מחום 14° שמכילתו היא אחרי שנלחץ בכח 2 אטמאספאָרען $5 =$ רגל מעוקבים, ונחקור על כמות מכילתו שיהיה להאויר כאשר נלחץ אותו בכח 15 אטמאספאָרען ונחמם אותו עד 120° , אז נמצא את מכילת האויר כאשר נביא בחשבון גם את ההגדלה הנולדת על ידי הוספת 106 מעלות החום, וגם את ההקטנה הנולדת בהוספת לחיצה מעכאנית של 13 אטמאספאָרען, ואחרי חשבונות ארוכים (אשר יתבארו בספרנו חוקות שמים וארץ) נמצא את מכילת האויר רק $\frac{9}{10}$ רגל מעוקב, באופן הזה נמצא חשבון גם לפעולת הקיסור הנסגר בכלים סגורים כמו שנבאר בספרנו החום והאור.

§. 344. האוריים והקיסורים. האוריים יתחלקו ביחס החוק המאריאטי לשני מינים: יש שישמרו את החוק המאריאטי גם בדרתם מעלות רבות אחרות במדרגת חומם וגם בהתלחצותם מכחות חוקים למאד, ולכן יקראו **אוריים מתמידים** (פערמאננט גזים), ויש מהם שישמרו את החוק המאריאטי רק בלחיצות בלתי חזקות ובמדרגות חום גבוהות, אולם בדרתם מעלות רבות אחרות בחומם, או בהתלחצם בכחות חזקים למאד יתהפכו לנוזלים, ולכן יקראו **אוריים נכבשים** (לויגבילט גזים), את החזיון הזה מהתהפכות האוריים לנוזלים על ידי כחות הלחיצה או מגרעת החום נראה בהקיסורים (דיסטנציה), אמנם גם מיני אוריים שונים יתהפכו לנוזלים על ידי מגרעת החום בהמה בשיעור גדול, הכלאר, האמאניאק, וחומץ הפחמי, יתהפכו לנוזלים על ידי קור גדול מלאכותי, אולם עוד לא צלחה להכמי הטבע להפוך את האויר הנשימה ואת יסוד החמוצי לנוזלים, אם כי שצלחה להם כבר להוליד קור מלאכותי מן 90° ולחיצה מן 4000 אטמאספאָרען.

§. 345. מהירת תנועת האוריים. כבר נתבאר לנו בדברנו מחקי החי § 250, שבערך הפעולה אין כל הבדל אם הכח המניע הוא הכובד שלהארץ או שהוא איוה כח אחר שביכולתו להוליד תנועה שתשוה במדתה לתנועת הנפילה, וכל גוף שיתנועע במהירות 120 רגל לזעקונדע ישוה בכחו לגוף השוה לו במשקלו שנפל מגובה 240 רגל, שמהירותו

היא גם כן 120 רגל לפי § 251, ולכן לא יבצר מאתנו לחשוב גם את תנועת הגופים האוויריים שיתנועע האויר העב אל הדק כאלו נולדה התנועה מהתלחצות אויר במשקל שני עמודי נוזלים השונים בגבהם, והוא אם יהיה גובה עמוד הכסף חי שבהבארצמטער הנתון בתוך המקום שהורק בו האויר = 0 אצבע, וגובה העמוד בהאויר הנשימה החפשי 28 אצבעות, והנה לפי § 186 נודע לנו שלחיצת עמוד של כסף חי גובה 28 אצבעות היא כלחיצת עמוד מימי שנבחו הוא 32 רגל, והנה לו היתה מדרגת מעבה האויר כמדרגת מעבה המים, אז היה מתנועע האויר הנשימה (לפי חוקי תנועות הנוזלים § 329) אל מקום שהורק שמה האויר במהירות $\sqrt{32} \times 30 \times 2 = \sqrt{1920} = 44$ רגל בקרוב, אמנם באשר שהאויר הנשימה הוא דק יותר מהנוזלים 770 פעמים, לכן נצרך עמוד אויר הנשימה מגובה 24640 רגל $= (770 \times 32)$ להחזיק בשווי המשקל את עמוד הכסף חי מגובה 28 אצבעות, ולכן יוצא לנו למהירות תנועת האויר הנשימה למקום הריק על ידי התמונה הזאת $\sqrt{24640 \times 30 \times 2} = \sqrt{1478400} = 1216$ רגל בקרוב, אם נסמן בכלל למדרגת המעבה מגוף אוירי עם ϵ ולגובה העמוד המימי שיחזיק בשווי משקלו את הכה המפור שלהגוף האוירי נסמן δ , ואת גובה העמוד האוירי שיחזיק בשווי משקלו את העמוד המימי נסמן ζ , אז נמצא את חשבון מהירות התנועה מהאויר העב להדק, כאשר נחשוב את מדרגת מעבה האויר על ידי המערכה הזאת $\zeta : \delta = 1 : \epsilon$, ר"ל: ערך גובה העמוד האוירי אל גובה העמוד המימי כערך מדרגת מעבה המים למול מדרגת מעבה האויר, לכן $\zeta = \delta : \epsilon$, ר"ל: גובה עמוד האוירי ישוה להמנה היוצאת מחלוקת גובה העמוד המימי על מספר מדרגת המעבה מהגוף האוירי, ולכן תהיה מהירות הרקת הגוף האוירי $\sqrt{2} \times \delta : \epsilon$.

§ 346. משפטי מהירות התנועה. מהמבואר בהסימן העבר נוכל להוציא את

המשפטים האלה.

מהירות תנועת האויר ממקומו למקום הפנוי מהאויר לא תשתנה גם בהשתנות הכה המפור שלו, יען שבערך הזה שיתקמן הכה המפור בהאויר כן תתקמן בו גם מדרגת מעבי ϵ וגובה העמוד המימי הלוחץ עליו δ , ולכן המהירות היוצאת לנו לתנועת אויר הנשימה במקום הפנוי מהאויר בהיות כה המפור שלהאויר בשיעור עמוד כסף חי מגובה 28 אצבעות יצדק גם באויר הנשימה שעל ראש ההר הגבוה 17050 רגל שגובה עמוד הכסף חי שיחזיק אותו בשווי משקלו הוא אך 14 אצבעות, באשר שאז תהיה מדרגת מעבה האויר ϵ אך $\frac{1}{1540}$ ממעבה המים, ולכן יהיה גובה ζ מהעמוד האוירי הזה $\zeta = 1540 \times 16$ רגל, יען שעמוד כסף חי מן 14 אצבעות יחזיק בשווי המשקל עמוד מים מן 16 רגל, והנה $16 \times 1540 = 24640 = 32 \times 770$, או בכלל כשיתחלק השיעור δ יתחלק גם השיעור ϵ , ולכן לא תשתנה המנה יען שגם החולק גם המחולק נחלקו בשיעור אחד ובאשר שהשיעורים δ ו- ϵ , ימצאו בהתמונה האלגעברית $\sqrt{2} \times \delta : \epsilon$ (ד: ϵ) § 345 בתור חולק ומחולק (ד: ϵ), לכן לא ישתנה גם $\sqrt{2} \times \delta : \epsilon$ שימצא בתור שרש (מנה) בהתמונה הזאת.

ב. אוירים ממינים שונים המשתנים זה מזה במדרגת מעבם והשוים זה לזה בכחם המפור יתערכו זה לזה במהירותם בערך מהופך לשרשי מרובעי מעבם, ד"מ: מעבה אויר יסוד החמוצי הוא 16 פעמים גדול ממעבה אויר יסוד המימי, לכן תגדל מהירות היסוד המימי 4 פעמים ממהירות יסוד החמוצי אם ילחצו שניהם לצאת בכח אחד.

ג. הנסיון הורנו שהתיכוך בדופני הפתח נקמין את שיעור המהירות מעט או הרבה, ולכן יתאמת לנו פה אשר כבר נתאמת לנו בהרקות הנזולים דרך נקבי הכלים, והוא: שההרקה האמתית תקטן תמיד מהעיונית, עיין § 329.

§. 347. סבת הולדת הרוחות ותנועת העשן. אחרי דעתנו כל אלה נקל יהיה לנו להבין סבת הולדת הרוחות והסופות בהאוויר החפשי שיתבאר לנו בספרנו אותות השמים ברחבה וסבת משיכת האוויר בארובות עשן של התנורים בעת שיוסקו, וכן גם סבת משיכת האוויר הקר דרך ברקי החלונות והפתחים בתחדרים החמים, אם יהיה חום האמצעי בקרב הארובה 100° וחום האוויר מכחוז 0° וגובה הארובות עשן 80 רגל נמצא אחרי השבונות ארוכים מהירות העשן 42 רגל.

§. 348. המפוחים (גמבוקים). המפוח

צורה 292.

צורה 292, הוא ידוע לכל בתמונתו, ותועלתו להגדיל מדורת האש, בתושבת המפוח תמצא דלת מתנועת מהחוז אל הפנים ובהתרחב המפוח יודק האוויר פנימה והאוויר הנשימה יתפרץ לבוא לתוך המפוח וידחק על הדלת מכחוז שתפתח או פנימה, ובהלחץ דפנות המפוח או יתעבה האוויר בקרבו וידחק על הדלת מבפנים ויסגור אותה והאוויר הנלחץ יתפרץ לצאת דרך



השפופרת הצרה הקרובה להמדורה והאש תנופה על ידה.

§. 349. חשבון מהירות וכמות האוויר הנלחץ מפי המפוח. אם נסמן

עם ד לגובה העמוד המימי שיחזיק בשווי משקלו את אויר הנשימה בהיות מדרגת מעבו $\frac{1}{770}$ מהמים, ואם יהיה גובה העמוד המימי שיחזיק בשווי המשקל את האוויר הלחוז $\frac{1}{770}$ ד' ל' ולכן יהיה מעבו (ד' ל' ד'): $(770 \times \text{ד}') = 2 \times \sqrt{V} \times \text{ג} \times \text{ד} \times \text{ד}'$ והנה מהירות ההרקה $\text{ג} \times \text{ד} \times \text{ד}'$ לכן יוצא לנו פה $\text{ג} \times \text{ד} \times \text{ד}' = 770 \times \text{ד} \times \text{ד}'$ ד"מ: אם נלחץ האוויר בהמפוח עד שיוכל לשאת עמוד מים מגובה 64 רגל, ר"ל: פי שנים כהאוויר החפשי או תהיה מהירותו בצאתו מפי המפוח $\sqrt{V} = \frac{739200}{64} = 860$ רגל בקרוב לזעקונדע, והוא גדול כעשר פעמים ממהירות הסופה, ואחרי שנודעה לנו מהירות תנועת האוויר מפי המפוח נוכל למצוא גם את כמות האוויר שיוצק ממנו בזמן קצוב, על ידי כפילת המהירות עם שטח פי המפוח ועם מספר הזעקונדען, ד"מ: אם יהיה שטח פי המפוח 1 אצבע מרובעת, אז יהיה כמות האוויר היוצא ממנו במשך 1 מינוט $860 \times 1 \times 60 =$

51600 אצבעות מעוקבות = $\frac{51600}{1728} = 29 \frac{6}{7}$ רגל מעוקבות לפי § 21.

350. § מפסידי תנועת האוירים. כל השיעורים שיצאו לנו בהפרק הזה עד הנה, המה אמתיים על דרך העיון, אולם בפועל יפתח מהשיעורים האלה ערך $\frac{1}{3}$ מנסבת מפסירי התנועה, ערך התכווצות ניצוק האויר היוצא מנקבי הכלים הוא משתנה מאד בערך כח המפזר שלהם. אולם גם האוירים יורקו מהר כאשר נחבר לנקבי ההרקה שפופרת הולכת ומתרחבת באופן שאלכסון החיצון מהשפופרת יגדל כפלים מהאלכסון שבתוך הנקב, ואורך השפופרת יהיה מעשר פעמים גדול מהאלכסון החיצון. מנסבת בלתי העברת הלחיצה בפעם אחת בהאוירים כאשר תעבור בהנוזלים, יתערך כמות האויר היוצא מקנים ארוכים בערך מהופך לשרשי מדת ארכם, ר"ל: קנים המתערכים זה לזה בארכם כערך $49 : 36 : 25 : 16 : 9 : 4 : 1$ יתערכו בכמות האויר היוצא מהם כערך $\frac{1}{7} : \frac{1}{6} : \frac{1}{5} : \frac{1}{4} : \frac{1}{3} : \frac{1}{2} : 1$.

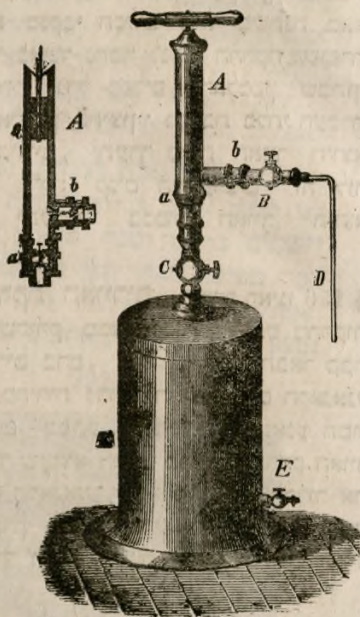
351. § פעולה החוזרת הנולדת בסבת הרקת האוירים. כאשר ראינו § 156 שמנסבת הרקת המים תולד פעולה חוזרת על הכלי שהורק ממנו, כן תולד גם מהרקות האויר פעולה חוזרת כאשר יצאו מהכלים שהיו סגורים בהם, ועל ידי זה תבאר סבת עלית הראקטעטן למעלה בהתפרץ האויר לצאת מהם במהירות גדולה החוצה, גם הקאנאנע תסוג אחור מעט אחרי שהורק ממנה האויר המחומם בפתע פתאום. הקאנאנע תסוג לאחור ברגע שיעזוב הכדור את השביל יען שכל עור שימצא הכדור בהשביל ירחק האויר פנים ואחור גם על הכדור וגם על הדופן המנגד לפתח הקאנאנע, אולם בעזוב הכדור את השביל תשאר הלחיצה כהרף עין רק על דופן האחרון לבד ותאלץ את הקאנאנע להסוג אחור, כמות הנסיגה יתערך בערך מרובעי המהירות ובערך ישר לכמות משא האויר המתנועע בועקונדע אחת למול השטח הנדחף.

352. § תועלת תנועת האוירים בהמעכאניק. המהירות הגדולה שיוגרש בה החותם המתנועע בתוך השפופרת המחבר מקום המלא באויר עם המקום שנתרוקן ממנו האויר, העירה את לבב חכמי המעכאניק לתקן מסלות ברזל שעגולות תתנועענה עליהן בכח האויר הנלחץ, אמנם בטרם שנבאר את מעשה המסלות והעגולות ופעולתן נבאר לראשונה את כלי מעבה האויר (קאמפסיונסטור).

353. § כלי מעבה האויר. כאשר נוכל להדיק את האויר הדקות רצופות פעמים רבות במקום סגור, כן נוכל לעבות (פמדיכטן) את האויר על ידי הבאת האויר פעמים רבות ורצופות במקום סגור, הצורות 293; 294 תורונו תבנית ופעולות הכלים המעבים את האויר, והוא: A הוא גוף הכלי המעבה, C הוא עלי (קולבן) עולה ויורד בתוך A, ובין העלי ובין דופני A לא יוכל האויר לעבור, B C הנה שתי ברזות מנוקבות שבתועלתן הנה מנגדות, והוא: פעם לחבר פעם להפריד האויר שבכלי מהאויר החפשי, מלפני הכרזות בהמקומות a b קבועות שתי דלתות (מסטיילס) המתוקנות באופן הזה שבעלות העלי ממש למעלה תסגר הדלת a ותפתח b, וברדתו תפתח a ותסגר b, בעת עלית

נתיבות ברזל האוירים

וירידת העלי תהיינה הברזות C B פתוחות, והנה בעלות העלי למעלה יבוא האויר דרך הקנה b לתוך הכלי A, וברדת העלי יסגיר את הדלת b והאויר יעצר מצאת החוצה אך ירחק לבוא דרך a לתוך השפופרת K, והנה נקל להבין שבעלות ורדת העלי פעמים רבות יתוסף האויר בהשפופרת K וכל שיתוסף האויר בכמותו מבלי שיתגדל מקומו כן תרבה מדרגת המעבה בו (§ 62), מהכלי K נוכל להוציא את האויר דרך הברזא המנוקבת E ולעבור בו בתור כח מניע או לוחצי. על מוסדות פעולות האויר שנתעבה נוסרו המצאות רבות, כמו: קנה מורה האוירי (אויסטיסקט), נתיבות הברזל האוירים (טרהוסקסטיקט מיוסנבההנטן) ושלות החבילות האוירי (סנולוויטטיס פאקסנבסטיקדטונג) כאשר נבאר בהסימנים הבאים.



§. 354. קנה מורה האוירי (אויסטיסקט).

צורה 295.



אם נחבר לכלי מעבה האויר שביד היריה של קנה המורה בעוד שנתן להכלי המעבה תמונה נאותה לזה, אז נוכל להשליך כדורי עופרת מהשביל בכח ספוגיות האויר הנלחץ בו, ובאשר שנוכל לאסוף ולכנסם וללחוץ בהמאסף R (כשיסיימנו) צורה 295 אויר

הרבה, והאויר הזה לא יוכל לצאת דרך הנקב הצר של הברזא בפעם אחת, לכן נוכל בקנה כזה לירות כדורים רבים בזה אחר זה, ובה יתר שאת לקנה מורה האוירי על קנה מורה של אבק מורה, הצורה 295 תורגו תבנית קנה מורה האוירי בתמונתו היותר פשוטה.

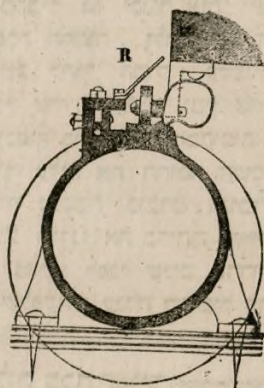
§. 355. נתיבות הברזל האוירים (טרהוסקסטיקט מיוסנבההנטן). אם

נצייר לנו את שביד קנה היריה גדול ורחב למאד ובערכו יגדל גם המאסף, אז נוכל לתאר לנו שבמקום הכדורים הנזרקים בהשביל נוכל להניע בו גם עגלות מעונות המחוברות להעלי הנלחץ בכח ספוגיות האויר. בקנים גדולים כאלה רצה להשתמש זה כחמשים שנה החכם מערהורשט לשלוח אגרות

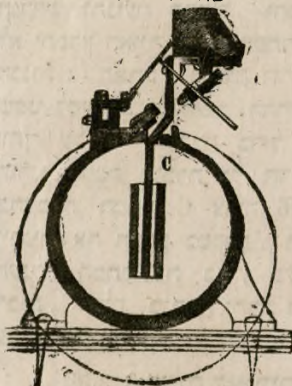
וחבילות ממקום למקום בכח דחיקת האויר, אמנם אנשי דורו לענו עליו ועל תחבולותיו ולכן לא יצאה מחשבתו לאור עולם, ואך אחרי מציאת עגלת הקישור כאשר ראו כל עמי הארץ שרב כח החכמה ודורשיה לעשות גדולות לא שערון אבותיהם לא ערכו עור את לבכם להלעיב בהחכם באלאנשע שאמר גם הוא להשתמש בהאויר הנלחץ

בתור כח מניע, אמנם הוא הפך את סדר הפעולה, והוא : מעדהורשט

צורה 297.

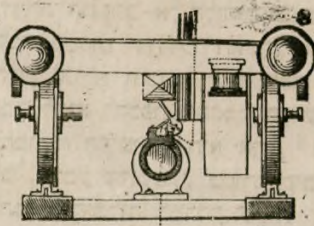


צורה 298.

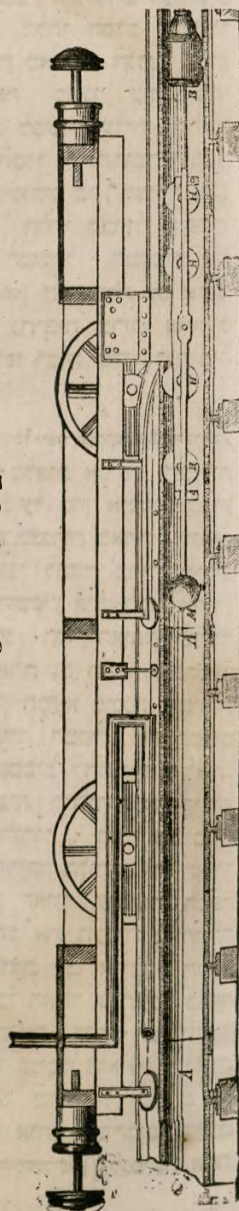


חפץ לרחוק את העלי מאחוריו בכח האויר שנתעבה, למען ידחק העגלות לפניו, ובאלאנשע אמר להדריק את האויר מלפני העלי והעלי ימשיך וימשוך העגלות אחריו כאשר יקשבו המים לתוך פניו אם נמצוין את האויר מהקנה הטבול במים בקצהו האחר. לפי עצת מעדהורשט ובאלאנשע היו העגלות מתנועות בכפה סגורה (סוכסל), אולם גם משניהם הגדיל לעשות החכם האמריקאני פנחס (Pinkus) בהחליפו את הכפה הסגורה בשפופרת שרחבה רק שלש רגל ואשר על פני כל ארכה למעלה ימצא סדק שרחבו $1\frac{1}{4}$ אינכע, העלי ידחק בכח האויר הלחוצ, ומוט ברזל המחובר להעלי יעלה דרך הריץ השפופרת ויאהז בהעגלות ויסיע אותן בתנועת העלי שבתוך השפופרת, את תבנית המסלה עם העגלה תורנו הצורה 296, בהנתיבות שיצאו לפעולות אדם בזמנינו היה רוחב השפופרת A, $1\frac{1}{2}$ רגל ובתוך השפופרת יתנועע העלי B, הצורה 297 תורנו

צורה 299.



הסדק מכוסה לארכו בדלתים, שזעבם הוא כעובי המטיל,



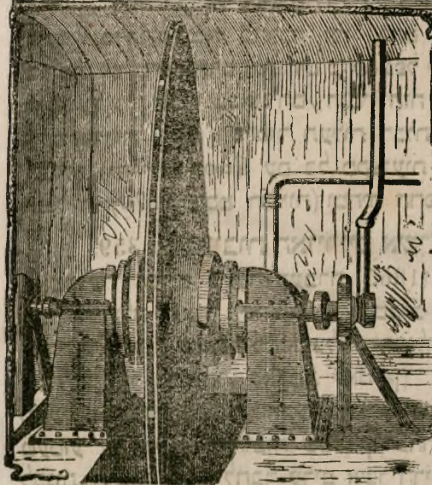
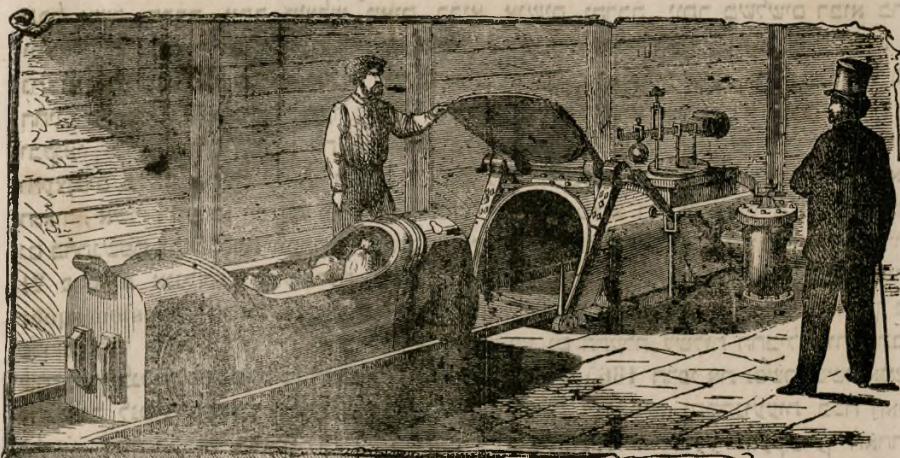
רבים שחמרם הוא ספוגי והדלתים הספוגים יכוסו במתכות לרחבם, הגלגלים הנלחצים ללכת למקום שהדוק האויר יפתחו בזה אחר זה אחד אחד את דלתי הסדק בשיעור הנדרש לתנועת המטיל, והמשקל המקביל M יסגור אותן שנית מאחורי הגלגל למען לא יתפרץ האויר לצאת מפתחי השפופרת ההוצה, ולתכלית הזאת כוננו עוד שתי הכנות: האחת, לדחוק הדלתות היטב לתוך הסדק; והשנית, למשוך עליהן בחומר שמני למען יסתמו היטב החריצים שבין צדי הדלתות ובין צדי הסדק, והחומר השמני יותך על ידי העברת ברזל מחומם וכפוף כקשת על המקומות המשווים בו, הצורה 298 תורנו הקשת עוברת על הדלת להתיך עליה את החומר השמן, דלתי הברזל שיפתחו בהעברת המטיל C צורה 296, יפלו מנסבת כוברה וכובד המשקל המקביל M ויסגירו את הסדק כמקדם. הצורה 299 תורנו את כריתת (קומפסטיט) השפופרת עם אופני העגלה המתנועעת בה, בענגלאנר נתקנו לפני שנים אחדות נתיבות ברזל אויריים רבות, אולם מנסבת יתרון הבטחון שלפעולת עגלת הקיטור החליפו רבות מהנה לנתיבות עגלת הקיטור.

§ 356. שלוח האגרות והחבילות בכח האויר (פנסמולומטיסם בריטף-לונד סקסקטכטפסקדטוכנג).

הצורה 300 תורנו מוכנה נפלאה אשר בעזרתה תשלחנה עגלות מלאות אגרות וחבילות במרחק 1800 רגל בזמן 8 עד 10 זעקונדען, וזה מעשה המוכנה: על סדן אופקי, קבוע לגל גדול, והוא המוכנה המניעה את העגלות והפועלת שתי פעולות מנגדות כאחת, והוא: (א) תדיק, (ב) תעבה את האויר, הגלגל הזה הוא מורכב משני לוחות ברזל עגולים אשר קו 63 רגל יסוב אותם והמה נבובים (המלי) ומקבילות בצרם השקוע איש למול אחיו; שני הלוחות המה בלתי צמודים אך מרוחקים זה מזה כרוחב האצבע, הסדן האופקי שהמה קבועים עליו הוא חלל, האויר שבתוך חללו יתחבר על ידי ברזא אחת עם האויר שבהכפה ועל ידי ברזא שנית עם האויר החפשי הסובב להסדן, על יד הסדן תמצא מוכנה קיטורית קטנה שתניע בכחה את הסדן עם הלוחות במהירות גדולה והאויר הממלא את המקום הפנימי הנסגר בין הלוחות יזדק מבין הלוחות בכח התנופה § 256 מסביב להלוחות והלאה, הלוחות יסתרו בבית סגור ומסוגר, לכן ילחץ האויר הנזרק מבינות להלוחות אל קירות הבית, והאויר שבבית יתעבה כל עוד שהגדל מהירות תנועת הלוחות, והנה אם בעת תנועת הלוחות תהיה פתוחה הברזא שבין חלל הסדן והכפה, אז יריקו הלוחות את האויר מהכפה ויובילוהו דרך הסדן הנבוב לתוך בית המוכנה ואז ידוק האויר שבתוך הכפה והעגלה תתקרב אל הלוחות מנסבת האויר (שלא הזדק עוד) הדוחק את העגלה מאחוריה ללכת במקום שהדוק האויר, אולם אם תהיה בעת תנועת הלוחות הברזא שבין הכפה והסדן סגורה והברזא שבין הסדן ובין האויר החפשי פתוחה, אז יוכל האויר שנתעבה בתוך הבית לברזא להכפה, והוא ילחץ על העגלות לרוץ ארח מהלוחות והלאה, רוחב הצילינדר מהמוכנה הקיטורית הוא אך $1\frac{1}{4}$ רגל וכח דחיקת הקיטור על העלי פנימה הוא 40 ליטרות לכל אצבע מרובעת, כמות הקיטור שתוליד המוכנה הוא גדול יותר מהשיעור הנדרש לה לתנועת העגלות במרחק 1800 רגל, יען שהמוכנה הוכנה להניע אותן במרחקים גדולים הרבה מאלו, ובכל זאת לא יעלה מחיר החומרים הנוערים (בסנקטמטריטוס) לנסיעה אחת

כי אם לערך 2 זילבערגראשען אויף 6 קאפייקען כספ, בפארני תעשינה כעת הכנות גדולות

צורה 300.



לשלוש אגרות וחבילות מכל קצות העיר אל מרכזו, גם בארצות אשכנז נתקנו כבר הכנות כאלה.

§. 357. תבנית התעלה לשלוח

המכתבים והחבילות פנימה. בתוך התעלות תמצאנה שפופרות של ברזל שבה ישתרעו שני מטילים (פיטטן) ותבנית העגלות היא כתבנית חלל השפופרת, הדרך המשתרעת בתוך השפופרת היא נטויה למול האופק עד $1/80$, ר"ל: גבהה יתלקט בה אחד מתוך שמונים, וגם תתעקס לימין ולשמאל בארחות נלוות עד שקו עקמיטיותו יתאר במקום אחר קשת מעיגול שאלכסונו הוא 220 רגל, מהירות התנועה היא $16 \frac{1}{2}$ פרסה לשעה, גם קו מעלעגראפי יחבר

את שתי קצות התעלה למען יוכלו להודיע רגעי הנסיעה מהקצה אל הקצה.

§. 358. נסיעת האדם בעגלה המתנועעת בכח התלחצות האויר. כל הידוע

מרבית התעלות הנלוות ועקלקלות העוברות כמעשה רשת במעמקי הערים הגדולות והשפופרות לבלי ספורות שבהנה, אלה להוביל המים לבתי וחצרות העיר, ואלה להרחיק

מי מרמנה (קלאַקען) מהמחראות, ואלה להוביל את האויר-המאור להאיר הוצות ובתי העיר, האיש ההוא יבין את העבודה הגדולה שעבדו בני העיר לאנדאן (הגדולה מכל ערי תבל אשר הרבה יותר משלש מאות רבוא אנשים והרבה יותר משלשים רבוא בתים ימצאו בה) לחפור עוד תעלות רחבות ועמוקות למסלת עגלת האויר (§ 356), אמנם אם נתבונן על מעשה האדם או נמצא שמלבד שהיא קנאת איש מרעהו אך גם יקנא בכל החיים על פני הארץ מקטנם ועד גדלם, בקנאו בנשרים המציא את המגדל הפורה § 210, ובקנאו ברנת הים המציא את פעמון הטובלים § 360, אמנם לא אך בהחיים הגדולים והעצומים בלבד הניעה קנאת האדם כי אם גם בהקטנים והחלושים שבהם קנא האדם הנאור, אשר רוחו לא ישקש ונפשו לא תנוח אם לא ימצא חדשות לבקרים, האדם קנא גם בהתנשמת והתפרפרת ויכרה לו מהלכים בעומק האדמה כמוהם. בנתיבת ברזל ארוכה 2½ פרסאות אנגליות, המשתרעת בעומק האדמה בין האַלֶבֶרְן ובין אייֶשטֶאן שקווער Holborn, Euston squer, עמוק עמוק מתחת להתעלות הרבות המשרכות דרכן בלי סדרים לכל פנות ומקצועות העיר לאנדאן, תשתרע גם התעלה לשלוח החבילות והמכתבים שנתבארו לנו מעשיה בהסימן העבר, ובשנה העברה היא 1865 חרפו את נפשם ששה אנשים לראשונה לנסוע במעמקים בהעגלות המעונות חבילות ומכתבים והמתנועעות בכח האויר הלהוץ, מאה רבבות אנשים חכו על מוצאות ומובאות התעלה הזאת, הועקודען האחרים אשר עברה העגלה בדרכה היו להם לשנים, ולשמחת לבב כל הקהל יצאו האנשים בריאים ושלמים פְּשִׁים ושמחים כי לא נפל משערת ראשם ארצה, רק בהרגע הראשון סבלו דחיקה חזקה על עור התוף שבאזניהם, הנסיון הזה העיר את לבב יושבי לאנדאן ורבים מעשירי העם עשו אנדרות (מקִיטִין) לחפור תעלות רבות כאלה ולסול בהנה נתיבות ברזל לחבר את הבי דוהר הכללי (גמנכאלֶססעטס) עם כל מקצועות העיר, אורך הנתיבות האלה הוא 3½ פרסאות אנגליות (70 וויערסט רוסיות) ומחיר החפירה עם המוכנות יעלה עד 10 מיליאן רובל כסף.

§ 359. נתיבות האויריים אשר הוחלו להבנות ואשר יושלמו בקרוב. ההכנס ראֶממלער השלים בשנה העברה (1865) נתיב רחב מתחת לארץ בלאנדאן להסיע גם אדם רב, התעלה הזאת היא מרוצפה מסביב בלבנים, גבהה 10 ורחבה 9 רגל, והמוכנה המניעה אותה היא גלגל התנופה כמו בשלוח החבילות והיא עולה על האַקאָאָטיווען הרכים (המתנועעים בכח הקיטור מתחת לאדמת לאנדאן) במהירותה, וגם בזה שהנוסעים לא יסבלו כל נגע מהעשן והקיטור, כעת נעשו בענגלאנד אנדרות (אקציען קאמפאניען) לסול נתיב ברזל מתחת לנהר טעמוע לחבר את הרחובות שמצפון הנהר עם הרחובות שבדרומו, גם בשווייץ יתלו בקרוב לבנות נתיבות כאלה לחבר ערים אשר הרים רמים יפרידו ביניהן, אולם המוכנה המניעה היא האויר הנלחץ במשקל 500000 ליטרות מים האצורים בקנים מיוחדים לזה, המים יוכלו להתרוסס ולהשפל בקנים זקופים בכח מוכנות קיטוריות ובכח מכבש הנוזלים § 153, ובוה יעבו או יריקו את האויר מלפני או מאחורי העגלות, ובאשר שמורד הנתיבות יתלקט שמה חמשה עשר מתוך מאה, לכן יוצרך לעבות את האויר מאחורי העגלות בעלותן למעלה ולעבות האויר לפנין בדרתן משה, ולתכלית הזאת ילחצו בכח המים 3000 מעטער מעוקבים אויר בהתעלה.

§ 360. פעמון הטובלים (טויכמכנולאָקקע). כאשר השכיל האדם לעוף במרומים בעזרת

האוויר הדק, כן השכיל גם לרדת תהומות על ידי האוויר הנלחץ, והוא: כבר נתבאר לנו § 25 שמשכבת סגולה בלתי חידור החומרים לא יוכלו המים לעלות בהצלחות ההפוכה בקערה מלאה מים צורה 301, אך תמיד ישאר בהצלחות מקום פנוי מהמים שנלחץ שמה האוויר, על יסודות הסגולה הזאת הכין לראשונה החכם האנגלי (ערמונד האללי Halli) את פעמון הטובלים וירד בה בליות ארבעה אנשים בעמק הים ששים רגל, גג הפעמון יעשה מזכוכית לבנה עבה וחזקה למען יראה אור גם בנבכי ים, מסביב לקירות הפעמון מבפנים תעשינה כסאות שעליהן ישבו הטובלים, ובאשר ששיעור לחיצת אויר הנשימה על הפעמון בהיות,

צורה 301.



עוד מעל פני המים הוא = 15 ליטרות לאצבע מרובעת שתשווה למשקל עמוד מים מגובה 32 רגל, לכן דעת לנבון נקל שבעומק 32 רגל ילחץ האוויר הנסגר בתוך הפעמון לחיצה כפולה או בשיעור 30 ליטרות לאצבע, ובעומק 64 רגל ילחץ בשיעור 45 ליטרות לכל אצבע מרובעת, הטובלים מרגישים את הלחיצה הזאת בראשית ירידתם עד כי יתפרץ הדם לצאת מנקבי אוזניהם ונחיריהם, יען שהאוויר המלא בהפעמון הסובב אותם הוא עב יותר מהאוויר הממלא את גופם, אולם על ידי הנשימה ישאפו גם הם בהפעמון אויר עב ויריקו מקרבם את האוויר הדק ואז יחזיקו האווירים שבגופם ואשר סביבותם זה את זה בשווי המשקל, והטובלים לא ירגישו עוד כל מכאוב, על ידי אויר נלחץ שיקבלו כפעם בפעם בנארות נפוחים, ואשר יפתחו

מהטובלים מתחת להפעמון יוגרשו כלה המים מאת הפעמון, והטובלים יעמדו בחרבה בתהומות ימים. האוויר הבוקע דרך המים מהזכוכית יאיר להטובלים עד שיוכלו לקרוא אגרת מתחת להפעמון, האללי והאנשים אשר אתו התממהו בהפעמון על קרקע הים תשעים מינוטען, בימינו אלה נשלמה מלאכת פעמוני הטובלים עד להפליא. על ידי קנים ארוכים משרף (גווייךהסן) המחוברים לכלי מעבה האוויר שעל האניה, ישיגו הטובלים כפעם בפעם אויר חדש, וגם יגרשו על ידם את המים מתוך הפעמון, ועל ידי הכאה בפטיש בדופני הפעמון יודיעו הטובלים כונתם לאנשי האניה אחרי שישכימו ביניהם על מספר ההכאות וזמני ההפסק בין הכאה להכאה, אולם אם יוצרך להטובלים לדבר דברים רבים או יכתבו בעט עופרת על לוחות עץ דקים וידחפו אותם מתחת לור הפעמון אשר זמאת קלותם יצופו מהר כבדק על פני המים ומשם יאספו אותם המלחים, גם אנשי האניה ישלחו אליהם מכתבים כתובים על לוחות עץ הקשורים אל משקלי עופרת, ואשר בעזרת טבעות המחבורות להם ירדו לאורך החבל הקשור מראש התורן עד קצה הפעמון מתחת, לדעתי יוכלו לכוון גם שתי מוכנות טעלעגראפיות: האחת על האניה, והשנית בתוך הפעמון, ואז הלא יוכלו לדבר ביניהם ככל אות נפשם, בטרם שהוכנו ההכנות האלה בפעמון הטובלים, היתה סכנה גדולה לרדת בתוך הפעמון, בקרבת העיר דובלין באירלנד נחנק הטובל שפאלדינג בשנת 1783, תועלת פעמון הטובלים רבה מאד לצידת הפנינים.

הערה: חכם יאלי, יצא לאור האחד רחוק עם השעורה בחזקת פתח-החיים חוצצא 11

§. 361. מודד התלחצות האויר (מאנומטר Manometer). רבות ושונות הנה

צורה 302.



התחבולות המהפכות שהמציאו חכמי הטבע למדור על ידן את כמות הכח הלוחצי של האויר המלוחץ או של הקיטור, ופה נסתפק לבאר אך הכנה אחת לתכלית הזאת והוא צורה 302, מוסדת הכנתה היא כהכנת הבארמטער המתכוני §. 188, גם בה תמצא טבעת חלולה ואך בזה תכלר מהטבעת שבהבארמטער שהוא פתוחה בקצה האחד והאויר המלוחץ או הקיטור יבואו בקרבה דרך ברזא מנוקבת (הסתי), פעולת הכלי הזה היא משתנה מפעולת הבארמטער המתכוני, יען שבהבארמטער דוחק האויר מבחוץ, וכל עוד שנתגדל מעבה האויר נתקרבו קצות הטבעת זה לזה, ופה ילחץ האויר או הקיטור בקרב הטבעת פנימה ובהתגבר הלחיצה יתרחקו קצות הטבעת זה מזה, אמנם בהתכנות המניעות את המורה (לייגס) ישתנו זה לזה, המורה יורה על לוח הציונים (לייגסבולט) את כמות הלחיצה, באופן שבשיעמוד המורה על הציון 1, יורה על לחיצה בכח 1 אטמאספאָרע ועל 2, שני אטמאספאָרע, ההכנה הזאת היא נכבדת למאד במוכנות הקיטוריות כמו שיתבאר בספרנו החום והאור.

פרק שבעה עשר

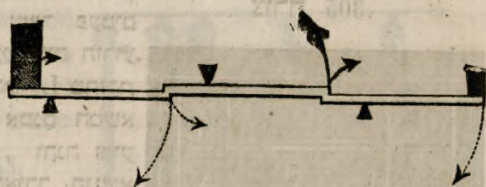
חכמת המוכנות (מאשינלעהרס Maschinenlehre)

§. 362. הרכבת הנושאים להגדיל הפעולה. אם נחפץ להרים בעזרת הנושא הפשוט אלף ליטרות בכח ליטרא אחת, או יצטרך להיות בהנושא הזה לפי §. 119, ערך זרוע המשא לזרוע הכח כערך משקל הכח למשקל המשא, ולכן אם נעשה זרוע המשא באורך אצבע אחת או נצטרך להאריך זרוע הכח אלף אצבעות = 12 קלאסמטר בקרוב, מוט אריך כזה מברזל לא יצלח לכל מלאכה: (6) מפאת כובד משקלו שנצרך להיות עב מאד לכל ישבר מפאת ארכו הרב, (3) מפאת המקום הגדול הנצרך לו עד שגם הבית היותר גדול לא יכילנו, לכן נשתמש בנושאים מורכבים או כאשר יכנונו בפי חכמי המעכאניק בשם שיטת נושאים (הטכניסטיקס).

§. 363. ערך הכח להמשא בנושאים מורכבים. הצורה 303 תורנו שיטת הנושאים היותר פשוטה, והוא: נניח שמרת כל אחד מהנושאים האחרונים זה בזה היא 11 אצבעות ומרחק נקורת ההשענה מכל אחת מהנה הוא 1 אצבע, ולכן בכח 1 ליטרא

שנתן על הקצה הימני מהנושא הימני ירחק קצה הנושא השמאלי על קצה הימני מהנושא התיכון בכה עשר ליטרות, ובכח הדחיקה מעשר ליטרות שירחק הקצה הימני של הנושא התיכון, ירחק בקצהו השמאלי על קצה הימני מהנושא השמאלי בכח $10 \times 10 =$ מאה ליטרות, והדחיקה בת מאה ליטרות שיקבל הנושא השמאלי בקצהו הימני תהיה בשווי המשקל עם אלף ליטרות

צורה 303.



(או 100×10) שעל קצהו השמאלי, נמשך מזה שבהרכבה כזאת משנים עשר נושאים שמרת כל אחד היא 1 מעמער ומרחק נקודת משענתו מקצהו האחד הוא 1 צענטימטר היינו יכולים להחזיק במשקל 14 ליטרות את משא כל כדור הארץ ומלואו בשווי המשקל אלו לא חסרה לנו הנקודה המוצקה להעמיר המוכנה עליה וזאת ירע ארכימדרוס זה 2200 שנים.

§. 364. מאזני הדרך. בהנושא המורכב נשקול משאות כבדים במשקלים מעטים,

הצורה 304 תורנו את מאזני הדרך,

צורה 304.

(סטרכססנטולוגס) המתוקנים לשקול על ידם עגלות

מעונות, וכאשר תעבור העגלה על מאזני

הדרך יודע משקלה, והוא: באמצע הדרך

תמצא חפירה מרובעת, ובה קבועה שימת

הנושאים $A B C D E F G$ ועל ארבע

קצות הנושאים $D F, C F, B F, A F$

ימצאו יתדות ברזל a, b, c, d , על היתדות

האלה יוצג הגשר, ויען שרגליו $a b c d$ חלולות

הנה לכן לא יוח הגשר מעל היתדות, נקודות

ההשענה של ארבעה הנושאים הנה $a b c d$,

וארבעה הנושאים יתאחדו בהנקודה F עם הנושא

הארוך $E G$ שנקודת משענתו היא E , ואשר

מקצהו השמאלי יוצא ממיל ברזל המחובר למוט המאזנים התלוי מעל הגשר, ובהנתן משקל

בכף המאזנים נרע משקל העגלה העומדת על הגשר, והוא: באשר שכל ארבעת הנושאים

שהגשר נתון עליהם המה שווים בארכם ובמרחקי נקודות משענתם מנקודות אחותם בהנושא

$E G$, לכן נוכל לחשוב כאלו כל המשא רובץ רק על אחד מהם, נניח שהנושא האחד הוא

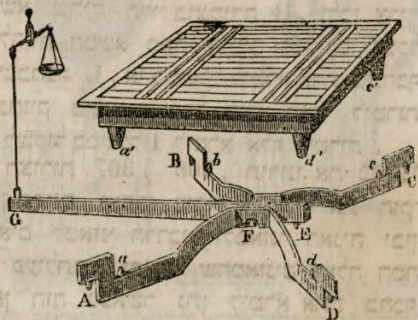
$A F$, והמרחק מן A עד F הוא עשר פעמים כמרחק A מן a , או יהיה בכח 1 ליטרא

הדוחקת את הנקודה A להחזיק בשווי המשקל משא עשר ליטרות העמוסים על הנקודה a ,

ובאשר שכל אורך הנושא $E G$ יגדל גם כן עשר פעמים מהמרחק שבין E נקודת משענתו

ובין F , לכן יוכפל המשא עוד עשרת מונים, לכן משקל 1 ליטרא הנתונה בכחף יכריע

מאה ליטרות הנתונות על הגשר,

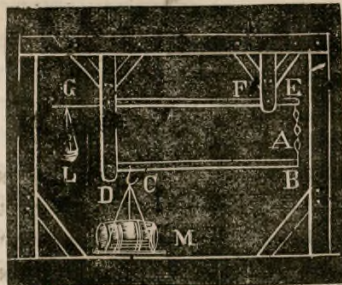


הרכבת הנושא בנושא

§. 365. מאזני האניה (סימולוגס). הצורה 305 תורנו מאזני האניה המורכבים

משני נושאים, האחד בעל שתי זרועות המחובר על ידי שלשלת ברזל עם הנושא בעל זרוע אחת שמתחתיו, נקורת התשענה מהנושא העליון היא F, והזרוע G F ארוכה בו עשר פעמים מהזרוע F E, והנה לו נתלה המשא על קצה הזרוע E, כי עתה היתה 1 ליטרא הנתונה בהכפ L מחזקת בשווי המשקל 10 ליטרות מהמשא, אמנם המשא לא נתלה בהנקודה E רק בהנקודה C, והנה זרוע המשא C D תקטן עשר פעמים מאורך הנושא B D, לכן ידהק המשא על B רק בשיעור $\frac{1}{10}$ מכובדו, ולמען יהיה המשא בשווי המשקל עם המשקל שבהכפ L צריכה להיות כבדה גם במשקלה עשר פעמים מכובד המשקל, ואם נרצה שהמשא M התלוי בהנקודה C יחזיק בשווי המשקל את המשקל L, או צריך להיות המשא התלוי בהנקודה C עשר פעמים כבד מהמשא שהיה תלוי בהנקודה B, ולכן צריך להיות המשא מאה פעמים כבד מהמשקל שבהכפ L, או במשקל ליטרא אחת שבהכפ נחזיק בשווי המשקל משא מאה ליטרות התלוי בהנקודה C ואם נחבר נושא שלישי נוכל לשקול במשקל 1 ליטרא אלף ליטרות.

§. 366. מאזני המעשר (דטנטולוגס). הצורות 306, 307, תורנו את מאזני המעשר ואופן תקונם, ואחרי שבארנו כבר את חוקי הרכבת הנושאים למאזני הדרכים ולמאזני האניה יבין המשכיל גם פעולתם, ובאשר שהמאזנים האלה המה מתוקנים באופן הזה שכאשר נתן ליטרא אחת בהכפ יחזיק בשווי המשקל עשר ליטרות הנתונות על הגשר, לכן יקראו בשם מאזני המעשר, ובלעדי הרכבת הנושא בנושא שנתבאר לנו פה, יורכב הנושא עם כל אחת מחמשת המוכנות הפשוטות, וכמעט אין מוכנה מורכבת שלא ימצא בה הנושא, מהרכבת הנושא עם השרויבע נתבאר לנו כבר § 137 בבוארנו לפעולת השרויבע להרים משאות ולכבוש העצמים במכבשי השרויבען ולמרוד את מרת העצמים הדקים מאד, עיין § 138 § 139.



צורה 306



צורה 307



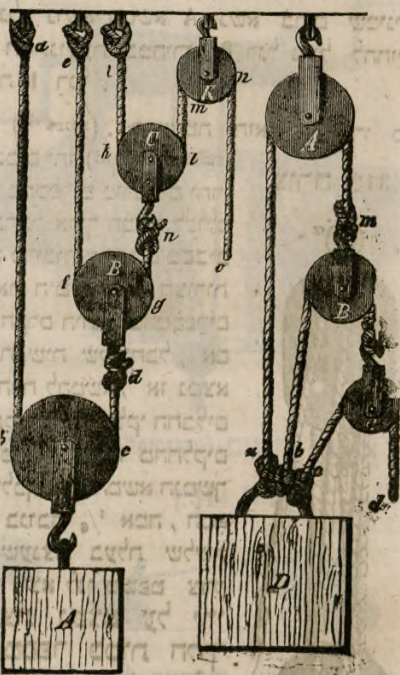
מורכבת שלא ימצא בה הנושא, מהרכבת הנושא עם השרויבע נתבאר לנו כבר § 137 בבוארנו לפעולת השרויבע להרים משאות ולכבוש העצמים במכבשי השרויבען ולמרוד את מרת העצמים הדקים מאד, עיין § 138 § 139.

367. § הרכבת הגלגל בגלגל. כל שנוסף להרכיב גלגלים קבועים וחוזרים לשיטה

אחת, כן יקטן הכב לעומת המשא. הגלגלים המורכבים חמה שנים למינים: **א** שיטת הגלגלים (פאלימסטרס), **ב** גלגלים מורכבים (פאלימסטרס); בהראשון יתקשרו הגלגלים על ידי חבלים רבים נפרדים צורות 308, 309, ובהשני ירוץ חבל אחד מסביב לכל הגלגלים צורות 311, 312.

צורה 308.

צורה 309.



368. § שיטת הגלגלים. הצורה 308 תורנו

שיטה מורכבת

צורה 310.

מארבע גלגלי

שלשה חוזרים

ואחד קבוע

והצורה 309

תורנו הרכבת

משלש גלגלי

שנים מהם

חוזרים ואחד

קבוע, כל

אחד מהגלגלים

החוזרים כמו



שהמח מסודרים ממטה למעלה ימעיטו איש איש מהם את הכב במחצית משקלו (הנצרך להחזיק את המשא בשווי המשקל), והנה כאשר ראינו § 134 בהגלגל החוזר האחד צורה 310

שהמעט את נושקל הכב במחציתו, כן יפחת פה גם הגלגל התחתון את משקל הכב במחציתו, וממחצית המשקל הנשאר הזה ימעיט הגלגל B שנית חצי משקלו וישאר אך רביעית המשקל, מרביעית המשקל הזאת ימעיט הגלגל C עוד חצי משקלו וישאר אך שמינית המשקל, ולכן יהיה בשיטת גלגלים הזאת ערך הכב להמשא כערך 1 : 8, ר"ל: בכב 1 ליטרא נוכל להחזיק בשווי המשקל משא 8 ליטרות. והנה דעת לנובן נקל שאם נוסיף עוד על השיטה הזאת גלגל חוזר רביעי, או נמעיט הגלגל הרביעי את כמות הכב הנצרך להגלגל החוזר השלישי גם כן במחציתו, ויהיה ערך הכב להמשא או, כערך 1 : 16, ובחמשה גלגלים כערך 1 : 32, ולכן נוכל לחרוץ משפט צדק בחוקי הרכבת הגלגלים, והוא: ערך הכב להמשא בשיטת הגלגלים ימצא על ידי חלוקת משקל המשא על כפילת המספר 2 בעצמותו כל כך פעמים כמספר הגלגלים החוזרים שבהשיטה או כ = מ : ז' אם נ יורנו על מספר הגלגלים החוזרים. המשפט הזה יתאמת גם כן על ידי ההתבוננות על מהירת המשא והכב, והוא: אם ננית שבהצורה 308 ירד הכב o במדת

1 אמה לארץ, או יתקצרו שני חלקי החבלים הנושאים הגלגל C גם כן במדת 1 אמה והגלגל C ינשא למעלה במדת חצי האמה, ושני חלקי החבלים הנושאים הגלגל B יתקצרו גם כן במדת חצי אמה, והגלגל B ינשא רביעית האמה, ושני חלקי החבלים הנושאים הגלגל התחתון יתקצרו ברביעית האמה והגלגל נושא המשא A ינשא ברום שמינית האמה, ולפי (§ 125) נודע שבכח 1 ליטרא המתנועעת במהירות 8 רגל נוכל להחזיק בשווי המשקל משא 8 ליטרות המתנועעת במהירות 1 רגל.

369. § גלגלים במספרים מורכבים (קובנא). בהשיטה הזאת יתקשרו כל

צורה 311



צורה 312



הגלגלים הקבועים במספרים המורכבים יחד (לוחות ונגמדות) וכל הגלגלים החוזרים גם כן במספרים מורכבים יחד, כל אחד מהגלגלים יקשר לרעהו בחבל ארוך המקיף לכולם והמחבר אותם לאחדים. את אופן כריכות החבלים מסביב להגלגלים וסידור הכורס נראה באר היטב בשתי הצורות 312, 311, המשא תלוי פה על הקרס היוצא מהמספרים התחתונים והכח יאחו בהקצה החפשית של החבל, אם נתבונן בהמיכנה הזאת על ערך הכח להמשא, או נמצא שברדת הכח 1 אמה למטה, יתקצרו כל חלקי החבלים יחד שבהשיטה גם כן במדת 1 אמה, וכל אחד מהחלקים האלה יתקצר אך בששית האמה, ולכן יעלה המשא הנמשך מששת החלקים יחד גם כן רק בנובה $\frac{1}{6}$ אמה, הכח להמשא יתערך לפי זה בהפלאשענצוג בעלת שלשה גלגלים תוזרים כערך 1:6, ולכן יוצא לנו משפט צדק את כמות הכח בהפלאשענצוג נמצא על ידי חלוקת משקל המשא על מספר כמות חלקי החבלים הנושאים אותו, וכמות המשא נמצא על ידי כפילת הכח עם מספר חלקי החבלים הנושאים את המשא, או כ = מ : נ אכלם = כ X נ אם נ יורה על מספר חלקי החבלים.

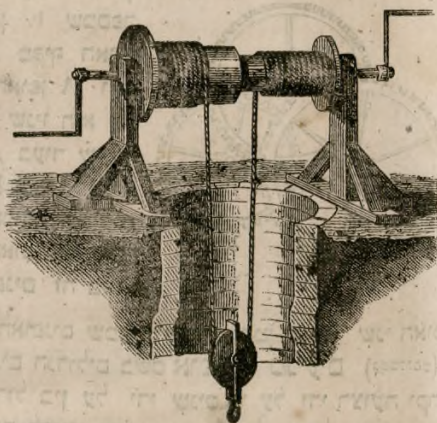
370. § הרכבת הגלגל עם האופן על סדנו.

הצורה 313 תורנו את אופן המושך החינעוי (חינעויסט)

והשמאלי נברלים בו בעבים, ובשני החלקים האלה קשור החבל בשני קצותיו באופן כזה שכאשר יכרך החבל על החלק השמאלי ירוץ החבל מקצה השני מעל החלק הימני, ולהיפך, בתוך החבל הכפוף יתלה גלגל חוזר, והנה אם נתלה משא על קרס הגלגל ונקיף את הסדן באופן שהחבל יכרך על החלק העב ממנו ויירד מעל החלק הרך, או יתרומם המשא בכל תקופה ותקופה בחצי יתרון עובי מקיף החלק העב על מקיף החלק הרך, ולכן יהיה בו ערך הכח להמשא כערך אורך מקיף כפיפת הסדן (קובנא) למחצית יתרון מקיפי הסדנים, ובאשר

שהמקיפים יתערכו בערך ישר לאלכסוניהם, לכן נוכל למצוא כמות הכח בהמוכנה הזאת על ידי חלוקת המכפלה מיתרון אלכסוני מקיפי הסדן עם המשא על שתי פעמים כאורך הקורבעל, ד"מ: אם יהיה אורך הקורבעל $= 36$ ועובי החלק העב $= 10$ והדק $= 9$ אצבעות ומשקל המשא 1080 ליטרות, או יהיה כמות הכח $= (9 - 10) \times 1080 : (2 \times 36) = 72 : 1080$ ליטרות, והאיש שבכחו לסבוב את הסדן בכח מאה ליטרות יוכל להגביה $72 \times 100 = 7200$ ליטרות משא התלוי בהגלגל.

צורה 313.



§ 371. מעשה האופנים (קדסכווסקס).

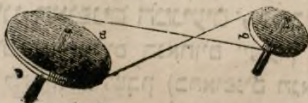
אופנים המתנועעים איש על ידי אחיו יקראו בשם מעשה האופנים (קדסכווסקס), והמה ארבעה למיניהם: (ה) אופני הרצועות (כיוסכקדס), (ב) אופני השרשרות (קסטסכקדס),

(ג) אופני השנים (לסכקדס), (ד) אופני החיכוך, באופני הרצועות תתקן תנועת האופן האחד על רעהו על ידי רצועה או תקוה בלי קץ

צורה 315.

(כיווסכ קדס סכוכ סכוכ סכוכ)

הכרוכה סביב סביב למקיפיהם, ההעתקה הזאת תהיה ישרה



צורה 314.



אם יתנועעו שני האופנים לרוח אחד צורה 314, או הפוכה אם יתנועעו לרוחות מנגדות צורה 315, ברצועות-בלי-קץ ישתמשו חכמי המעשה להעתקת התנועה בין אופנים הרחוקים זה מזה ואשר הכח הפועל עליהם הוא בלתי גדול.

§ 372. אופני השנים (לסכקדס). באופני השנים צורה 316 ישתמשו במקום

צורה 316.

שהאופנים הנאחזים מהם קרובים זה לזה בין שיתנועעו בכח גדול או קטן. שני אופנים A B אחד גדול ואחד קטן הנאחזים זה בזה בשניהם ישתוו זה לזה במהירות תנועות מקיפם (מוסכסכס-גסכווינדיקייט) אולם ישתנו במספר תקופותיהם, ערך מספר תקופותיהם לזמן ידוע הוא בערך מהופך לאורך אלכסונו, והוא: יען שרוחב השנים והחללים ישווה בשני האופנים, לכן אם יהיה לאופן הגדול A, (שמדת אלכסונו היא 4 רגל) 120 שנים או יהיה בהכרח לאופן הקטן האחוז בו (שמדת אלכסונו היא 1/2 רגל) אך 15 שנים, ולכן תאחזנה שני



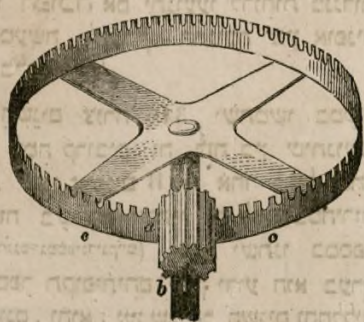
האופן B הקטן, בשני האופן A הגדול, 8 פעמים כתרם שיקפו אותו מסביב, או במלות שונות: בעוד שיקף האופן A פעם אחת השלים כבר האופן B שמונה תקופות, אם נחבר קצה השני מהסדר שהאופן B קבוע בקצהו הימני, עוד אופן E שמספר שני הוא גם כן 120 אז יהיה גם מהירות מקיף האופן E הגדול, שמונה פעמים ממהירות מקיף האופן A ואם תאחונה שני האופן E בשני האופן D שמספר שני הוא 30 או יקיף והאופן D, $32 = 4 \times 8$ תקופות, בעוד שיקף האופן A 1 תקופה, ולכן אם נפעל על סדרן האופן D בכך 1 ליטרא או נוכל להחזיק בשווי המשקל משא 32 ליטרות העמוסות על סדרן האופן A, והוא מבואר (לפי חוקי האופן על סדרו § 134), הצורה 317 תורנו אחיות ששה אופנים זה בזה.



צורה 317

373. § אופנים מניעים (גטטריבט). האופנים שמספר שניהם יקמן ממספר שני האופן שתאחזנה בו כמו בצורה 317 יקראו ביחס האופנים הגדולים בשם אופנים מניעים (גטטריבט), או בכלל: כל אופן קטן המחובר לאופן גדול בין על ידי שנים או על ידי רצועה יקרא אופן מניע, ועל שער סדניהם יפעל לרוב הכח להניע את האופן הגדול שעל סדרו יפעל המשא, לפי חוקי הנושא המורכב § 363 תהיה המכפלה הנולדת מכפילת כמות הכח עם כל אחת ממחצית אלכסוני האופנים הגדולים, שזה להמכפלה היוצאת מכפילת משקל המשא עם כל אחת ממחצית אלכסוני האופנים הקטנים, או במלות שונות: הכח יתערך להמשא בערך מכפלת אלכסוני האופנים המניעים, למכפלת אלכסוני האופנים הגדולים, ובאשר שמספר השנים מהאופנים הנאחזים יתערך גם בערך ישר לכמות אלכסונם (§ 372), לכן נוכל להביא בחשבון (בהאופנים הנאחזים) את מספר שניהם תחת מרת אלכסוניהם, ד"מ: אם יהיה מעשה האופנים מורכב משני אופנים מניעים א; ג, ומשני גדולים ב; ד, ומספר שני א = 6 ושל ב = 72 ושל ג = 8 ושל ד = 96, אז יהיה ערך הכח להמשא בהם בערך 8×96 אל 72 $\times 96$, או בערך 48 אל 6912, או בערך 1 אל 144, ר"ל: בכך ליטרא אחת שנפעל על האופן א נחזיק בשווי המשקל 144 ליטרות התלויות על האופן ד.

צורה 318



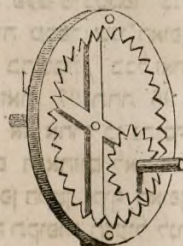
374. § ממיני אופנים השונים ותכניהם. האופן ששניו מסודרים במסגרתו בתכונת אלכסוני (סדריח) יקרא בשם אופן המסגרת (פטיינגרד), מהמין הזה יהיו כל האופנים שבצורה 317, והאופן ששניו המה מקבילים לסדרו כמו האופן a בצורה 318, יקרא בשם אופן הכתר (קלשנירד), האופן ששניו

תקועות בו כמו בהאופן בעל סדן הזקוף צורה 320 יקרא בשם אופן המסרק (קטוויכמד).

375. §. נמית תנועת האופנים הנאחזים בשניהם. כל

אחד משני אופנים הנאחזים בשניהם מברוץ כמו בצורה 318, יניעו איש את אחיו בתכונה מנגדת לתכונת תנועתם, ד"מ: אם בצורה 318 תהיה תכונת תנועת האופן המניע b, מהשמאל אל הימין, אז תהיה תנועת האופן a האחיו בו מהימין אל השמאל, ורק להיות שני האופן מבנים כמו בצורה 319, אז יתנועע האופן החיצון בתכונת התנועה של האופן המניע הפנימי.

צורה 319.



376. §.

אופני הקרנות.

האופנים יקוי התארכות (פסלוקנגענונג) סרניהם יתאחדו בנקודה אחת יקראו בשם אופני הקרנות (ווינקל-קאפסל) כמו בצורות 320, 321, שאם נאריך למטה את סדן האופן השוכב לצד הימין ואת סדן האופן הזקוף למטה, אז יפגשו הסרנים זה בזה. האופנים הקרניים יוכלו להתחבר גם לשיטות גדולות, הצורה 316 תורה לנו שיטה כזאת מורכבת מחמשה אופנים, והוא: האופן השוכב A הסובב מהשמאל אל הימין

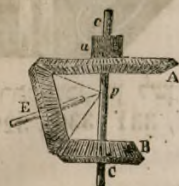
יקיף את האופן הזקוף B מלמעלה למטה, ובאשר כי גם האופן הזקוף הגדול E הוא קבוע על סדן האופן B, לכן יתנועע גם הוא בתכונת האופן B מלמעלה למטה ויניע את האופן השוכב העליון D מהימין אל השמאל ואת האופן התחתון C מהשמאל אל הימין.

377. §. אופן המניע שני אופנים כאחד. גם באופן המניע האחד נוכל להוליד

צורה 323.



צורה 322.



תנועה מנגדת בשני אופנים קבועים על סדן אחד כאשר תורנו הצורה 322, האופן A סובב בתכונה זקופה (הנטייה מהשמאל אל הימין) ממטה למעלה, ועל ידו יתנועע האופן השוכבי העליון A מהימין להשמאל והאופן התחתון B מהשמאל להימין, אמנם דעת לנבון נקל שחוקת חומר הסדן לא תתן להאופנים להתנועע לרוחות מנגדות, לכן יוקבע אחד מהאופנים על הסדן C עצמו בעוד

שהשני יוקבע על שפופרת a שתוכל להתנועע חפשי על הסדן C, לפעמים יחברו שלשה אופנים יחד כתבנית הצורה 323 מבלי כל רתך ביניהם, בהרכבה הזאת צריך להיות רוחב האופן האחד כרוחב שני האופנים יחד שיאחזו בו

378. §. ערכי מספרי השנים באופנים הנאחזים בשניהם. מהמבואר נודע לנו שלמען השיג על ידי אחיזת האופנים בשניהם מהירות הגדולה 8 פעמים בתנועת האופן האחד מאשר במשנהו, נצרך לנו לאחוז אופן א' שמספר שניו הוא שמונה פעמים במספר שני האופן ב' שיאחז בו, ולכן אם מספר השנים בהאופן ב' $12 = 8 \times 96$, והגם שההערכה הזאת היא ישרה ונקלה למצוא בהשבון, בכל זאת יעשו חכמי המעכאניק תמיד את מספר שני האופן הגדול בהמערכה הזאת 97 תחת 96, ר"ל: יאריכו את מקיף האופן במרחק שן אחת והאחיזה תהיה נכונה גם אז אחרי כי נתוסף גם אורך המקיף בשיעור השן הנוספת, אמנם ערך מהירות תנועת האופנים הנאחזים לא יהיה אז כערך 1 אל 8 אך כערך 12 אל 97, ובכל שמונה תקופות שיקיף האופן הקטן יקיף האופן הגדול תקופה חסרה שן אחת, ההשארה הזאת שתשאר שן אחת בכל שמונה תקופות תועיל לנו שלא תתקלקל השן האחת יותר מהנשארות אחרי כי בכל 97 תקופות שיקיף האופן הגדול תגע כל אחת משני האופן הגדול בכל שני הקטן, וכן גם כל אחת משני הקטן תגע בכל השנים מהאופן הגדול, ולו היה ערך השנים בשני האופנים 1 אל 8, כי עתה היתה כל שן משני האופן הקטן נוגעת אך בשמונה שנים קצובות משני האופן הגדול.

379. §. אופני השרשרות (קסטטמנג'דס). במרחקים גדולים ובכח מניע גדול תעקנה התנועות על ידי שרשרות ברזל אשר בלישת שני האופנים תאחזה בתוליות השרשרת צורה 324,

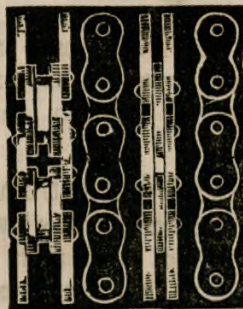
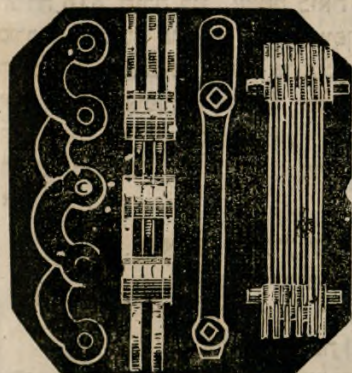
צורות

329 330 331 332

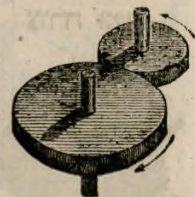
צורות

325 326 327 328

צורה 324



צורה 333



המרחק שבין חוליא לחוליא בהשרשרת ישוה להמרחק שבין שן לשן בשני האופנים, הצורות 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, תורנו תמונות שונות משרשרות כאלה.

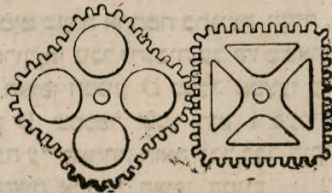
380. §. אופנים המניעים זה את זה מבלי כר אמצעי. גם מבלי כל אמצעי יוכלו להקיף שני אופנים איש את רעהו אם נלחצו זה לזה היטב כשתורנו הצורה 333 התנועה שתולר על ידם היא תנועה מסוררה למאר, ובכל זאת לא יסכו

האופנים האלה כי אם במוכנות העובדות פעולות קלות, יען שהעבודה הקשה תנצח את התנגדות החיכוך המסבבת תקופת האופן המתחכך בהאופן המניע, בהמוכנות שהאופנים האלה נמצאים בהן יכוסו האופנים במכסה עור להגדיל החיכוך ביניהם.

381. §. אופנים בלתי עגולים. האופנים הנאחזים יוכלו להיות גם בתמונה אחרת

וזלתי העיגולית, הצורה 334 תורנו אחיות אופנים מרובעים כפי שישתמשו בהנה בבתי מלאכת טוית חוטי המשי, אמנם גם מבלעדי התמונה המרובעת ישתמשו חכמי חרושת המעשה גם באופנים עליפזיים ובתמונות אחרות.

צורה 334



382. §. לוחות הסולמות (סטופמנטייבן). פעמים

רבות נצרך לשנות מהירות תנועת האופנים במוכנה אחת, לחכלית הזאת נשתמש לרוב בלוחות הסולמות (סטופמנטייבן) צורה 335, אם C D הוא סרן המניע ממוכנת

הקישור ונרצה להניע על ידו את הסרן A B פעם במהירות ופעם במתינות מבלי

לשנות את מהירות תנועת המוכנה הקישורית עצמה

או נקבע על הלוח C D לוחות עגולים אחדים זו

בצר זו, והלוח האחר יגדל מהלוח השני הקרוב

אליו, את הלוח הקטן נשים לשמאל ולימיני לוח

גדול ממנו ועוד לימיני לוח שלישי גדול גם מהשני

והרביעי גדול גם מהשלישי והחמישי מהרביעי, וגם

על הסרן A B נקבע סולם מלוחות כאלה אך

בסדר מהופך, ר"ל: הלוח הקטן יהיה פה לימין

והגדול ממנו לשמאל באופן שהלוח היותר גדול

שבהסרן האחר יהיה מכוון כנגד הלוח היותר קטן שבהסרן השני, והנה אם נרצה שתהיה

מהירות תנועת הסרן A B קטנה ממהירות הסרן C D, אז נשים את הרצועה בליקץ על

הלוח E הקטן שבהסרן C D ועל הלוח F הגדול שבהסרן A B, וכמספר הפעמים שיקטן

הלוח E מהלוח F כן תקטן מהירות A B ממהירות C D, ולהיפך אם נרצה שהסרן A B

ימהר בתנועתו מהסרן C D אז נשים את הרצועה על הלוח היותר גדול שלהסרן C D

ועל היותר קטן שלהסרן A B.

383. §. אופן החומט. במקום שנשתמש בכח משתנה ההולך הלוך וגדול או הלוך

וקטן במשך פעולתו, או נשתמש באופן החומט (פנסקטנלד) צורה 336,

הצורה הזאת תורנו את בית הנוצה A (פנסקטנלד) המחובר על

ידי השרשרת עם אופן החומט שבמורה השעות, ובאשר שכה

ספוגיות נוצת עשת הברזל יתקטן מרנע לרנע על ידי התפשטותה

במשך פעולתה, לכן השכילו חסמי המעכאניק לעשות האופן B

בתבנית סולמות, ובעת שתהיה הנוצה בעצם תקפה או תפעל על הסולם העליון שהוא לוח

צורה 336



היותר קטן וכל עוד שתחלש פעולת הנוצה תדר השרשרת מעלה אחת אחורנית לפעול על לוח יותר גדול, ולפי § 134 יהיה כמות העבודה שיפעל בה ממשקל 1 ליטרא באהזו בסדן מאלכסון 1 אצבע שזה לכמות העבודה שיפעל בה ממשקל $\frac{1}{2}$ ליטרא באהזו בסדן במדת 2 אצבעות.

384. §. אחיזת האופן במוט בעל השנים. כשם שיאחזו האופנים זה את זה בשניהם כן תאחזנה גם שני האופן בהמוט החרוץ, האופן והמוט נאחזים במוכנות רבות ופה נבאר רק מוכנת מגבהת העגלה (ווגנטווינדס, ויוסל) צורה 337, כאשר

תאחזנה שני האופן בשני המוט, או יניעו את המוט מעלה או מטה בתנועה ישרה, ואם נחבר אל האופן המניע-את-המוט נושא ארוך, או נוכל להגביה על ידו משאות כבדים בכח קטן, בהמגביה העגלה לא יפעל האופן המניע D מבלי אמצעי על מוט השנים רק יאחו לראשונה בשני אופן B שמספר שניו הוא 4 פעמים כמספר שני האופן הקטן ההאחו בהמוט, והנה ע"י האחיזה הזאת לבר כבר הוקל המשא 4 פעמים, ואם יהיה עוד אורך מחצית אלכסון האופן המניע $E = 2$ ואורך הקורבעל $E = 12$ אצבעות, אז יוכפל הכח עוד 6 פעמים, נמשך מזה שהכח יוכפל בהמוכנה הזאת לפי המספרים שקצבנו $4 \times 6 = 24$ פעמים והעגלון שיכול להגביה 300 ליטרות יגביה על ידו 7200 ליטרות.

385. §. אופן המפסיק והמחדש תנועת המוכנה לרגעים. פעמים רבות לא נצרך לנו לתנועה מתמדת רק המלאכה תדרוש מאתנו תנועה נפסקת ומתחדשת לפרקים ידועים. אמנם באשר שכבר הוא להשביט את תנועת המוכנה ולחדש אותה לרגעים, לכן השכילו חכמי המעכאניק להרכיב שני אופנים שבמקוף האחר נמצאות שנים על פני כולו ובמקוף האופן השני תהיה רק קשת אחת בעלת שנים כמו בצורה 338, ד"מ: אם נצרך לנו שבכל ששה רגעים תפעל המוכנה רק רגע אחד, והאופן המניע ישלים את תקופתו פעם אחת בכל ששה רגעים, אז נעשה בקשת האופן המניע 6 שנים האוחזות באופן אחר שמספר שניו הוא 36, והנה בכל תקופה ותקופה שיקוף האופן המניע יאחו בששת שניו בהאופן האחו בו ויעתיקו רק רגע אחד וינח 5 רגעים עד שיאחו בו שנית, אולם אם נעשה בהאופן המניע אך 4 שנים אז יהיה משך זמן המנוחה גדול ממשך זמן התנועה 9 פעמים, ואם תהיה רק שן אחת באופן המניע אז יגדל זמן המנוחה מהתנועה 36 פעמים, נמשך מזה שזמן התנועה היותר קטן תשיג המוכנה בהיות בהאופן המניע רק שן אחת, וזמן המנוחה היותר קטן תשיג המוכנה כאשר יהיה מספר שני האופן המניע א' כמספר שני האופן ב' (המתנועע על ידו) פחות אחת.

386. §. אופן בתוך האופן. על פי חוקי הפרדת התנועה § 106, נוכל להפריד את תנועת המוט האחו בהסדן הכפוף לשתי תנועות, והוא: תנועה ישרה תדרושה לנו ותנועה משולשלת (שטנדטמטריג) הבלתי דרושה לנו, והנה לו היה ביכלתנו לעביר גם בהתנועה המשולשלת לתכלית נרצה לנו, כי עתה לא הפסדנו מאומה מהכח שנעבוד בו, אמנם גם



צורה 338



386. §. אופן בתוך האופן. על פי חוקי הפרדת התנועה § 106, נוכל להפריד

את תנועת המוט האחו בהסדן הכפוף לשתי תנועות, והוא: תנועה ישרה תדרושה לנו ותנועה משולשלת (שטנדטמטריג) הבלתי דרושה לנו, והנה לו היה ביכלתנו לעביר גם בהתנועה המשולשלת לתכלית נרצה לנו, כי עתה לא הפסדנו מאומה מהכח שנעבוד בו, אמנם גם

388. §. מעשה פמיש. החומש (פסק). הצורה 341 תורנו מעשה הפמישים,

צורה 341.



במקום שנצרך להכות בפמישים מכות גדולות תכופות בזו אחר זו, השכילו חכמי המעבאניק לסבב את נצב הפמיש על סדן אופקי שנצב הפמיש יתהפך לנושא שהזרוע האחת ממנו תדחק למטה על ידי הבוהן הקבוע בהסדן, ובהלחץ קצה הנצב למטה יעלה ראש הפמיש למעלה, ובהנחת הבוהן מעל קצה הנצב יפול הפמיש מעצמו מנסכת כובדו ויכה בחוקה על העצמים הנתונות תחתיו, בבית המלאכה המפוארה שבעיר עססען יקצא פמיש כבד במשקל אלף ככרים (למטמטר), והוא הפמיש היותר כבד שבעולם, גובה עליתו 10 רגל ומשקל הסדן שעליו יכה 86350 פוד, מחיר הפמיש והמוכנה המניעה אותו הוא 600000 רובל.

389. §. סדן הכפוף (קנוולומפסן). על ידי סדן כפוף הנאחו במוט, כמו במוט

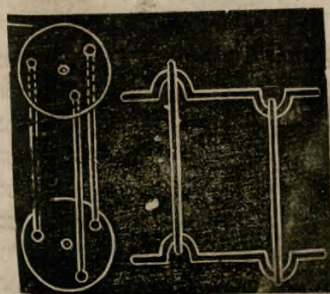
צורה 342.

המחבר את דף המצעדים עם הקצה הכפוף אשר לסדן אופן המויה צורה 342, נוכל להפוך את התנועה המעגלית מהאופן לתנועת רצוא ושוב בהמוט כשיפעל הכח על קצה הסדן, כי בהתהפך הסדן על ציריו 1 פעם, יעלה את המוט האחו בו פעם ממטה



344.

צורות 343.



למעלה ופעם יורידהו ממעלה למטה, ולכן יעתק המוט בכל תקופה שלמה (שיקיף הסדן) דרך השוה לשני פעם גובה הכפיפה, וכן נוכל גם להפוך על ידי הסדן הכפוף את התנועה הישרה לתנועה מעגלית, והוא: אם יפעל הכח על קצה המוט או בכל תנועת עולה ויורד שיתנועע המוט יקיף הסדן תקופה שלמה, ונקל להבין שאם יתנועע המוט בתכונה אופקית אז תהיה תנועתו תנועת רצוא ושוב, את הסדן הכפוף נמצא למכביר במוכנת הקיטור ובמוכנות אחרו

כמו במוכנות מותחות חומי מתכות (דחסיניחסיניס) ובמוכנות למישות המראות (ססיגסו סוייפסיניס), לפעמים יקפף הסדן פעמים, גם יתחברו שני סדנים כפופים זה בזה כשתורנו הצורות 343, 344.

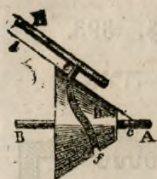
§. 390. אחיזת מוט בעל השנים בהשרויבע. בלעדי הסדן הכפוף יסכון

לנו גם מוט בעל השניים (צורה 345 האחוה בהשרויבע) להחליף תנועה סבובית בתנועה ישרה, תבנית המוט בעל

צורה 345



צורה 347



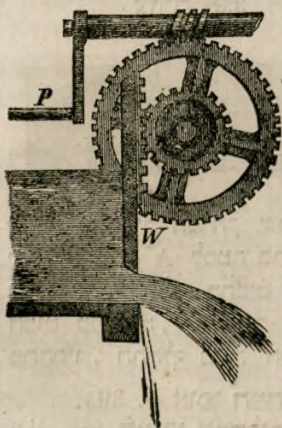
השניים היא משונה מאד לפי תכלית פעולתו ולפי המוכנה שתניע אותו, מספר שיני המוט הוא משתנה לפי פעולת המוכנות, ר"ל: יתערכו בערך ישר לכמות העבודה אם תפעל המוכנה רק עבודות קלות או יעשה להמוט רק שן אחת כשתורנו הצורה 346, השן האחת שלהמוט תקרא בשם מסמר המנהל (סייחסיס), בהצורה 346

צורה 346



יהיה המוט C D מקביל לסדן השרויבע A B והצורה 347 תורנו את אופן תנועת המוט E שתכונתו היא בלתי מקבלת להקוסר B A, באופן הזה יעתק מסמר המנהל לא בנוף צילינדרי כאשר בהצורה 346 אך בנוף קענולי f שיחובר אל הסדן B והיה בהקיף הקענעל מן e עד f יתקרב הקצה התחתון מהמסיל לקצה A מהסדן ואחרי כן ישוב שנית להתכונה שנראה בהצורה שלפנינו. התנועה הזאת תהיה תנועת רצוא ושוב והיא אפשרה כשתהיה תכונת המוט וסדן הקענעל במישור (כפינים) אחד.

צורה 348



§. 391. הרכבת השרויבע עם האופן. הצורה

348 תורנו את השרויבע-בלייקן (סרובס סחנס סנדס). ותועלתה היא להחליף תנועה מעגלית נמהרה לתנועה מתונה, שני האופן תשווה במדתן להרחים שבין מקיפי השרויבע, ולכן בכל תקופה שלמה שתקיף השרויבע יעתק האופן רק במרחק שן אחת, בהמוכנה הזאת היינו יכולים להקטין את ערך הכח אל המשא מאד באשר כי לראשונה יתקטן הכח בערך גודל מקיף הקורבעל לגובה מקיפי השרויבע § 137, ושנית לפי ערך גודל אלכסון האופן לאלכסון סדנה § 133 ואם יהיה ד"מ מקיף הקורבעל 100 אצבעות וגובה מקיפי השרויבע 1 אצבע ואלכסון האופן יגדל מאלכסון הסדן 10 פעמים או יהיה ערך הכח הפועל על הקורבעל המשא האחוה על הסדן בערך 1 אל $1000 = (10 \times 100 \times 1)$.

§. 392. מוכנה להעלות דלתי שערי התעלות.

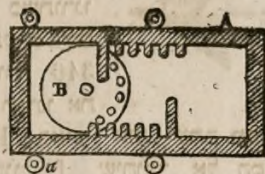
לרוב ישתמשו חכמי המעכאניק בהשרויבע בלייקן להעלאות

הרכבת מוט בעל השנים עם האופן

השערים החותמים את התעלות (בייט מייטענאויסניג) צורה 348, והוא: נניח שכובד השער בצירוף להיצת המים עליו הוא 3200 ליטרות וגובה מקיפי השרויבע הוא 1 אצבע ואורך מחצית אלכסון האופן הקטן האחוז בשני המוט = 3 אצבעות ואורך כפיפת הסדן = 14 אצבעות ומחצית אלכסון האופן הגדול 21 אצבעות, אז יהיה הכח $C = (3 \times 1 \times 3200)$: $10^{90/251} = \frac{9600}{924} = (21 \times 44)$ ליטרות את הסדן הכפוף או יאחזו מקיפי השרויבע בהאופן הגדול ושני האופן הקטן בשני מוט הברזל המחזק במסמרים להשער והשער ינשא למעלה והמים יזובו מתחתיו כשתורנו הצורה 349 באר היטב.

393. §. אחיזת מוט בעל השנים באופן בעל שנים. הצורה 349 תורנו

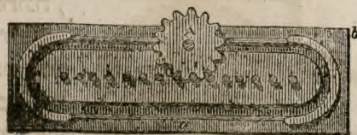
צורה 349



הכנה שעל ידה נוכל להוליד תנועת רצוא ושוב במרחקים קטנים, והוא: על ידי הרכבה משני מוטות בעלי שנים a ו-a' ו-a'' המתנועע ביניהם ואשר רק בקשת אחת מהאופן תמצאנה שנים, שני המוטות בעלי השנים נתחברו יחד במסילים באופן שתבנית בל ההכנה תהיה מרובע ארוך, לשני המוטות מחוברים לאיש איש שני גלגלי הניהול (וייטקלונ) קטנים, שהמרובע יוכל להתנועע עליהם חפשי בעגלה על אופניה ימין ושמאל, והיה בחקיף האופן B את קשתו התרוצה מהימין להשמאל וניע את ההכנה כולה לשמאל, וכאשר תבוא הקשת בתקופתה מהשמאל להימין יניע האופן אותה לימין.

394. §. הולדת תנועת רצוא ושוב במרחקים גדולים. במרחקים יותר גדולים

צורה 350



מאשר על ידי ההכנה שבסימן העבר נוכל להעביר את המוט על ידי ההכנה צורה 350, כאשר נתקנה במוכנה המדפסת (דיוקאמסיניס) להעביר את העגלה (שעמודי האותיות נתונים עליה) אנה ואנה, והוא: האופן המניע A המקבל את תנועתו על ידי רצועה יאחזו פה במוט ששנים לו משני עבריו, וקצה הסדן של האופן המניע יוכל להתמוטט ממעלה למטה בשיעור המרחק שבין A ובין a, ולכן בהניע האופן לקצה הימנית מהמוט, יתמוטט סדנו A למטה בתוך הקשת הימנית העגולה ושניו תאחזנה אז בשני מוטות מתחת, ובחקצה השמאלית מהמוט יתרומם סדנו למעלה בתוך הקשת השמאלית ויאחזו שנית בשני המוט מלמעלה, והנה על ידי התחלפות אחיזות שני האופן פעם למעלה מהמוט ופעם מתחתיו, תתחלף נטית המוט בתנועתו פעם אל השמאל ופעם אל הימין.

395. §. אופן המחליף. אם נעקם את המוט שמשני עבריו שנים לו לעיגול או

יגלד מזה האופן המחליף (דאס וויכסעל-קדפער וויסער-רולד) צורה 351 המתנועע על סדנו C פעם מהימין להשמאל ופעם מהשמאל להימין, והוא: כאשר שהאופן B המניע אותו קבוע

גם פה על סרן מתמוטט שקצהו המתארך יתנועע בתוך החרוץ העמוק או הצנור h כשהאופן המניע יתנועע מבחוץ יתנועע המוט הכפוף בנטיה מנגדת לנטיה האופן המניע B , ובאחוז האופן המניע בשני המוט הכפוף מבפנים, יתנועע המוט הכפוף בנטיית האופן B , ולכן נוכל לתאר לנו את האופן המחליף כאלו הוא הרכבה מארבעה אופנים, והוא: משני אופנים הנאחזים בשניהם במקיפיהם החיצונים, ומשני אופנים ששני מקיף החיצון של האופן האחד יאחזו בשני מקיף הפנימי של השני כמעשה האופן בתוך האופן § 386.

צורה 351.



§ 396. אופן המחליף תנועת האופן האחוז בו.

אם נתן על סרן המניע A צורה 352, אופן שרק מחצית היקפו m הוא בעל שנים או יוכל להוליד בסרן אחד תנועה סבובית מתחלפת בנטייתה כאשר נקבע על הסרן האחר שני אופנים מניעים B אשר תליפות תאחזנה שני הקשת m פעם בהאופן b ופעם בהאופן B , והנה על ידי אחיזות שני הקשת בהאופן B יניעו אותו מהימין להשמאל, ובאחוז בשני האופן b יניעו אותו מהשמאל להימין, ובאשר שברגע שתעזוב השן n את האופן B תאחו השן m בהאופן b , לכן תהיה התנועה בלתי נפסקת רק תחזור חלילה פעם מהימין להשמאל ופעם מהשמאל להימין.

צורה 352.



§ 397. אסיפת העבודה המעבאנית. אם ישלח ה' ברכה במעשי ידי עובד

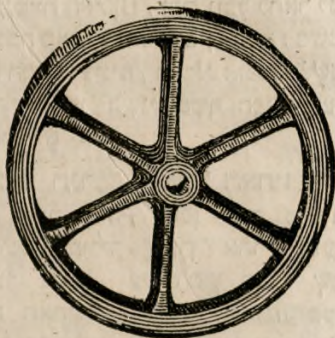
אדמתו, והארץ תתן לו את יבולה מאה שערים, או ישיכל האדם לאצור את רוב תבואתו לשור ולכפן כי יהיה בארץ, כמשפט הזה שיעשה האכר כיגיע כפו יעשה גם חכם חרושת המעשה בעבודתו, והוא: בעברו עם איזו מוכנה שכמות העבודה לא ישוה בה בכל זמן וזמן אך רגע תוציא פעולה למענה הגדולה מהשיעור הנדרש ורגע תחלש פעולתה או תפסק לגמרי, יאצור גם הוא את העבודה הרבה באוצר מיוחד לה למען לא ישבות ממלאכתו ברגעי הפסקת פעולת המוכנה. אוצר כזה יעשו להם בהאופן המעופף (טוולונגרסד) שיתבאר לנו מעשהו ופעולתו בהסימן הבא.

§ 398. האופן המעופף. האופן המעופף הוא אופן כבד מברזל יצוק צורה 353

והקבוע על סרן המניע (בטוולונגרסד) מאיזו מוכנה. והנה כבר נתבאר לנו (§ 221) שכל כח הפועל בלי הפסק מוליד תנועה הולכת ומתגברת בכח ההתמדה, ומעתה דעת לנבון נקל שכאשר יקיף האופן הכבד הזה תקופות אחדות רצופות או יאצור בו בכח ההתמדה המתגבר בו לרגעים, אוצר עבודה רבה שנוכל לעבוד בה לעת מצוא שיצטרך לנו לפעול ברגע אחר פעולה חזקה הגדולה ורבה משיעור הפעולה שתוכל המוכנה לפעול ברגע אחד, ולכן אם תצטרך איזו מוכנה לפעול פעולות חזקות בזמנים ידועים, ד"מ בכל 2, 3, 5, או 10 זעקונדען ויותר, ואין לאל ידה לפעול ברגע אחד את כמות עבודתה, ר"ל: אם יהיה זמן הפעולה הנרצה ממנה אחת לעשרה זעקונדען ואם תשבות המוכנה 9 זעקונדען

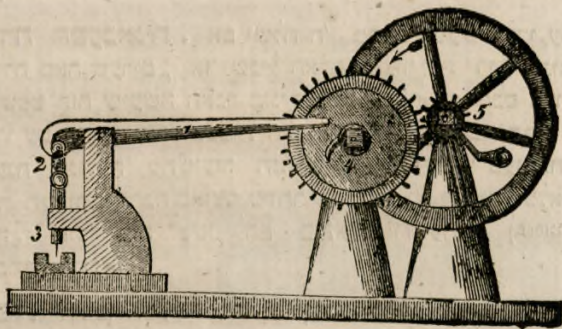
ותעבוד בהזעקונדע העשירית לבד לא יהיה לאל ידה להוציא את הפעולה החזקה למענה, אז

צורה 353.



נחבר להמוכנה הזאת אופן מעופף, והמוכנה תעבוד את כל העשרה זעקונדען בלי הפסק ופעולתה תאצר בהאופן המעופף, ומקץ הזעקונדע העשירית כשתצרך המוכנה לפעול את פעולתה החזקה בבת אחת יוציא האופן המעופף את כל העבודה המעכאנית (האצורה בו על ידי ההתמדה זה עשרה זעקונדען) גם כן בבת אחת והפעולה תצא למענה כל צרכה, ולמען יבין הקורא דברינו אלה נבאר פה מוכנה אחת הנעזרת בפעולתה על ידי האופן המעופף, והיא מוכנה המנקבת-חורי המסמרים (ניט-מאכסינס קדעכ דוכס-ניטמאכסינס) שפעולתה היא לנקב חורים בפחי ברזל עבים למען אחזו אותם במסמרים ולעשות מהם קלחות למוכנות הקיטור, את תבנית המוכנה הזאת תורנו הצורה 354,

צורה 354.



חלקיה המה: נושא בעל שתי הזרועות 1, שעל ידי הקמק (גמפסק) 2, גניע את החותם 3, וילחצוהו לרדת מטה אל הפח ולנקב אותו, והנה הזרוע הימנית שעליה יפעל הכח הוא ששה עשר פעמים ארוך מהזרוע השמאלית, הזרוע הימנית תתנועע על ידי הבליטה 4 הקבועה בסדן שבהאופן הנתון עליו ימצאו שישים שנים, שני האופן תאחזנה בשני האופן המניע (המסומן בהציון 5) שמספרם הוא עשרה ועל הסדן שהאופן המניע קבוע עליו ימצא גם האופן המעופף הגדול, בעזרת

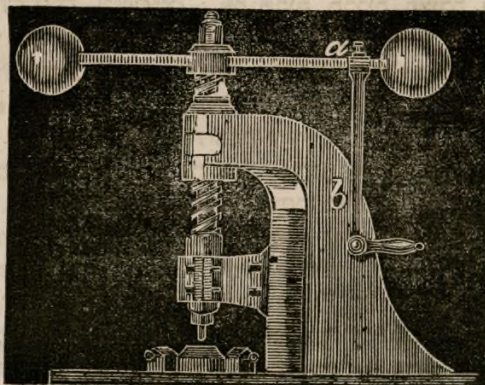
שני סדנים כפופים (קובכסאן) יניעו שני פועלים את המוכנה, באופן שישלום האופן המעופף שש תקופות. בסרם שתניע הבליטה 4 את הנושא 1, פעם אחת, ולכן יפעלו הפועלים את פעולתם בכל שש התקופות מבלי שעבדה עוד המוכנה העובדת (מכביטסטרם-מאכסינס) מאומה, והנה האופן המעופף קבל ששה פעמים בזו אחר זו את פעולות שני הפועלים, ויאצור את עבודתם מבלי לעבוד, ואת כל העבודה הרבה הזאת תעבוד המוכנה אפוא בפעם אחת, ולכן יהיה כמות העבודה ברגע הזה גדולה ככל העבודה שעבדו שני הפועלים בכל משך פעולתם שלשים זעקונדען, אם יהיה ד"מ זמן

תקופת האופן המעופף חמשה זעקונדען תעבור המוכנה בכל מינוטע רק 10 זעקונדען.
 §. 399. האופן המעופף בתור מִיִּשְׁר התנועה (כטוולטעק). בסימן העבר ראינו
 לרעת שהאופן המעופף יוציא את כל כחו האצור בו בבת אחת, ופה נראה שבמוכנות
 שונות יפעל האופן בתור מִיִּשְׁר התנועה (כטוולטעק), אם תהיה תכלית פעולת האופן
 המעופף לישר תנועת המוכנה, או לא יאצור עוד האופן עבודה רבה לפעול בה בפעם
 אחת אך על יד על יד יאצול מעבודתו לרגעים בעת שתחלש פעולת המוכנה ויאסוף כמות עבודה
 אל קרבו בעת שתתגרל פעולתה, והוא: רוב המוכנות נפעלות מכחות נפסקים או משתנים
 לרגעים שפעם יתגברו ופעם יחלשו, והנה בעת התגברות הכח יותר מכפי השיעור הנדרש
 לתוצאות המלאכה למענה, אז יקח גם האופן המעופף את חלקו מהכח הנוסף ולא תפעול
 עוד המוכנה בכח שיגרל מכפי צרכה, ולעומת זאת בעתות החוסר כאשר תחלש פעולת
 המוכנה אז יעבור האופן המעופף בכח התמדת תנועתו שרכש לו בעתות תגבורת
 הכחות, ולכן יהיה הברל כמות העבודה של המוכנה בעת מלוא וחסרון כחה קטן
 למאד כאשר שהאופן ימלא את כחה בעת חסרונה ויחסר אותו בעת מלואו. כל
 האופנים המתנועעים על ידי קורבעלען ימלאו ויחסרו בכמות כחם במשך תקופתם, ר"ל:
 כשתהיה תכונת הקורבעל במסלולו בתכלית רומו או בתכלית שפלותו או תשוב פעולת
 הכח הפועל עליו להניע אותו, לאפס, כאשר שאז ירחק הקורבעל את האופן או למטה
 לארץ או למעלה להתרחק מהארץ, ולא יפעל עוד כל פעולה לסבב אותו במעגלה, ולכן
 תקראנה שתי הנקודות האלה שבמסלול הקורבעל בשם נקודות מתות (סקדטס פונקטן),
 ושתי נקודות הרחוקות רביעית העיגול מהנקודות המתות תקראנה בשם נקודות חיות
 (אפפנדיגט פונקטן), יען שבהן תהיה פעולת הכח בהקורבעל בעצם תקפה וגבורתה, ולכן
 דעת לנבון נקל שבכל מוכנה המתנועעת על ידי קורבעל תתגבר ותחלש עבודתה מדי בוא
 הקורבעל להנקודות החיות או המתות, ואולם אם יחובר אופן מעופף על הקצה השני
 מהסדר שהקורבעל יסב אותו יישר האופן את תנועת המוכנה כאשר שבבוא הקורבעל
 בהנקודות החיות ויתגבר כחו אז יקח גם האופן המעופף את חלקו מהכח הנוסף הזה,
 וכשיבוא הקורבעל להנקודות המתות ויחסר כחו אז יאצול האופן המעופף מכחו שאצור
 בקרבו על ידי התמדת תנועתו וימלא את חסרון כח הקורבעל, ולכן נמצא את אופן
 המעופף כמעט בכל מוכנה בעלת תנועה בלתי שווי המדה.

§. 400. חשבון פעולת האופן המעופף. העבודה המעכאנית שתאצור במקיף
 האופן המעופף, או כחו החי, הוא כהעבודה שהיה בכחו לפעול אלו השיג את מהירותו
 על ידי הנפילה החפשית, לכן אם נודע לנו כמות הרגל שיקיף האופן לזעקונדע או
 נבקש על ידי הלוח § 238 את כמות הדרך שהיה עובר בה האופן אלו היה מגיע
 בנפילתו לארץ במהירות שיתנועע עתה, ונכפיל את משקלו עם גובה נפילתו והמכפלה
 היוצאת תהיה ככמות עבודתו, ד"מ: אופן המעופף שכמות מקיפו הוא 30 רגל המשלים
 תקופה אחת לזעקונדע ואשר משקלו הוא 1200 ליטרות יהיה כמות כח עבודתו 18000
 ליטרות הרגל $15 \times 1200 = 36$ כח סוסים עיין בחשבונות כח החי § 253.

401. § כדורי התנופה (סוולנגקוביטן). במקום האופן המעופף ישתמשו לפעמים חכמי הרושת המעשה גם בכדורי התנופה צורה 355 המחברים משתי קצות מוט ברזל המנוקב במקום נקודת כובדו והקבוע על סרן זקוף, להזרוע a מהמשיל יחובר הנצב (המדיגין) b, אשר יוכל להקישך בכח האדם, ההכנה הזאת תחובר למכשש הדפוס (דוקסססס) ולמוכנות טביעת המשבעות (ספגטוסיט), וביהור להמוכנה המנקבת (דוכסססס || סקס) כשתירנו הצורה 355 את תבנית המוכנה הזאת באר היטב, המוכנה הזאת היא הרכבה מהנושא עם השרויבע ועם כדורי התנופה, במקום שתתנועע המוכנה במהירות גדולה יעשו המשקלים שמשני קצות הנושא בתבנית ערשה

צורה 355.



(וינספספריג) למען הקטין את התנגדות האויר אשר יתגדל מאד בהגדלת מהירות התנועה כמבואר § 323.

402. § לוח יוצא מרכז (ספספספריק). הצורות 356, 357, תורינה לנו את תבנית

הלוח יוצא מרכז,

והוא לוח עגול הסובב

על צירו C שבין

מרכזו a ובין זרו.

אם נציג רגל אחת

מהמחוגה על הציר C

ונרחיב את רגלה

השנית עד נקודת

המקיף היותר קרובה

להנקודה C ונחוג ברגל המחוגה עיגול, אז יוצא לנו עיגול קטן

בתוך העיגול הגדול, והעיגול הגדול יחלק לשני חלקים:

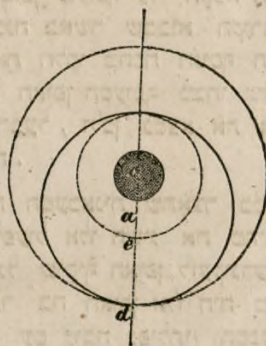
להעיגול הקטן הנוגע אך בנקודה אחת במקיף העיגול הגדול

ולמבעת עיגולית שתמונתה היא כתמונת הירח בהרובע הראשון

או האחרון (המדיגין), אם יאחו מוט המשיכה באחת מנקודות מקיף הלוח יוצא

המרכז, אז תהיה תנועת המוט תנועת רצוא ושוב אחר שפעם יתקרב אל נקודת המסבה

ופעם יתרחק ממנה בשיעור הקו d e שהוא כמלוא הרוחב היותר גדול שלהטבעת a

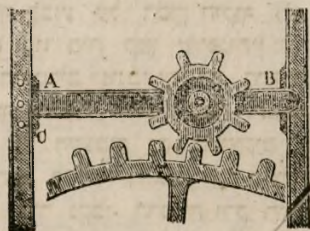


אם נסבב את הלוח היוצא מרכז בין שני לוחות מקבילים אשר בכל אחד מהם קבוע מוט ישר כמו בצורה 358 אז בכל תקופה שיקיף הלוח יוצא מרכז ירחיק ויקרב חליפות פעם את המוט האחד ופעם את השני באופן הוה נוכל להוליד בלוח יוצא מרכז אחד תנועות מנגרות . בשתי מוכנות .

§. 403. הכנה לחבר ולהפריד שתי המוכנות . פעמים רבות יצטרך לנו להפסיק

את פעולת המוכנות לעצור את תנועתן או להעתיק הפעולה ממקום למקום, ד"מ: מוכנה אחת המניעה שתי שיטות אופנים לקדשכויסטס (נפרדים, ונרצה שתפסיק המוכנה את פעולתה על השיטה האחת בעוד שהפעל עור על השנית, במוכנות כאלה תעשינה הכנות שבעזרתן נוכל לחבר או להפריד אחיות. שני האופן הראשי באחד מאופני השיטה. ההכנות האלה נוסדו על יסודות שונות, ולכן שונות הנה בתבניתן ואנחנו נביא פה רק את ההכנה היותר פשוטה שבהן, והוא A B צורה 359 הוא מוט המתנועע על צירו בקצהו B, ולכן נוכל להרים

צורה 359.

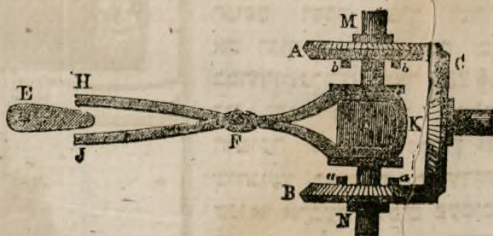


ולהשפיל את הקצה A ממנו וכאשר נרים את הקצה A או תפרדנה שני האופנים שהיו אחוזים זה בזה וכאשר נשפיל את הקצה A יאחזו האופנים שנית .

§. 404. הכנה להחליף התנועה ממוכנה למוכנה . במוכנה שהאופן הראשי

שלה יניע שני אופנים לרוחות מתנגדות יתאחדו או יתפרדו אופניה בההכנה המצוירת לפנינו צורה 360, והוא: שני אופני הקרנות (וינקסלדסי) A B המה קבועים בעזרת סדנים חלולים על הסדנים M N ומתנועעת בתכונות מנגרות על ידי תקופת האופן C, והנה גם A גם B יוכלו להתחבר חיבור חזק על ידי החלק האמצעי (וינסטלסטיק) K עם הסדן הזקוף כאשר כי

צורה 360.

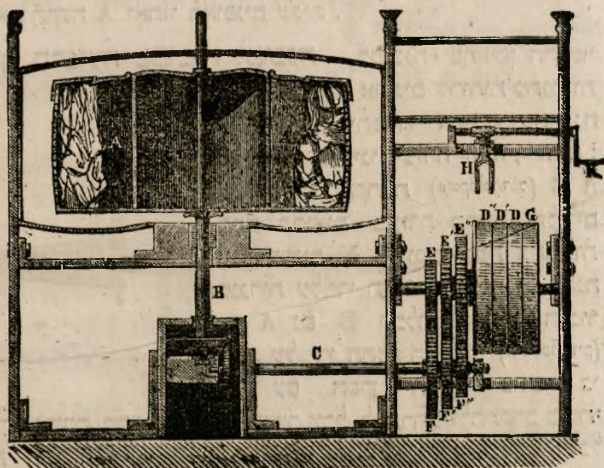


הנושא המוכפל H J F אשר נקודת מסבתו היא F ואשר יוכל להתרחב ולהתקרב בשתי זרועותיו הימניות כשתי זרועות המספרים, והנה העוקץ E המתנועע בכח המוכנה יוכל לקרב פעם את הזרוע האחת אל האופן A ופעם את השנית אל B בהתרחב זרועות הנושא יתקעו השנים a a או b b בתוך החורים הנמצאים לתכלית הזאת בהחלק S, ובה יסובב כי הסדן הזקוף יתנועע או לימין או לשמאל לכך ואם ירים העוקץ חליפות את שתי זרועות הנושא או יתנועע גם הסדן חליפות פעם מהימין אל השמאל ופעם מהשמאל אל הימין, ולכן תהיה פעולת ההכנה הזאת משנה: א) להפריד או לאחוז את המוכנה עם שיטות אופנים, ב) להחליף את תנועתה לרגעים.

§ 405. מוכנה המיבשת בכח המכריח מהמרכז (מכטריס וגמולטדקקקן = ווססינס). ליבש

הבגדים והצמר הכבוסים, גם לנקות הצוקער מתערובת הנוזלים (זירופ) שימצאו בו ובכלל בכל מקום שנצרך להרחיק גוף נוזלי מגוף מוצק ממנו, השכילו חכמי המעבאניק להשתמש בהכנה המכריח מהמרכז § 356, הצורה 361 תורנו את המוכנה הזאת, A A הוא תוף נחושת שהעצמיים הלחים יתנו בו, חלל התוף מבפנים מחולק לשנים על ידי קיר עגול, ר"ל: שני חדרים עגולים שהאחד מקיף את רעהו וקצאו בו, החדר הפנימי הקרוב להמרכז ישאר פנוי יען שכת התנופה יחלש שמה, בהחדר החיצון הקרוב למקיף התוף יותנו החומרים שנרצה לנגבם בעזרת המוכנה, אחרי שנתמלא החלל החיצון מהחומר הלח יכוסה התוף בצמיד פתיל מלמעלה, התוף קבוע על הסדן הזקוף B, ולכן יתנועע התוף בתכונה אופקית, מסביב להתוף ימצא עוד בית קטן שדפנותיו הנה נחושת, אולם דופני הבית לא יגעו בדופני התוף, החומרים ינוגבו על ידי הרחקת הנוזלים (האצורים בהם) בכח הזריקה שיוורקו דרך נקבי התוף והלאה, והוא: בכח התנופה § 256 המתגבר במהירות התנועה המעגלית יכספו כל העצמים גם המוצקים גם הלחים לברוח מהתוף החוצה, אולם מוצקת הנחושת לא תתנס לעבור הלאה, וגם מוצקת החומרים המוצקים לא תתנס להתפרד לחלקים דקים ולברוח דרך נקבי הדפנות ורק חלקי הנוזלים הקלים להתנועע ולהתפרד, המה לברם ינוסו

צורה 361.



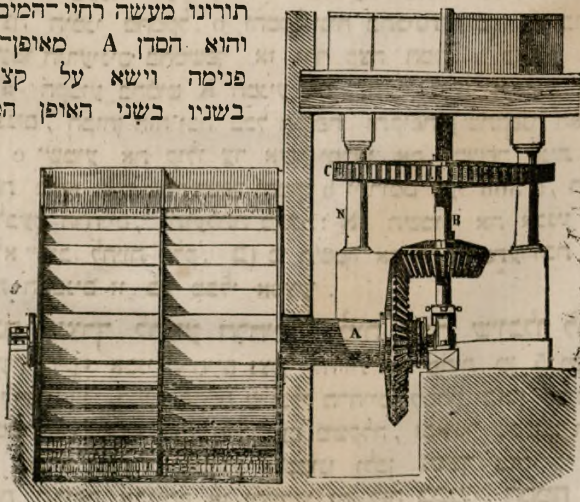
דרך הנקבים הדקים (כמעשה הכברה) הנמצאים במקיף התוף מסביב, אמנם כבר נודע לנו שלמען השיגו כח תנופה חזקה נצרך למחר את הגוף המתנועע גם כן במהירות גדולה למאד § 256, לכן נבאר פה אופן אצילת התנועה הנמהרה להסדן B שיתנועע במעגלה במהירות שני או ארבעת אלפים פעמים למינשע, ואת אופן תגבורת המהירות על ידי על יד למען שלא יתפוצצו דפני התוף לרסיסים בגלל התנועה הנמהרה הפתאומית, והוא: הסדן הזקוף B ישיג תנועתו מהסדן השוכב C על ידי אחיזת שני אופנים קרניים (וויקטורידס) § 376, והסדן C יקבל תנועתו על ידי רצועה בלי קץ § 371, אמנם באשר שתנועת הרצועה היא תנועה בשווי המדה, והמלאכה תדרוש מאתנו להגביר התנועה מרגע לרגע, לכן הוכן הגלגל החפשי (ווססינס) G שעליו תרוץ

הרצועה בעת מנות המוכנה, ועל הסדן C מימין קבועים שלשה אופנים F, F', F'' הגדולים איש מאחוי, האופנים האלה יאחזו בשניהם בשני האופנים E, E', E'' , ולכן יוכל להשתנות פה על ידם מהירות התנועה כאשר תשתנה על ידי לוחות הסלמות שנתבאר § 382 צורה 335, למען שנוכל חליפות להניע את כל אחד מהאופנים האלה קבעו רק את הלוח D (על יד G) והאופן E (השייך לו) לבדם על הסדן הכללי עצמו, אולם הלוח D' ואופני E' קבועים על סדן חלל (ביקסט) קבוע כנרתק על הסדן הכללי, והלוח D'' עם אופני E'' קבועים על סדן שני שגם הוא קבוע על סדן החלל הראשון, ולכן כאשר תזק הרצועה מהלכל החזור G על הלוח D, או יעתק הכח המניע מהאופן הקטן E' להאופן הגדול F' וממנו אל הסדן C ומשם להסדן B ועל ידי זה תולד המהירות היותר קטנה, כל האופנים והלכלים הנוותרים יתנועעו חפשי עם האופן E' מבלי לעבור כל עבודה, על ידי העתקת הרצועה מן D אל D' תולד מהירות ממוצעת, כאשר שאז תאחזנה שני האופנים $F' E'$ השונים בגודלם, וכאשר נעתק הרצועה על D'' או יניע האופן הגדול F'' את האופן הקטן E'', ועל ידי זה יתנועע התוף במהירות יותר גדולה, העתקת הרצועה תולד על ידי תנועת הסדן הכפוף K, והוא: בהסדן K ימצאו מקיפי השרויבע שיעתיק אותו אחור וקדם לפי ערך תקופת הסדן ימין ושמאל, בסדן הכפוף הזה קבוע המולג H הנושא בין שניו את הרצועה ולכן בהעתק המולג על ידי תקופת הסדן, תעתק גם הרצועה מגלגל לגלגל להגדיל או להקטין המהירות כפי הנדרש לתכלית המלאכה.

406. §. רחיי המים. הצורות 362, 363,

צורה 362.

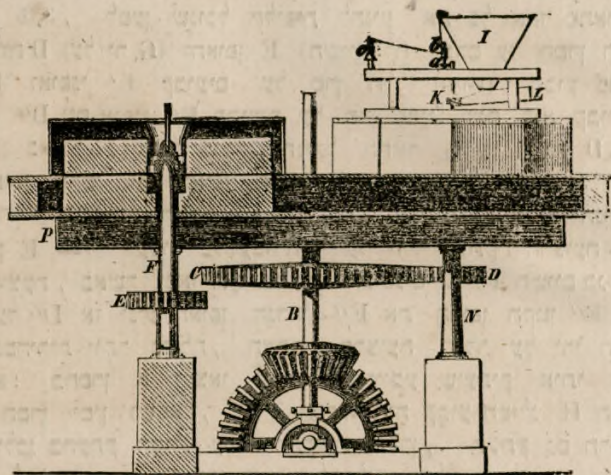
תורונו מעשה רחיי המים האנגליים (פנגוויס וואססטריוולסון) והוא הסדן A מאופן המים יתדור דרך קיר הבנין פנימה וישא על קצהו אופן קרני זקוף שיאחו בשניו בשני האופן המניע השוכב הקבוע על סדן זקוף B, על קצה הסדן B מלמעלה קבוע עוד אופן אופקי גדול C צורה 363 שיוכל להניע שני מהלכיה השחיה (לוייל ומהלגנס) באחזו בשניו בהשנים שבהאופנים המניעים אשר לימינו ולשמאלו D, E, האופנים המניעים האלה יוכלו להעתק מעלה ומטה על סדניהם הזקופים, ולכן יוכל השותן כאות נפשו לשחון על מהלך השחיה האחד או השני



או בשניהם כאחד, על קצה סדני האופנים E D מלמעלה קבועות אבני הרכב, ולכן

בתקיף האופן תקפנה גם האבנים על צירן, בהצורה 361 אחווים שני האופנים E, D כאחד בשני האופן C, ובהצורה 362 הורד האופן E למטה על סדנו ולא יאחו בשני האופן C, רק שני האופן D לבדו תאחזנה בשני האופן C, ולכן יטחון אז אך המהלך המחיתה הימני, עוד הכנה אחת נצרך לנו לבאר שבעזרתה ירדע לבעל הרחיים שכבר הורק הבר מהמשפך, והוא: על המקל b (שמשמאל להמשפך) נתלה בקצהו השמאלי, הפעמון c וקצהו הימני מחובר לחבל דק עובר על גלגל קטן שימצא בוך המשפך, החבל יורד

צורה 363.



בתוך המשפך ושמה הוא קשור בקצהו לעץ קל אשר כל עוד שהוא מכוסה בגרעינים רבים ימשוך למטה את קצה הימני מהמקל b והמקל יניח בתכונתו המצוירת בהצורה שלפנינו, אולם כאשר ימעטו הגרעינים בהמשפך אז ירד קצה המקל b בסבת כובדו למטה עד הבוהן a (דויטשן) הקבוע בהמוט K המניע את המנעל (סוהט) L המריק את הבר מהמשפך לתוך פי האבנים, הבוהן הזה יכה בכל תקופה ותקופה (שתקפנה האבנים) על קצה המקל b והפעמון c ישמיע את קולו עד אשר ימלאו את המשפך שנית כבר או יכבירו הגרעינים שנית את משא העץ שבהמשפך והמקל b יתרומם מעל 368 a, ההכנה הזאת היא נכבדת מאד לבעל הרחיים, ותועלתה משנה: א) תשמור את אבניו לבל תשחקנה זו בזו ושטחן לא ישוב להיות חלק, ב) כי תשמור את הקמח מתערובת אבק האבנים אשר ילד משחיקת האבנים זו בזו מבלי אמצעי.

§. 407. חשבון הכח הנצרך להניע הרחיים וכמות הבר שיוכלו לטחון

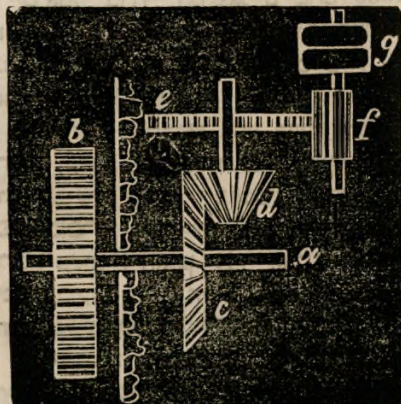
בזמן קצוב. מהירות תנועת היקף אבני הרחיים נצרך להיות לא פחות מן 5 מעשער ולא יותר על 9 מעשער לזעקונדע, כמות הקמח שיוכלו הרחיים לטחון בזמן קצוב כ יתערך להמכפלה הנולדת ממהירות מקיף אבן הרכב עם משקלה, ובאשר שמשקל הרכב יתערך גם לכמות שטחו שהוא כערך מרובע אלכסונו ולכן נמשך מזה כי אם תשווה שני רחיים במהירות תקופת אבניהם או יתערכו זה לזה בכמות הקמח אשר יולידו בזמן אחד וגם בכמות הכח הנצרך לנו להניעם, כמרובעי אלכסונו אבני הרכב אשר להם ד"מ: אם אלכסון הרכב של הרחיים א יגדל פי שנים מאלכסון הרכב של הרחיים ב, אז

חשבון פעולת הרחיים

259

יהיה כמות הכח הנצרך להניע רכב הרחיים א ארבע פעמים גדול מכח המניע את ב ולעומת זאת יטחנו הרחיים א בשעה אחת את אשר יטחנו הרחיים ב בארבע שעות, ההכנס פֶּאֶרְעֵ מִצָּא שאבני הרכב הטובות תשקולנה 850 קיללע-גראמס לכל מעטער מרובע משטחן, וטוחנות לכל שעה ולכל מעטער מרובע משטחן 94 קיללעגראמס קמח, וכי כמות הכח הנצרך להניע את הרכב על הרחיים במקיפו האמצעי (ויסטסלסמן מוזקיינ) $(\frac{1}{3})$ מחצי אלכסונו) הוא לכל היותר $\frac{1}{23}$ ממשקל הרכב, ולכן הוא לכל שטח מעטער מרובע 38 קיללעגראמס בקרוב, ולכן אם נכפיל את הכח הזה עם מהירות המקיף האמצעי ונוסיף על המכפלה עוד אחד לעשרה בגלל מפסירי התנועה אשר ליתר חלקי מוכנות הרחיים, אז יוצא לנו כמות הכח הנדרש להניע הרחיים. נמשך מזה אם נסמן למדת (המעטערית) אלכסון הרכב עם א, ולמדת מהירות המקיף מהרכב ב, ועם ק את משקל הרכב (בקיללעגראמס), ועם ט את משקל הקמח הנטחן לשעה (גם כן בקיללעגראמס) אז נמצא את משקל הרכב ק, אם נחשוב לראשונה את שטח הרכב על ידי כפילת מרובע אלכסונו עם השבר $\frac{7854}{10000}$, ואת השטח היוצא נכפיל שוב עם 850 שהוא מספר הקיללעגראמען שישקול הרכב לכל מעטער מרובע משטחו, ויוצא לנו המשקל ק $= 668 \times \text{א} \times \text{א}$, ולכן כ (כח סוסים) הנצרך להניע את הרחיים הוא בכל זעקונדע $\times \frac{7854}{10000} \times \text{א} \times \text{א} \times 38 \times \text{ב} \times \frac{11}{10} =$ קיללעגראמעטער, לכן כ $= \times \frac{28}{100} \times \text{א} \times \text{א} \times \frac{7854}{10000} =$ מ, וכמות הקמח אשר יטחון הרכב הזה לשעה הוא ט $= \times \text{א} \times \frac{7854}{10000} \times \text{א} \times 94 =$ קיללעגראמס, לכן מ $= 74 \times \text{א} \times \text{א}$, ולכן נמצא אחרי חשבונות ארוכות ט $= 33 \times \text{כ}$, ומהו יוצא לנו כי בכל אחד מכחות הסוס אשר הרחיים יעבדו בהנה יוכל להטחון 33 קיללעגראמס (ערך 2 פוד) קמח לשעה.

צורה 364.



שאלה. אבן הרכב g שבהרחיים צורה 364 יגדל באלכסונו $1\frac{1}{5}$ מעטער, והוא משלים את תקופתו פעמים בכל זעקונדע, כמה הוא מהירות מקיפו מ, ומשקל הרכב ק, ומספר כח הסוסים כ, הנצרכים להניע את הרחיים וכמות קמח הטחינה ט, שיטחנו הרחיים בכל שעה.

$$\text{תשובה. } 7\frac{54}{100} = 2 \times \frac{6}{5} \times \frac{22}{7} = \text{מקמח}$$

$$962 = \frac{6}{5} \times 668 = \text{קמח}$$

$$3\frac{29}{100} = 7\frac{54}{100} \times \frac{6}{5} \times \frac{28}{100} = \text{כח סוסים, ולכן}$$

$$106\frac{3}{10} = 3\frac{29}{100} \times 33 = \text{ט קיללעגראמס (ערך } 6\frac{1}{2} \text{ פוד)}$$

לכל שעה, החשבונית האלה יצדקו אך אז כאשר הקמת הנשחן לא ישוב שנית להמשך להנשחן שנית, ולכן כמספר הפעמים שתוחזר המחניה כן יקטן כמות הקמת הנשחן, כל החשבונות האלה המה אמתיים ברהי האלאנדיים אבל ברחיי הגרמאניים ישתנו 1380 ליטרות חטים במשך 24 שעות ברכב שאלכסונו הוא $3\frac{1}{2}$ רגל, ולכן יהיה כמות המחניה בהם אך כשליש המחניה מהרחיים האלאנדיים, בכל הרחיים נשיג 78 פראצענט סלת 18 פראצענט סובין ועוד 4 פראצענט יעלה בתוהו ויאבד מסבות שונות.

§. 408. רחיי הרוח (חיכוייהם). הצורה 365 תורנו תבנית רחיי הרוח הפנימי

צורה 365.

והחיצון, A B תורנו את הסדן שכנפי

הרוח קבועים עליו, באמצע הסדן קבוע

אופן המסרק (קטיווהסד) D אשר שניו

תאחזנה במוטות האופן E, אבני הרחיים

והרכב קבועות בתוך התיבה F, וכל בנין

הרחיים נשען על קורה עבה וחזקה למאד

C H הנקובה גם בשם עמוד המצב

(סטקנדס), באשר שכל בית הרחיים נשען

עליו, כל הבנין יוכל להעתק במעגלה

מסביב לצירו שעל עמוד המצב, ההעתקה

הזאת מוכרחת היא למען שנוכל להביא

תמיד כנפי הרוח למול פני הרוח הנושב

עליהם, התקופה הזאת תעשה

על ידי הקורה K בעזרת חבל

הקשור בקצהו האחד בקצה הקורה

ובקצהו השני בסדן מושך הארצי

(סדרווינט) צורה 366 שנתבאר §, 133,

עמוד המצב ישען על ידי הקורות

הקבועות בקצן העליון בהעמוד

ובקצן התחתון בקורות שוככות על

החומה כמו שתורנו באר היטב

הצורה שלפנינו, בתי רחיים כאלה

יקראו בשם רחיי

הגרמנים, אולם חכמי

האלאנד היטיבו את

בנין הרחיים באשר

שהמה יבנו את הבנין

מהמסד עד השפחות

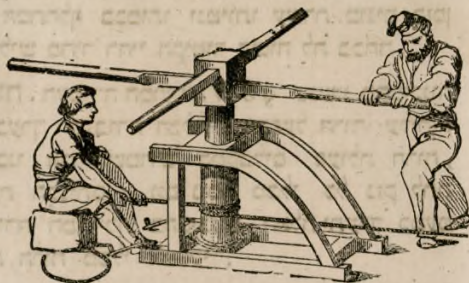
מאבנים בתבנית

קעגל קצוץ ורק הגג

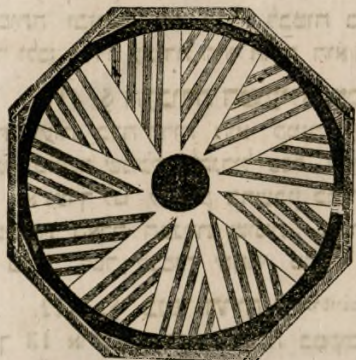


לכרו עם הכנפים יתנועעו מסביב לראש עמוד המצב על ידי הכנה מיוחדת לתכלית הזאת.

צורה 366.



צורה 367.



§. 409. אבני הרחיים. הצורה 367 תורנו

תבנית אבן הרחיים עם סדור התעלות, באבן הרכב נצרך לנו לדעת את כמות משקלה ואורך אלכסונה ומחירות תנועתה § 406, כובד האבן יישר את מהלכה באשר אך שבהיות האבן בכובד ידוע תוכל להתנועע תנועה מתמדת בשווי המשטר ואם יגרע משקלה אז תהיה תנועתה מרקדת ונפסקת ובלי סדרים פעם נמהרה ופעם מתונה, אחרי שתנועת האבן היא כתנועת האופן המעופף, ולכן אלכסון האבן ומחירות תקופתה המה שני שיעורים המתיחסים זה לזה, כי כל שיוגדל האלכסון כן נצרך למעט בערך הזה מספר התקופות בזמן ידוע, יען שאם נתן להאבנים הגדולות במדתן גם כן תנועה נמהרה אז ישרפו את הקמח, אמנם ברחיי בתי המלאכה § 419 ישתמשו לפעמים באבני רחיים שאלכסונם הוא 7 רגל, יען שבהמה נתקנו הכנות המקורות את הקמח, אופן מעשה ההכנות המקורות לא נכאר פה בפרט, אך בכלל נאמר: שהקריירה תגלד על ידי זרמי רוח שיובלו ממפוחים דרך שפופרות מתוקנות לזה, לפעמים יבחרו תחת אבני הרחיים גם לוחות ברזל עבים. אולם הלוחות האלה לא יסכנו לשחינת הדגן באשר שהומם יתגבר למאד, אך יסכנו לשחינת עצמים קשים ובלתי נפסדים מחום הטחינה, כמו עצמות יבשות לזבל בהנה השדות וכדומה.

§. 410. תנועת הרוח בתור כח מניע. אחרי שבארנו את מעשה רחיי הרוח

פנימה, נדבר מעט מפעולת הרוח הנושב בהשתמשנו בו בתור כח מניע, והוא: לפעולת הרוח הנושב יתר שאת (ולפעמים גם יתר עז) על פעולת אשד המים § 332 יען שהמים יפעלו אך במקום קבוע, והרוח יפעל בכל מקום, אמנם בארבע בחינות נופל הרוח בתועלתו מהמים, והוא: פעולת הרוח היא: (1) בלתי בטוחה, (2) בלתי מתמדת, (3) משתנית לרגעים בכמותה, (4) מחלפת לפרקים את נטייתה, לשלש הבחינות הראשונות אין עצה ואין תבונה למלאות את חסרונן, ואך הבחינה הרביעית היא מעוות שיוכל לתקון על ידי הכנות נאותות שעל ידן יתנועעו השטחים (המקבלים פעולת הרוח) בתכונת תנועת הרוח עצמו כאשר נתבאר במעשה רחיי הרוח (ויעידיהם), מכל אלה שנתבאר

פה נקל להבין מדוע יעזבו חכמי תרומת המעשה את פעולת הרוח המצוי בכל מקום והעובר עבודתו חנם אין כסף, וישתמשו לרוב בתור כח מניע בכח האדם והבהמה ובכח החום (הקיסור) הדרושים תשלומים במחיר עבודתם, יען שבמקום הנצרך לעבודה מסודרה בכמותה ובזמנה לא יוכלו לבטוח בהרוח המתחלף בכמותו ונמיותו עשרת מונים בזמן קצר ולכן מחיר עבודת רחיי הרוח הוא רק כשליש מחיר רחיי הקיסור השווה לה בכחה.

411. §. העבודה המועילה מכח הרוח. העבודה המועילה § 325 שנושג מהמוכנות המתנועות בכח הרוח היא קטנה למאד בערך העבודה הכללית שיפעל הרוח עליהן, אמנם באשר שנוכל להגדיל ככל חפץ לבבנו את השמחים המקבילים פעולת הרוח, לכן לא נצרך לנו לדקדק בחשבון כמותם בעת הבנותם, וגם נוכל מבלי כל נזק לתת להמוכנות האלה תבניות שונות, כמות העבודה המועילה בהמוכנות האלה יתערך כמעט רק בערך ישר לכמות שמיח מקבלי פעולת הרוח מבלי אמצעי.

412. §. כנפי הרוח (ווינדפליגל) כנפי-הרוח יעשה מקורה ארוכה 30 רגל (ערך 13 ארשין) עביה למעלה במקום קביעותה בהסון המתנועע הוא 1 רגל ורחבה $\frac{3}{4}$ רגל, ומשם תלך הלך ודק עד שעובי קצתו השנית היא $2\frac{1}{2}$ ורחבה $4\frac{1}{2}$ אצבעות, הקורה הזאת היא מנוקבת בעשרים או בעשרים וארבעה מקומות, ובכל אחד מהנקבים נתחב מוט חזק, כל קצוות המוטות תתחברנה בשני מטילים ארוכים המשתרעים לכל אורך הכנף בתכונה מקבלת להקורה, גם קרשים ישתרעו על המוטות לאורך הכנף עד שהכנף יתראה לנו כשבקה המחולקת למרובעים רבים שמדת שטחם היא 2 רגל מרובעים, על כל פני רוחב הכנפים יעשה מכסה מאטון חזק (סטלוקס ויינולנד), או מאריגת הקנבוס הנקובה בשם מכסה התורן (ווגלשטון), המכסה הזה יוכל להתקפל ולהתפשט על פני הכנפים, והוא: אם ינשב אך רוח קטן, או יפרוש בעל הרחיים את המכסה על פני כל רוחב הכנפים, ואם יתגבר הרוח או יקפל מחצית המכסה, ובהתחזק הרוח למאד יקפל את כל המכסה, בהתחבולה הזאת נוכל להשיג פעולה מסודרה גם אם הרוח יעבוד את עבודתו בלי סדרים.

413. §. מהירות תנועת כנפי הרוח. כבר ראינו § 335 שאך מהירות קצובה אחת היא רבת התועלת בתנועת אופני המים, וכל המשנה ברוב או במעט מהמהירות הזאת ידו על התחתונה כי יפסיד חלק גדול מהעבודה המועילה, ולכן נקל להבין שגם בכנפי הרוח תמצא אך מהירות אחת שעל ידה נשיג את העבודה היותר מועילה מכח הרוח, הנסיון הורנו שהמהירות היותר מועילה נשיג כשיהיה מספר תקופות הכנפים למינוט פי שנים כמספר המעטער שיעבור הרוח בזעקונדע אחת, ד"מ: אם תהיה מהירות הרוח ששה מעטער לזעקונדע או נשיג את העבודה היותר מועילה כאשר ישלימו הכנפים שנים עשר תקופות למינוט.

414. §. רחיי הרוח בערך מהירות הרוח המוכב אותם. מבינות החכם שמעאטאן (schmeaton) נודע לנו שמהירות קצות כנפי הרוח תגדל ארבעה פעמים ממהירות הרוח הנושב עליהם כשהכנפים יתנועעו ריקם מבלי לעבוד מאומה, אולם

גם בעברם בכל כחם, בכל זאת תגדל מהירותם $26/10$ פעמים ממהירות הרוח, ולכן נוכל
בנקל למצוא (ממהירות הכנפים) חשבון למהירות הרוח, ד"מ: אם אורך הכנפים הוא 30
רגל, וזמן תקופתם הוא עשרה זעקונדען אז תהיה מהירות המקיפי (חוללנגסנגסוויידיגקייט)
מהכנפים $(2 \times 30 \times \frac{22}{7}) : 10 = 18 \frac{84}{100}$ רגל, ולכן תהיה מהירות הרוח =
 $18 \frac{84}{100} : 2 \frac{6}{10} = 7 \frac{1}{4}$ רגל לזעקונדע.

§. 415. לחיצת הרוח על כנפי רחיי הרוח. הלחיצה שילחץ הרוח על
קצה הכנפים יתערך כמרוכבי מהירות הרוח ובערך ישר לשטח כנפי הרוח, אם נסמן
עם ש את מרת שטח הכנפים במרת המעטער המרובע, אז תהיה לחיצת הרוח ל =
 $1/20 \times ש \times מ \times מ$ קיללעגראמס אם מ יורנו על מהירות הרוח, ולכן נמצא את
כמות העבודה שיעבוד הרוח על הכנפים, על ידי כפילת לחיצתו ל, עם מהירות
תקופת קצות הכנפים $2 \frac{6}{10} \times מ$, ואז יוצא לנו לכמות העבודה ע = $13/100 \times ש \times מ^3$
קיללעגראממעטער, ואם נקח כח הסוס לאחרות ונסמן אותו ס, יהיה ס = $(ש \times מ^3)$
:577, ולכן יוצא לנו מזה למשפט צדק, כמות העבודה ע שיפעל הרוח על הכנפים
יתערך למעוקב מהירות הרוח, ר"ל: אם בבוקר היתה מהירות הרוח 12 רגל לזעקונדע
ולעת ערב נתגברה עד 24 אז יהיה ערך עבודת הרוח בבוקר לעבודת הרוח בערב כערך
 $12 \times 12 \times 12$ אל $24 \times 24 \times 24$ או כערך 1728 אל 13824 או כערך 1 אל 8,
לפי החשבונות שנתבארו בסימן הזה נמצא כי ברוח שמהירותו היא $6 \frac{1}{2}$ מעטער
הנושב על כנפים שארכם הוא 30 ורחבם 2 מעטער ואשר יתכסו בתורן באורך 8 מעטער
ולכן יהיה כמות השטח המקבל לחיצת הרוח $8 \times 2 = 16$ מעטער מרובעים ומה
נמצא גם את כמות העבודה $[16 \times (6 \frac{1}{2})^3] : 577 = 7 \frac{61}{100}$ כח סוסים, אבל באשר
שגם הרוח החזק יותר מראי גם הרוח החלש יותר מראי יפסיד מכמות העבודה וגם יודמן לפעמים
שקט הרוח אשר הרחיים ינחו מעבודתם, לכן נוכל לחשוב כמות העבודה המועילה
שנשיג מרחיים כאלה בתקופת שנה שלמה הוא אך כשליש העבודה שיצא לנו פה בחשבון,
ר"ל: מחיר עבודתה לשנה תמימה הוא רק $2 \frac{1}{2}$ כח סוסים.

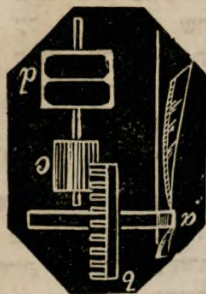
§. 416. חשבון מהירות תנועת הרכב על ידי ידיעת

צורה 368.

מהירות תקופת הכנפים. כבר ראינו § 407 כי לחשבון
כמות השחינה נצרך לנו לדעת מהירות מרוצת הרכב, והנה אם
ידועה לנו מרת זמן תקופת הכנפים נוכל בנקל גם לדעת את
מרת זמן תקופת הרכב כאשר יתבאר בתשובת השאלה שלפנינו.
שאלה. הכנפים שעל הסדן a צורה 368 ישלימו את
תקופתם במשך $8 \frac{4}{5}$ זעקונדען כמה הוא מרת זמן תקופת הרכב
b אם בהאופן b הקבוע על הסדן תמצאנה 88 שנים האחוזות
בעשר מוסות האופן C אשר על סדנו קבוע גם הרכב p.

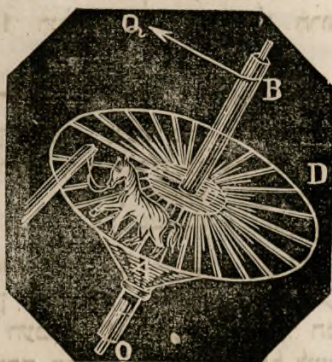
תשובה. מספר תקופות הרכב הוא $88/10$ בטרם שישלימו
הכנפים תקופה אחת, ולכן במשך $8 \frac{4}{5}$ זעקונדען שישלימו

הכנפים תקופה אחת ישלים הרכב $8 \frac{4}{5}$ תקופות או תקופה אחת בכל זעקונדע.



417. § רחיי הדריכה (סנטטויהולס) עוד מין רחיים נזכיר פה המתנועת בכח

צורה 369.

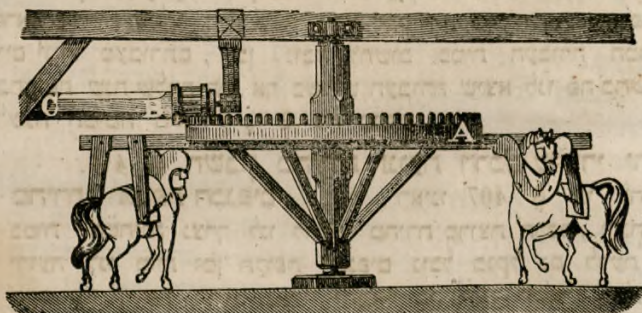


דריכת הסוסים או הפרים, והוא הסדן O B צורה 2 עומד בתכונה זקופה ונמויה למול האופק בזווית מן 20 עד 25 מעלות, הלוח יעמוד בתכונת יושר הנפילה להסדן ולכן יהיה גם הוא נטוי למול האופק בזווית מן 20 או 25°, אורך מחצית אלכסון הלוח A C יעשה במדת 25 עד 30 רגל, הסוסים או הפרים יאסרו אל מוטות אשר מחוץ להלוח, ובכבודם יפעלו על הלוח המתגלגל תחת רגלם מלמעלה למטה, על ידי הפרדת כח משקל הסוס לשני כחות: האחד לנטיית יושר הנפילה, והשני מקביל לשטח הלוח, נמצא את כמות הכח הסובב, ועל ידי כפילת הכח הסובב הזה עם המרחק האופקי C A שירחק הסוס מהסדן נמצא את כמות עבודת הסוס, הלוח הזה הוא חרוץ ברוי לשנים האחוזות באופן הקבוע על סדן

זקוף שהרכב קבוע עליה, ויותר מעשה הרחיים פנימה הלא המה כמעשה רחיי המים פנימה העבודה מרחיי הדריכה ששלשה סוסים ידרכו אותם תשוה לעבודת רחיי הקישור מכת סוס אחד.

418. § רחיי המשיכה (גוגליהולס). הצורה 370 תורנו תבנית אופן המשיכה

צורה 001.



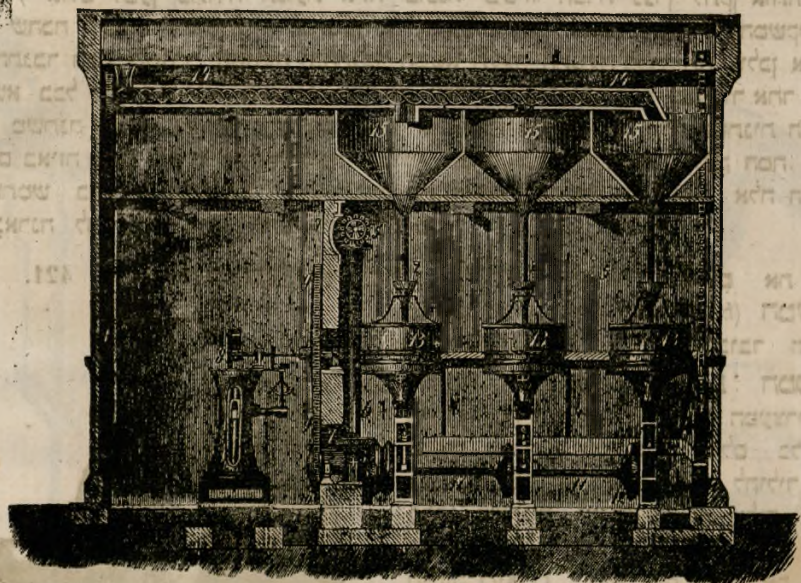
והסוסים הקשורים בו, שני האופן A תאחזנה בשני האופן המניע B שעל הסדן C, והנה אם גם בקצה השמאלי של הסדן יקצא אופן גדול אשר יאחו בשני אופן מניע הקבוע על סדן זקוף שהרכב קבוע עליו או תעתק תנועת האופן A על סדן הרכב, ויותר מעשה

הרחיים פנימה המה כמעשה רחיי המים והרוח שנתבארו כבר § 406, § 408.

419. § רחיי בתי המלאכה (פאבוקויהולס). בבתי המלאכה הגדולים ימצאו

רחיים בעלי עשרים או שלשים מהלכי המהינה אשר יסודרו בהם בשורה אחת או בשתי שורות או שיקפו את הסדן הראשי (אשר להמוכנת הקישורית המניעה את הרחיים) בתכונה מרובעת או עגולית, הצורה 371 תורנו את תבנית הרחיים האלה כמו שיקנו בענגלאנד, הכח המניע את הרחיים הוא מוכנת הקישור, ואשר מעשה המוכנת הקישורית

יתבאר ברחבה בספרנו החום והאור, משמאל להציון 8 תעמוד המוכנה עם האופן המעופף
צירה 371.



9 שלהמוכנה, והוא אופן בעל שנים זקופות ישר על מקיפו מסביב, שני האופן המעופף 9
תאחזנה בשני האופן המניע 10, ועל ידו יתנועע הסדן השוכב 11, 11, על הסדן הזה
קבועים אופנים מניעים רבים שכל אחד מהם יניע מהלך-טחינה מיוחד, האופנים המניעים
האלה יאחזו בשניהם באופנים קרניים המחוברים להסדנים שאבני הרכב נתונות עליהן,
אבל האופנים הקרניים האלה לא יתראו לנו פה בהצורה 371, בכל אחד מהבתים
הסגורים 13, 13, יקצאו רחיים-דורכב מיוחד, הבר יורד ממעלה למטה דרך שפופרות
ההולכות מהמוכנות המנקות (כיינגונגס אפספאלסס) ויבואו בתוך הצנור הארוך 14 שבו יקצאו
פתחים רבים מקונים כל אחד כנגד פיות המשפך (טריבסטר) 15, מכל משפך יורד הבר
דרך צנור זקוף 2, למהלך-טחינה 13 שמתחתיו, והקמח הבלתי נקי מהסובין יוצא
מתחת להאבנים דרך הצנורות 4, 4, ויכנס בתוך תיבה מיוחדת לזה, הקמח יוגבה
למעלה עוד פעם שנית בכח המוכנה, ויובא אל מעשה הכבדות (בייסטאונדקס), הקמח
הבלתי מנוקה יוגבה בעזרת רצועה-בליתכלית (כיוואסן אהנס מנדע) הנושאת תיבות מכל
עבריה אשר בעת שתשפוך התיבה שעלתה למעלה את הקמח הבלתי מנוקה לתוך
המוכנה המנקית תתמלא התיבה שירדה למטה מהקמח היוצא למטה מתחת האבנים,
על ידי הסדן 6 ועל ידי האופן המניע 5 יתרוסס הקמח למעלה אל המוכנה המנקית.

420. § תכלית מורה השעות. מורי השעות המה מוכנות שתכליתן היא להוליד תנועה במהירות שיווי המדה, ר"ל: שאופניהן יעברו בזמנים שווים מקומות שווים, אולם למען שתהיה תנועת איזה מוכנה בשיווי המדה נצרך לתקן אותה באופן כזה שהכח והמשא (ההתנגדות להתנועה) יהיו בכל משך התנועה בשיווי המשקל, יען שבהתגבר הכח תתגבר התנועה ובהתגבר המשא תעצר התנועה במהירותה, ולכן אם יהיה המשא בכל משך הפעולה בשיעור אחד או יוכרח להיות גם הכח בשיעור אחד תמיד, ואם משתנה המשא או נצרך לנו לשנות גם את הכח לרגעים לפי ערך השתנות המשא, אמנם באיזה אופן נוליד את התנועה בשיווי המדה בהמוריישעות? ומה המה הכחות שנשתמש בהם להניע אותם? ואיך נדע את חלוקת הזמן על ידם? כל אלה השאלות תתבארנה לנו אחת אחת בהסימנים הבאים.

421. § הכחות המניעים את מורה השעות. הכחות המניעים את מורה

השעות שנים המה למינס: 6) המשקלים המתנועעים על ידי כח כובד הארץ,

צורה 372.

כח הספוגיות מהנוצות המגוללות

(ספוגיות) הדוחף את הגופים המעצרים את

הנוצה להרחיב גלילתיה, אולם כל אחד

משני הכחות האלה לא יוכל להוליד תנועה

בלתי משתנית, יען שהמשקל יוליד בכובדו

תנועה מתגברת § 230 והנוצה תוליד

תנועה נעצרת, והוא: אם נכריך את החבל

הקשור בהמשקל מסביב להתוף צורה 372

שאופן בעל שנים מחובר אליו, להעתיק

את תנועת התוף על האופן האחרון בשני

או תהיינה תנועות האופנים המתנועעים על

ידי ירדת המשקל למטה מנסבת כובדו

תנועה מתגברת לפי § 230, ר"ל: אם

יתנועע התוף על ידי המשקל בהעוקודע

הראשונה במרחק שן אחת ירוץ בשני

3, בשלישית 5, ברביעית במרחק 7 שנים

לפי § 232, אולם אם נשתמש לכח

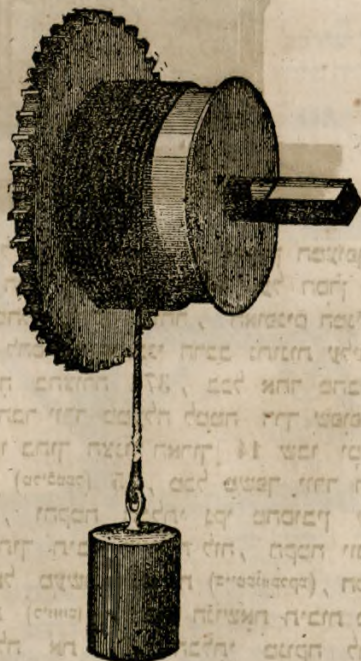
מניע בנוצת עשת ברזל ספוגי המגוללה

בתבנית הצורה 373 אשר קצה הפנים

יחובר לסדן a מתנועע על צירו צורה 374

בעור שקצה החיצון ישען בדפני בית הנוצה,

מורה השעות (מ) ספוגיות) או תגולל הנוצה



ותנה אם נסבב את הסדן במפתח

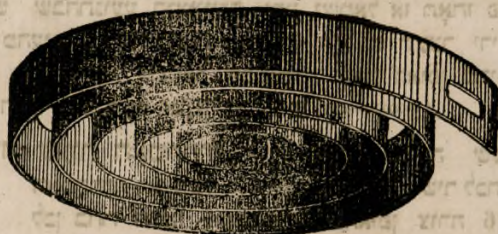
סביב הסרן ובסור הכח המניע את המפתח לפעול על הסרן או יתחיל הסרן

צורה 375.



להתנועע
בתנועה
מנגדלתנועת
המפתח
מנסבת
כח
ספוגיות הנוצה
שתכסוף לשוב
אל התמונה
הראשונה
שבצורה 373,
שה' לה בסרם
שנמתחה על

צורה 373.



צורה 374.



ידי מפתח מורה השעות, ר"ל: אם היתה תנועת
המפתח מהשמאל להימין או יתנועע הסרן על
ידי ספוגיות הנוצה מהימין אל השמאל, אמנם
התנועה היא לא תהיה בשיווי המדה אך
ברגע הראשון תהיה המתחת הגלילות גדולה, ותתקמן מרגע לרגע כל עוד
שתתפשטנה ותשוב הנוצה שנית לתמונתה הראשונה, ולכן כאשר
לא הגיעו למסרה להוליד תנועה שיווי המדה בכח המשקל לבר,
כן לא הגיעו למסרה הזאת גם בכח ספוגיות הנוצה, כח הכובד
הנביר את התנועה וכח הספוגי החליש את התנועה, ולכן למען
נשיג תנועה שיווי המדה בהשתמשנו בכח כובד המשקל או בכח ספוגיות
הנוצה, נצרך לנו להכנות שתמעטנה את התנכרות נפילת המשקל
לרגעים, ואשר תגדלנה את פעולת הנוצה כפי ערך התמעט כח
ספוגיותה לרגעים.

§. 422. הישרת לכת מורה השעות על ידי הממוטלת

(כסגולוכיג). אם נפסיק נפילת המשקל הכרוך על הסרן בזמנים קצרים ושונים
זה לזה, ד"מ: בכל זעקונדע, או נקל להבין שפעולות משיכת הכובד
(של הארץ) על המשקל תשוויה ברגע השני כברגע הראשון, וכח
התמדת תנועת הרגע הראשון יתבטל על ידי ההפסקה, ולכן לא תתנבר עוד הנפילה
אך מדי רגע ברגע ירד המשקל בשיועור אחר, ואם ינוע האופן ברגע הראשון במרחק
שן אחת ומספר שני יהיה ששים, או יקיף האופן בכל ששים רגעים (שעה) תקופה שלמה, ואם
נחבר לקצה סרן האופן הזה מורה (יגני) או יורנו המורה על לוח הציונים (יפסכבולט) את
מספר הרגעים והשעות, ההפסקה שנפסיק לרגעים את נפילת המשקל תקרא בשם העצרה
(המחזוכ ספססססססס), ההעצרה הזאת נעשה על ידי הממוטלת (ספסססס) שכבר בארנו חזקי

תנועתה (271 §) והוא: כבר נודע לנו 275 § שמספרי התנופות בהמטוטלת ישתוו בזמנים שווים במטוטלת אחת כל עוד שלא נשתנה ארכה, ולכן נוכל להשתמש בהמטוטלת לישר מהלך מורה השעות, הצורה 375 תורנו את תבנית האופן בעל השנים שהמטוטלת תלויה ממעל לו; בקצה העליון מהמטוטלת מחובר העוגן (הקס) ששתי שניו האחרונה בין שני האופן, ובנקל יבין כל איש שבהתנועע המטוטלת ימין ושמאל אז תאחו פעם השן הימנית ופעם השן השמאלית מהעוגן בין שני האופן, ועל ידי זה תעצר ירידת המשקל לרגעים בכל תנועה ותנועה, בכל תנופה שתנופה המטוטלת יתקף האופן מהימין אל השמאל במרחק שן אחת, האופן הזה יקרא בשם אופן המעציר (המטוטלת).

423 §. הישרת מהלך מורה שעות האמתחתי (סמטוטלת). במורה שעות

צורה 376.



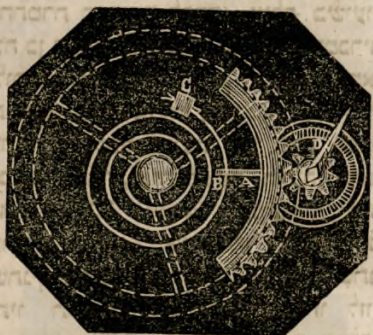
האמתחתי לא נוכל לתלות מטוטלת להישיר לכתו, לכן בחרו חכמי המעכאניק בהאופן צורה 376 המתנועע בתנועת רצוא ושוב מהשמאל להימין הנקוב בשם אופן-משה-התנועה (בסמטוטלת) ויתנוהו למנשר התנועה (כמטוטלת), לתכלית הזאת חברו אליו גם נוצה של עשת ברזל מגוללה ודקה כחוט השערה, את תבנית האופן והנוצה המחוברת אליו תורנו הצורה 376, הנוצה הדקה היא ספוגית מאד ולכן אם תקבל איזה לחיצה או תרעד בכל חלקיה הרעדות שוות בזמן תנועתן, הקצה הפנימי מהנוצה המגוללה הוא קבוע בהסדן הזקוף של האופן וקצה החיצון נשען בלוח העליון ממורה השעות (קבוע מזה סמטוטלת), והנה כאשר לא יפעל כל כח לשנות את תבנית הנוצה לקרב או לרחק את גלילותיה המקיפות אישה את רעותה, אז תהיה בשווי המשקל ותנוות גם היא גם האופן המחובר לה, אולם כל כח המשנה את תמונתה רק רגע אחד ישיב את מנוחתה וירעיד אותה תנועות רועדות רצוא ושוב הנולדות מנסבת כח הספוגי שלה ומנסבת כח ההתמדה להתנועה, והוא: נצייר לנו שהכח הרחיק לראשונה מעט את גלילת הנוצה, אז הלא תכסוף הנוצה לשוב לתמונתה הראשונה בכח ספוגיותה, והנה לו היה כח הספוגי לבד פועל בה להשיבה לתכונתה, כי עתה היתה נחה מיד בהשיבה תבניתה הראשונה, אולם באשר שבמשך שובה אל תכונתה זאת התגברה מהירות תנועתה בכח התמדתה-להתנועה, לכן יתקרבו בכח התנועה הזאת גלילותיה יותר זה לזה, והנוצה תתקטן או באלכסונה, ובאשר שלכח התמדתה-להתנועה יתנגד כח ספוגיות הנוצה שנית שיכסוף להשיבה לתמונתה הראשונה ובמשך שובה יתגבר שנית כח ההתמדה להתנועה ויאלצנה להתרחב יותר, לכן תתנועע הנוצה בלי הפסק, סוף דבר כח הספוגי וכח ההתמדה יגבירו ויחלישו חליפות איש את פעולת רעהו, והנוצה תרעד על ידם הרעדות רצוא ושוב כמו שיגבירו ויחלישו כח הכובד וכח ההתמדה חליפות איש את פעולת רעהו בהמטוטלת שתניף על ידם תנופות רצוא ושוב 271 §, אמנם למען אשר לא תחלש פעולת הדחיפה הראשונה מהרעדה להרעדה על ידי התנגדות החיכוך חוברת לה הנוצה יחד עם האופן המשווה שהוא אופן מעופף (סמטוטלת) 389 §, ואם כי קטן הוא האופן הזה בעצמותו, גדול הוא בכמותו ומשקלו לערך המוכנה הקטנה הזאת, והוא:

בהתרחב גלילות הנוצה יתנועע האופן מהשמאל אל הימין ובהתחיל הנוצה לקרב את גלילותיה או ישוב האופן מהימין אל השמאל, והנה בבוא הנוצה לתמונתה הראשונה כבר השיג האופן תנועה נמהרה ויכסוף בכח התמרתו להתנועע עוד אל השמאל, ועל ידי זה תאלץ הנוצה לקרב את גלילותיה יותר מאשר היה בכחה לקרבן על ידי התמדת תנועתה לברה, אולם בשיעור הזה שקירוב האופן המעופף בכח תנופתו את גלילות הנוצה כן נתגדל בה גם כח ספוגיותה המכריח אותה להתפשט שנית, ובכח הזה תרעיד גם את גלילותיה ואז יוכרח האופן לשוב מהשמאל אל הימין, והנה בכל פעם ופעם שיוכרח האופן לשנות את נמית תנועתו מהשמאל אל הימין ומימין אל השמאל ירעיד הרעדה חרשה את הנוצה, לכן תקבל הנוצה בכל פעם ופעם רחיפות מתחדשות לרגעים המלידות בה הרעדות בשווי המדה, את הנוצה הדקה הזאת המחוברה לאופן המשוה קראו חכמי המעכאניק בשם נעדרנד (מונקוזה) התנועה הרועדת של הנעדרנד תשוה בכל חוקותיה לתנועת המטוטלת, והוא: כאשר לא ישתנו זמני התנופות בהמטוטלת בין אם תניף בקשת גדולה ובין שתניף בקשת קטנה § 275 כן לא ישתנו גם זמני ההרעדות בהנעדרנד אם קשתות הרעדותיו תתרחקנה או תתקרבה זו לזו, אמנם בזה ישתנו שבעוד אשר תנועת מורה השעות המטוטלת לא תקרים את מהלכה בהמשכה במשקלים הכבדים פי שנים כי אם בזמן מינוט אחד לכל 24 שעות, יקרים מורה שעות הנוצי שש שעות לכל 24 שעות כאשר נתן בו נוצה הדוחקת בו בכח משנה.

§. 424. פעולת לוח ההעמדה. מהמבואר עד הנה נודע שהמשורר התנועה הוא הנעדרנד, ונבאר פה עוד הכנה אחת שעל ידה נשלמה מלאכת מורה השעות בתכלית השלמות, והיא הנקובה בשם ההעמדה (דים סטנדרט), והוא: הנעדרנד יגשר את תנועת המורה, יען שעל ידו יהיו זמני הרפיקות שווים זה לזה במדתם, אולם במה נקצוב את זמן הרפיקה? כי הלא דעת לנבון נקל שכשם שאפשר לעשות מורה שידפוק 240 דפיקות למינוט, כן יוכל להעשות גם באופן הזה שידפוק 230 או 250 דפיקות למינוט, שבאופן הראשון יאחר ובאופן השני ימדר את תנועתו, והנה במורה המטוטלת נוכל לאחר את תנועת המורה הממחר בתנועתו על ידי העתקת העדרשה מהמטוטלת למטה ולמדר את התנועה המתונה שלהמורה על ידי העתקת העדרשה למעלה, באופן הראשון תתארך המטוטלת ותנופותיה תהיינה מתונות לפי § 275, ובאופן השני תתקצר המטוטלת ותנופותיה תהיינה נמהרות, ר"ל: במטוטלת שתניף 59 תנופות למינוט נוכל לשנותה על ידי העתקת העדרשה למעלה מעט עד שתניף ששים תנופות ובמטוטלת שתניף 61 תנופות נוכל לשנותה על ידי העתקת העדרשה למטה שתניף רק ששים תנופות, וכן גם במורה שעות האמתחתי נוכל למחר או לאחר את זמני הרפיקות על ידי הכנת ההעמדה צורה 377, והוא: פעולת האופן המשוה בהמורה שעות האמתחתי היא כפעולת המטוטלת בהמורה שעות בעל המטוטלת, והנה לו היה אפשר לנו להקטין ולהגדיל את האופן (ימין) הזה מבלי לשנותו בעצמותו, אז היינו יכולים גם כן למחר את הרפיקות אם תתמהמהנה ולאחר הרפיקות אם תמהרנה, אולם כל משכיל יבין שזה בלתי אפשר, אחרי שכל שינוי שנשנה בהאופן המשוה תהיה השתנות מתמדת בגוף האופן ולא השתנות עוברת כהשתנות מצב העדרשה במוט המטוטלת, ולכן לא נשנה

את האופן עצמו אך את הנעידונר, והוא: כל גוף הנרעד יתערך במהירות הרעדותיו בערך מהופך לארכו, ר"ל: שני גופים מחומר אחד, אחד ארוך ואחד קצר שנרעדו שניהם בכח אחד, או ירעד הגוף הקצר הרעדות רבות במספרן מאשר ירעד הארוך הנקל יותר להשתנות בתכניתו מהגוף הקצר, ולכן ישוב בנקל גם לתמונתו הראשונה בזמן קצר מאשר ישוב בו לתמונתו הגוף הקצר טמנו, ולכן אם תצליח לנו למצוא פה תחבולה להאריך או לקצר את הנעידונר, או נניע כבר למטרתנו לקצוב את זמן הרפיקות ככל חפץ לבבנו, למחר אותן אם תאחרנה על ידי התקצרות הנעידונר, ולאחר אותן אם תאחרנה על ידי התארכות הנעידונר, ההתארכות וההתקצרות הזאת במדת הנעידונר, תעשה בעזרת המחט A הקבוע בהקשת בעל השנים, והוא: בתוך

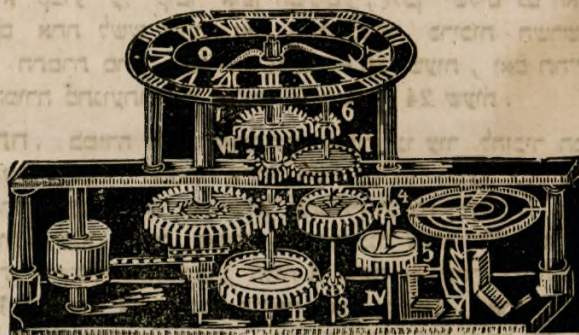
צורה 377.



המחט יקצא חריץ עמוק בהנקודה B ששערת הנעידונר תעבור בו, והנה חלק הנעידונר מן C עד B הוא מובדל על ידי המחט מיתר חלקי הנעידונר הנרעדים, ולא ירעד בהרעדת החלקים הנותרים, הנעידונר יתחיל לרעד רק מהנקודה B והלאה לצד שמאל, שני הקשת תאחזה בשני האופן הקטן שעל סדנו קבוע מורה ההעמדה (העמדה) D באופן שבהתנועע המורה מהימין להשמאל תעתק קשת בעל השנים מהשמאל להימין והמחט A יתקרב אל C, החלק B C הבלתי נרעד יתקטן או, ואורך חלקי הנעידונר הנרעד יתגדל או, ונהפוך הוא כאשר נניע את המורה D מהשמאל להימין, תעתק הקשת בעלת השנים מהימין להשמאל, המרחק שבין C ובין B יתגדל או, והנעידונר יתקצר, מתחת להמורה קבוע לוח מחולק לחלקים, המורים על כמות ההעתקה שנעתק המורה D, הלוח הזה נקוב בשם עינול ההעמדה (העמדה), והנה בהיות מהלך המורה שעות נמהר יעתק המורה D מהשמאל להימין ובהיות מהלכו מתון יעתק המורה מהימין להשמאל.

§. 425. מעשה מורה שעות האמתחתי (היינו ששערת חייבט ממשכנחזה). בין שני פחי נחשת קלל A B נצב לשמאל בית הנוצה (הפדמט גסחוי) C אשר מעשהו נחבאר לנו כבר § 421 המחובר על ידי השרשרת (קסטס) לאופן החומט § 383 ואשר בנרו תמצאנה ששים שנים, קוטר אופן החומט הוא מרובע (פיסקקין) בקצהו העליון, ועל ידו תפתח הנוצה המגוללה בעזרת מפתח-מורה-השעות (החכסויסעו), שני אופן החומט תאחזה באופן המניע I שמספר שניו הוא עשר, על קצה הקוטר מאופן המניע I יקצא אופן המינוטע (הינוטענרד) II שמספר שניו הוא ששים, והמשלים תקופתו במשך שעה אחת ועל קצה קוטרו למעלה (התחוב דרך לוח הציונים) (היפסכבולוט) מחובר מורה המינוטען (הינוטענלייגט), האופן המינוטע יאחזו בהאופן המניע 3 שמספר שניו הוא ששה, ועל ידי זה יאצול את תנועתו גם להאופן III המחובר על הקצה העליון מקוטר האופן 3, האופן III יקרא בשם אופן הביניים (היינוטענרד) ומספר שניו האופן

הוא 36 שתאחזנה בשני האופן המניע 4 שמספר שניו הוא **ששה**, על קוטר האופן המניע 4 קבוע **אופן הכתר IV** (קלנגמל) ומספר שניו ארבעים ושמונה, ושני האופן הזה תאחזנה בהאופן האופקי V ומספר שניו הוא **ששה**, ואשר בקצה קוטרו הימני מחובר אליו האופן ששניו המה בשני המגרה והנקיב בשם **אופן העליה** (פסינגמל) ומספר שניו חמש עשרה, בקצה הימני שבהצורה 378 ימצא הנעדר (מוכנה) שפעולתו נתבארה לנו § 423 **וההעצרה** (יום המנוחה) המישר את מחלק המורה שעות, בכלל תורה לנו הצורה 378 משמאלה את מוכנת הכ (קלנגמל) ומימינה את המוכנה המישרת (קלנגמל) להישר לכת האופנים המעתיקים והמשנים את התנועה, על הרוב תיושר התנועה במרה ההיא אשר האופן הכתר IV ישלים תקופתו בכל מינוט, וזה נוכל בנקל לצמצם על ידי התארכות או התקצרות הנוצה הדקה או השערה על ידי לוח ההעמדה § 424, ובאשר שמספר שני אופן הכתר הוא 48 ומספר שני האופן 5 הוא ששה, לכן בעוד שישלים אופן הכתר תקופה אחת ישלים האופן 5 האחו בו ואתו יחד האופן העליה (הקבוע על קצה קוטרו) שמונה תקופות, ובאשר שמספר שני אופן העליה הוא 15 ובכל תנופה כפולה (דלסמל סווינגונ) שיתנועע הנעדר אנה ואנה יעתק אופן העליה כמדת שן אחת, לכן דעת לנכון נקל כי לתקופה שלמה של האופן העליה יצטרך הנעדר להניף 30 תנופות, ולכן מספר תנופותיו למינוט הוא $8 \times 30 = 240$, ולכן בכל זעקונד ירעד הנעדר $240 : 60 = 4$ הרעדות, וזו צורה 378.



בשש השנים של אופן המינוט II, ולכן יתמהמה האופן המינוט עשר פעמים בתקופתו יותר מהאופן הביניים, ובאשר שאופן הביניים ישלים את תקופתו בששה מינוט לכן יצטרך לאופן המינוט $10 \times 6 = 60$ מינוט, נמצא שאופן המינוט ואתו יחד גם המורה (ינגמל) הקבוע על קוטרו ישלימו את תקופתם פעם אחת בכל שעה, בין הפת העליון B ובין לוח הציונים הוכנו האופנים שתכליתם היא להניע את המחט המורה על השעות (סוונגמל), האופן 2 הקבוע על קוטר אופן המינוט ישלים

את תקופתו בזמן אחד עם אופן המינוטע, ר"ל: פעם אחת בכל שעה, ולכן יקרא בשם
אופן מניע המינוטע (מינוטע נגסריבס), האופן הזה יאחו בשנים עשר שינוי בשיני האופן
VI שמספר שינוי הוא 28, ולכן ישרים האופן 2 ארבע תקופות במרם שישלים האופן
VI תקופה אחת, נמשך מזה שהאופן VI הנקוב גם בשם אופן המחליף (ומסכסאחד)
ישלים את תקופתו פעם אחת בארבע שעות, ולכן ישרים גם האופן 6 הקבוע על קוטר
אופן המחליף תקופה אחת לארבע שעות, האופן 6 יאחו בשש עשרה שינוי בשיני
האופן VII שמספרם הוא 48, ולכן יקיף האופן VI שלש תקופות במרם שישלים
האופן VII תקופה אחת, ובאשר שזמן תקופת האופן VI הוא ארבע שעות לכן יהיה
זמן תקופת האופן VII $3 \times 4 = 12$ שעות. קוטר האופן VII הוא חלל
וקבוע כנרתק על קוטר אופן המינוטע, אולם הקוטר החלל הזה איננו דבוק להקוטר
של אופן המינוטע, ולכן יתנועע חפשי על הקוטר החלל שיגיע בראשו למעלה מלוח
הציורים שעליו קבוע המחט המורה על מספר השעות שישלים את תקופתו בכל
שנים עשרה שעות כמדת זמן התקופה של האופן VII הנקוב גם בשם אופן השעות
(ספונדנטנלד), כמות הזמן שיתמיר מורה השעות האמתחתי במהלכו אחרי אשר נמתח
בעזרת המפתח הוא מתערך: A) למספר כריכות השרשרת מסביב להתוף, B) למספר
שיני האופן המניע I האחוזי בהאופן החומט, ובאשר שמספר שיני האופן המניע 1 הוא עשרה והוא
יאחו בשינוי בששים השיניים של אופן החומט, לכן דעת לנבון נקל שהאופן החומט
יצטרך לתקופתו זמן ארוך שש פעמים כזמן תקופת האופן המניע 1 המשלים תקופתו
פעם אחת בשעה יען שהוא קבוע על קוטר אופן המינוטע, ולכן ישרים גם האופן
החומט את תקופתו רק פעם אחת לשש שעות, ואם יהיה מספר כריכות השרשרת
על התוף ששה או יהיה זמן התמדת מהלך המורה $6 \times 6 = 36$ שעות, ואם תהייתה
הכריכות רק ארבע או יפסק המורה מתנועתו אחרי כלות $4 \times 6 = 24$ שעות.

§. 426. מעצר המפתח. במורה שעות האמתחתי נצרך לנו עוד להזכיר הכנה

שעל ידה תעצר תקופת המפתח אחרי אשר נמתחה הנוצה כל צרכה
למען שלא תנתק השרשרת או שלא תתפצוץ הנוצה, לתכלית הזאת
תעשינה הכנות מהכנות שונות, ואנחנו נבאר ההכנה צורה 379, והוא על
מסמר ההמתחה (מולימסיס) קבוע הלוח A אשר שן אחת לה הנקובה
בשם מאחו (גרייס) אשר בכל תקופה יאחו המאחו באחד מכנפי
האופן (בעל חמש הכנפים) ויניע אותו במרחק כנף אחד כל עוד
שהור הבלתי חרוץ מהלוח A יעמוד למול האופן B או לא יגעו
A, B, זה בזה, A יתנועע חפשי אבל B לא יוכל להתנועע מסבת הקיפו
בכנפיו השקערוריות את המקיף הגבנוני של A, ורק כאשר יאחו המאחו
באחד מהכנפים של B או יוכל גם B להתנועע כאשר כי אז יוכל
קצה האחרון מהכנף להתנועע חפשי בהקשת השוקעת אשר על יד §,
באופן הזה יוכלו ארבעה כנפים לעבור בזה אחר זה בתוף הקשת S והמסמר יקיף ארבע
תקופות שלמות, ואם נקיף עוד פעם חמישית את המפתח אז יבוא הכנף החמישי f

צורה 379.

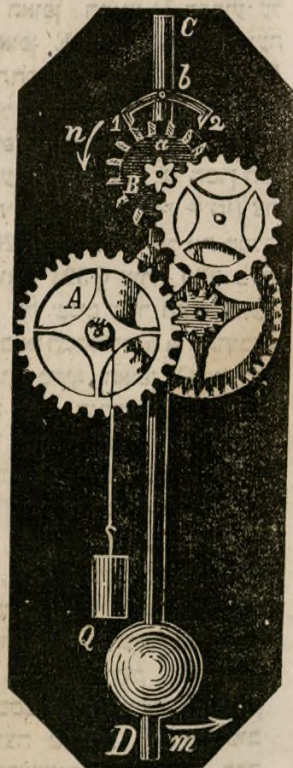


המשונה בתבניתה מכל יתר הכנפים, והוא: כי תחת שהארבעה כנפים המה שקעוררים (קליקטו) ב'רם, יהיה הכנף f גבנוני (קליקטקס), שני המקיפים הגבנונים ר"ל אשר למקוף הלוח A ואשר למקוף הכנף B יעצרו איש את אחיו והתקופה תפסק, בעת שהמורה ילך בדרכו ישוב הלוח A לאחור עד שתשוב תכונתו כבראשונה, ר"ל כמו שהיה לפני ההמתחה.

427. §. תיקון מורה שעות הממוטלת פנימה. הצורה 380 תורנו את מעשה האופנים המניעים את המורים (יגפג) אשר למורה שעות הממוטלת, והוא: מסביב להסדן

צורה 380.

אשר להאופן A כרוך חבל ארוך אשר בקצהו האחד נתלה המשקל Q , והנה המשקל היה מתגבר במהירות נפילתו כמבואר 231 §, 420 §, ולכן היתה גם מהירות תנועת האופן A תנועה מתגברת, אולם הממוטלת $D C$ הסובבת על קוטרה a תשים מעצור להתגברות התנועה הזאת לפי 420 § על ידי העוגן b , כאשר תהיה תכונת הממוטלת זקופה וישרה אז יאחו הקרס 1 אשר להעוגן b באחת משיני האופן B הנקוב בשם אופן העליה (סטויגלד), מנמט תנועת האופן B היא בנמיות החץ n , אולם כל עוד אשר לא תשנה הממוטלת את מצבה הזקופי לא יוכל האופן a להתנועע, אבל כאשר תתנועע הממוטלת לשמאל או ישלח הקרס 1 לחפשי את שן האופן a אשר נאחו בו, ולכן יתנועע האופן a חפשי או מבלי כל מעצור בנמיות החץ n , אולם כמעט עבר האופן בתקופתו כמלא רוחב מחצית השן והנה הקרס 2 אשר להעוגן b יאחו בשיניו, האופן a יעצר שנית בתנועתו עד אשר תשוב הממוטלת להתנועע אל הימין בנמיות m ואז ישלח גם הקרס 2 לחפשי את שן האופן a , האופן a יעבור שנית בנמיות החץ n כמלא רוחב מחצית השן, נמשך מזה כי האופן a יעקץ מדי פעם בפעם במדת שן אחת להלאה למול n כאשר תשלים הממוטלת שתי תקופות, ונמשך מזה אם יהיה מספר שיני האופן a שלשים, אז ישלים את תקופתו אחרי כלות הממוטלת שישים תנופות, ולכן אם תהיה הממוטלת רגעית 280 § אז ישלים האופן a תקופתו בכל מינוט ועל קוטרו היוצא דרך מרכז לוח הציונים יושם מורה הזעקונדען, ואם נרכיב עם האופן a עוד אופנים אחרים הנערכים

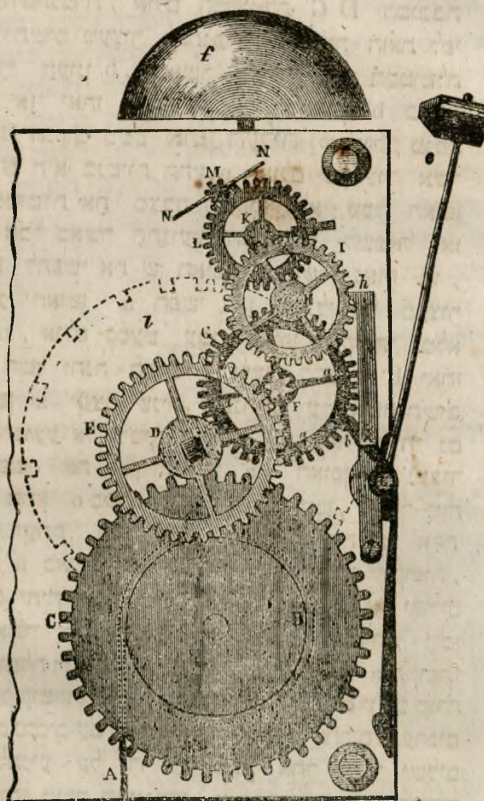


במספר שיניהם במערכה נאותה או נוכל להניע על ידו עוד אופן אחר אשר ישלים את תקופתו במשך ששים מינוטען ועל קוטרו יותן מורה המינוטען, ובאמצעות אופנים מניעים נוכל להניע על ידי האופן המינוטען גם אופן אחר אשר ישלים את תקופתו רק פעם

אחת לשנים עשרה שעות ועל קוטרו יותן מורה השעות (סגורדנטלינגס), כאשר נתבאר לנו באר היטב § 423 בביאורנו למעשה אופן האמתתה, את פרטיות מעשה מורה שעות המוטלת פניהם ביארנו לנכון בחבורנו הגדול חוקות שמים וארץ.

§ 428. מעשה המצללים אשר למורה השעות ההולך בכח המשקלים (סלמוסקט מן גסוויטסמאוחטקט), הצורה 381 תורנו את מעשה המצללים המתנועעים בכח משקלים כבדים כאשר יתעוררו האופנים בזמנים קצובים להתנועע על ידי האופנים אשר במעשהיהמהלך (גסהוטסקט), והוא: בעזרת החבל A ימתח המשקל הקשור בו את הצילינדער B המחובר עם אופן C על ידי קרם המעצר (גססטרט), מהאופן C תעתק

צורה 381.



התנועה על האופן המניע D הקבוע על קוטרו של האופן E וממנו תעתק התנועה במהירות מתחלפת להאופן המניע F ולהאופן הגדול G ולהאופן המניע H ולהאופן הגדול I ולהאופן המניע K ולהאופן הגדול L עד הסדן בעל השנים M, על הסדן הזה מחוברות שתי כנפי רוח (ווינד מלינגס) צד 150 צורה 200 אשר כוננו לישר את מהלך האופנים כמבואר § 321 צורה 280 בעת אשר יתנועעו כל שנים עשר האופנים עם הסדן החרוץ יבואו המסמרים a a התחובים בחורים שבתוך מקיף האופן G וידחקו בזה אחר זה את הנושא b ויגביהו אותו ויעזבו אותו לנפול מאליו אל מקומו הראשון, C הוא קוטר המסיבה (דכטהונגס חקסט) של הנושא b ועל קוטר המסיבה הזה קבוע גם הנצב הספוגי של הפטיש e, בעת אשר ינחתו האופנים לא יגע הפטיש בהפעמן f וכאשר יוגבה הנושא b על ידי אחד מהמסמרים a, אז ידחק הפטיש עוד למרחוק מהפעמן, אולם בעזוב המסמר את הנושא אז ידחק הנצב בעזרת נוצה ספוגית ויוכרח לשוב אל תכונתו הראשונה, אמנם בכח התמדת התנועה ובכח ספוגיות הנצב יעבור הפטיש את מקום מנוחתו וידפוק על הפעמן f וישמיע קול צלצל ואחר הרפיקה ישוב לאחר הפטיש בכח ספוגיותו למקום מנוחתו התמיד, ולמען אשר

ינוחו אופני המצללים די לנו לעצור אך אופן אחד מהם, על הרוב יעצר האופן 1, והוא: המסמר J האוחז בו יהיה פעם חפשי בתנועתו ופעם יעצר בדרכו והמסמר יעצור אתו יחד גם האופן i וכל יתר האופנים ובעמרו יעמורו, הנושא h הנקוב בשם גאולה (מיוסלון) והסובב על צירו g ינוח בעזרת נוצה ספוגית בתכונה כזאת אשר המסמר i ישען על ראשו, והנה אם ימשך הנושא h g אחורנית או יגאל המסמר i ממאסרו והאופן J גם המסמר עם כל יתר האופנים יתחילו להתנועע בכח המשקל המושכם, וכאשר ישוב הנושא h g לתכונתו הראשונה אז יעצר שנית המסמר בפגשו בו, והנה במשך התנועה אשר ינוע האופן i G יבוא אחד מהמסמרים a מעל להנושא b וידחיקו אותו והפמיש יכה על הפעמון דפיקה אחת, הנושא h g ימשך אחורנית בעזרת הכנה אשר במעשהיהמהלכים (מפחמסוקס) בכל שעה ושעה, והנה לו היתה התכלית הנרצה שהמורה יכה בכל שעה ושעה רק הכאה אחת, כי עתה היה די להכנה פשוטה אשר בכל פעם שיורה מורה השעות (ססונדסן זייגנג) על ציון אחד מציוני לוח הציונים ימשך הנושא פעם אחת, אולם באשר כי התכלית הנרצה היא שיכה הפמיש בכל שעה ושעה במספר הציון אשר המורה יעמוד אצלו ר"ל בשעה הראשונה 1, בשניה 2, בשלישית 3 הכאות, וכן בכל, ולכן נצרך לנו להכנה כזאת אשר בשעה הראשונה ישוב הנושא מיד אחרי ההכאה הראשונה ובשניה אחרי שתי הכאות, בשלישי אחרי שלש הכאות ובשנים עשר אחרי שתים עשרה הכאות וזה מעשה ההכנה: על קוטר האופן E קבוע לוח עגול t הנקוב בשם אופן-המספר (מחלמד) ובו ימצאו חריצים אשר יגדלו במרחקם זה מזה והגדלת המרחקים הזאת תתרבה בנטיה מנגדת לנטיית תנועת הלוח, וְ הַלּוּחַ הַזֶּה יחלק לפי זה לשנים עשר חלקים בלתי שווים אשר החלק היותר צר יקרב אל החלק היותר רחב, על יד הנושא המעציר ימצא אצלו עוקץ K בתבנית יתר אשר חורה ינוח באחד מחריצי אופן המספר כל עוד שלא נעתק הנושא המעציר מהמסמר, והנה כאשר ינתק הנושא המעציר מעל המסמר אז יתחילו האופנים אשר במעשה-המצללים להתנועע ובתנועתם יתנועע גם וְ הַאֲוֵפֶן הַחֲרוּץ וְאֵז תבוא הבליטה אשר בין חריץ לחריץ שבהאופן ותתיצב לשמן לעומת הנושא והיתר לכל ישובו לעצור את האופנים עד אשר תעבור קשת הבליטה הזאת לפנייהם וְאֵז יבוא שנית חוד היתר K בתוך החריץ והתנועה גם ההכאה תעצר, והנה דעת לנבון נקל כי כל שתגדל קשת הבליטה העוברת לפני היתר כן תרבינה גם ההכאות הרצופות אשר יכה הפמיש בעת תקופות האופנים הבלתי נעצרים, ולכן תעשינה הבליטות בערך גדלן זו לזו כערך המספרים המכעיים אשר מן 1 עד 12, ובאשר כי האופן i יצרך להשלים את תקופתו בכל הכאה והכאה ומספר ההכאות מן 1 עד 12 הוא 78 לכן נצרך להאופן f להשלים 78 תקופות שלמות בעוד שיקוף אופן-המספר תקופה אחת.

פרק שמונה עשר

הולדת האויר המאור (אייטגלשט)

§. 429. אויר המאור (אייטגלשט). אויר המאור הוא יסוד-מימי-הפחמי (קלעהנפונחסטפ)

סטפן), אם נקה שפופרת צרה של זכוכית מאורך רביעית האמה ונמלא אותה בפחם של עץ שחוק ואת השפופרת נסתם במגופה מנוקבת אשר קנה של זכוכית צרה ופתוחה משני עבריה קבועה בה, ונחזיק את השפופרת בידנו מעל לפנס (למפס) של שפירמוס צורה 382 אז יולד בהשפופרת גוף אוירי היוצא דרך קנה המגופה ויריה בריח נאלח על כל סביבותיו, ואם נחזיק נר דולק מלפני פי הקנה אז ידלק האויר היוצא מהקנה ויבער בשלהבת מאירה מאד והאויר הזה יקרא בשם יסוד מימי-הפחמי או אויר-המאור, האויר הזה הוא הרכבה מן יסוד הפחמי עם יסוד המימי שיולד מהשרפה הבלתי נשלמת של הפחמים, וכאשר נדליק אותו אז יחובר עם יסוד החמצני ויפרד לשני גופים, והמה: חומץ הפחמי עם קיטור מימי.



§. 430. הארת חוצות הערים באויר המאור. בכמותים גדולים

הולידו האנגלים לראשונה 1798, את האויר המאור על ידי צריפת פחמי האבן (דוק דיסטילאטין דעס סטייקקלשטן), האויר הזה הוא מורכב בערכים שונים והוא 70 עד 80 חלקים מיסוד הפחמי גם 5 עד 8 חלקים מיסוד החמצני גם 5 חלקים מיסוד המימי וגם כמותים קטנים מברזל-גפרית-הכפול ($Fe S_2$), ובלעדם גם מעט יסוד החונק, בשנת 1802 האירו וואט ובאלטון לראשונה בהאירו זה את בית מלאכתם לבניני מוכנות הקיטור אשר בוצהא הקרובה לכירמינגסהאם, ובשנת 1812 האירו חוצות לאנדון ובשנת 1817 גם חוצות פאריז, וכעת יוארו כל הערים הגדולות שבאיראפע מהאויר הזה, ולכן נבאר בהסימנים הבאים את אופן הולדת האויר המאור ותבנית ההכנות הנצרכות לזה.

§. 431. אופן מלאכת אויר המאור. הצורה 383 תורה לנו את הכנות האויר המאור,

והוא: פחמי האבן שגורצה להוציא את האויר המאור מקרבם יותנו בשפופרת של ברזל ארוכות בשלש אמה ושאלכסונו הוא כמרת 1 גל המסומנות בהצורה 383 עם האות z הקבועות בתכונה אופקית בתוך תנור גדול זו בצד זו באופן שאש התנור תוכל להקיף אותן מכל עבריהן, אחרי שתמלאנה השפופרות בהפחמים תסגרנה במסכות ברזל ובכל תנור ימצאו 10 עד 12 שפופרות כאלה ובבתי הכנות האויר המאור הגדולים ימצאו תנורים אחרים זה בצד זה, התנורים יוסקו באש חזקה עד שתהיינה מלוכנות, השפופרות שהפחמים נמלאו בהן, על ידי החום החזק יוצא האויר המאור מהפחמים דרך קני מנהלי האויר המיוחדים לזה ואחר שש שעות יוגרפו הפחמים שיצאו מהם האוירים ותמלאנה השפופרות עם פחמי אבן חדשים, הפחמים הגרופים יסכנו להסיק בהם את תנורי מוכנות הקיטור

והמה עוברים לסחורה בשם קאָאָקס להסיק בהם את מוכנות הקיטור ומוכנות עגלת ואנית הקיטור.

§. 432. אופן מדרת אוויר המאור. האוויר המאור בהולדו בהשפורת הוא

בלתי טהור יען

שהוא מעורב

בקיטורים מופתר

א ב ו־רה פח מי

(טטין קאָהלן = טהשכ)

מחומץ גפריתי

ומחומץ הפחמי ,

הקיטורים האלה

יפרדו מהם על

ידי ההצטננות

ויהפכו לנוזלים ,

והוא : מהשפורת

r ילך האוויר

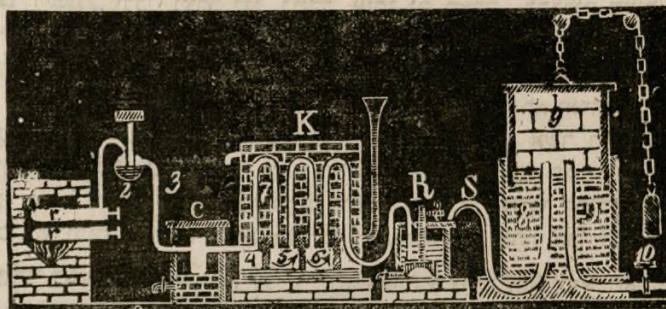
. 383

. 384

. 285

. 386

. 387



מודר האוויר | הכנת הטהרה | הכנת המקררת | מקוה הזפת | תנור

דרך קנה מתכותי 1 בראשונה למעלה מעט ואחרי כן יורו למטה דרך הקנה 3 ובאורך הדרך הזה יצטנן האוויר וקיטוריו פתחמיהאבן ישוב לנוזלים כמעט יעבור דרך הכלי 2 והופתהנוזלי שיוולד מהם יקוה בהמקוה C הנקוב בשם מקוההזפת (שהטלימסטקט) צורה 384 ועל ידי ברזא הקבועה בה יורק הזפת ממנה החוצה .

§. 433. הכנה המקררת (קיחולמפסטלט). אחרי הטהרה הראשונה שנטהר את

האוויר המאור מהזפת יוכל בההכנה המקררת (קיחולמפסטלט) K שבהצורה 385 , ושממה יטהר לגמרי מקיטורי הזפת שנשארו עוד בו , ההכנה המקררת K היא תיבה של ברזל גדולה אשר קרוב לתושבתה התחתונה תקצא עוד תושבת שניה שעל ידה יתלק חלל התיבה לשני בתים תחתיים ושניים , הבית התחתון יתלק עוד לחדרים קטנים רבים אשר קירות וקופות תבדילנה ביניהם , הקירות האלה לא תגענה מהתושבת העליונה להתחתונה אך קצותיהן התחתונות הנה טבולות בהמים הממלאים את הבית התחתון , את תבנית הקירות תורנו הצורה 385 בהמספרים 4 , 5 , 6 , האוויר שיובא לראשונה בחדר הראשון המסומן עם הציין 4 לא יוכל לבוא משמה מבלי אמצעי להחדר המסומן עם 5 , יען שהקיר הזקוף גם המים יעצרו אותו מלבוא שם , ולכן מוכרח הוא ללכת בדרך ארוכה בהקנה הכפופה כדמות דיופי (הטבמלמטטיג) 7 הנמצא בחלל העליון מההכנה המקררת , ולכן ילך לראשונה בתוך הקנה הכפוף למעלה ומשמה ירד למטה אל החדר השני 5 ומתחדר 5 יבוא גם כן בדרך עקלתון על ידי קנה כפוף להחדר 6 , כה יעבור האוויר המאור דרך ארוכה בהקנים הטבולים במים קרים עד שיטהרו וכל הקיטורים הזרים שבו יתעבו על ידי הקור לנוזלים ויפלו בכובדם למטה בהקנים , בתוך הקנה לימין התיבה אשר פה רחב לו בתמונת משפך ישפכו מים קרים אל ההכנה המקררת בעוד אשר

המים שבהכנה שכבר נתחממו יזבו משמאל להכנה על יד הכרזא הכפופה למטה.

434. § הכנת המהרה (כיינינגסמפסטרס). כאשר יצא האויר המאור מההכנה המקררת אז יארחו עוד אתו לחברה שני גופים אויריים, והמה: חומץ-הפחמי וחומץ-מנופרת (קקוולס=לונד סופסטייגס זייטרכס), ולכן נצרך לנו למהר אותו גם מאלה, לתכלית הזאת הוכנה הכנת המהרה (כיינינגסמפסטרס) R צורה 386, והיא תיבה או על הרוב גוף צילינדרי עשויה מפחי ברזל עבים והממולא עם מי סיר, הסיר שבהמסה יתאחד עם החמוצים שבהאויר המאור ויתהפך לגוף חדש בתמונת אבק דק, ולמען אשר לא יארחו חלקי הסיר בהמסה למטה עוד בטרם שיתאחדו עם החמוצים הוכן סרן זקוף אשר רחתות אחרות קבועות בו, הסרן הזה יוקף בידי אדם על ידי קורבעל או גם על ידי פעולת איזה מוכנה למען שלא ישקמו המים מתנועתם ויוליכו אתם את חלקי הסיר, פה יעזוב האויר המאור את כל תערובות היסודות הזרות אשר בו ויצא ממנו נקי וטהור דרך השופרת 8.

435. § מודר האויר (גלופוסטס). על ידי השופרת 9 צורה 387 יבוא האויר בתוך ההכנה 9 הנקובה בשם מקוה או מודר האויר (גלופוסטס) והוא גם כן צילינדרי בנוי מפחי ברזל עבים כנודל הבית סגור וססוגר מכל עבריו, אולם בתחתיתו לא תמצא כל רצפה והנה היא מבולה בתוך מקוה מלאה מים שמתחתיה כמו צלוחית ההפוכה בתוך קערה מלאה, הצילינדרי הזה יתלה בכבל כרוך על שני גלגלים, תוצאת שופרת מנהלת האויר 9 היא מעל להמים שמתחת להנאזעמעטער, האויר המאור יצא ממנו ויעלה בתוך הנאזעמעטער ויריס אותו מהמים כל עוד שירבה כמות האויר המאור שבו, קרוב אל שופרת הניהול 8 תמצא שופרת השניה 9 הנקובה בשם שפופרת הראשי (הויססכח), בהשופרת הזאת תמצא הכרזא 10 שממנה יבוא האויר בכל השופרות היוצאות ממנה והמספקות אויר המאור לכל הפנסים (למפנסן) שבעיר, אחרי שיתמלא הנאזעמעטער תפתח הכרזא 10 ותסתם הכרזא שבהקנה 8 למען שלא ישוב האויר המאור בדרך שבא, על הנאזעמעטער יוסבלו משאות כבדות ואז יורחק האויר המאור לצאת בחזקה דרך השופרת הראשי לכל הקנים המחוברים אותה, מלפני כל פנס שבעיר בין בחוצות או בבתים תמצא ברזא שתפתח בעת הרלקת הפנס ותסתם בעת הכיבוי.

436. § אויר העצים (הפון-גאז). במקום שפחמי אויר האבן יקרים ישתמשו בהאויר הזה לראשונה השתמשו בו במינכען 1851 וכעת ישתמשו בו בערי גרמאני רבות, את האויר הזה יולידו על ידי משרפות העצים בשפופרת כמעשה משרפות פחמי האבן § 131, האויר הזה לא יוצרך להמהר מיסוד-מימיהגפריתי ומן אמאניאק כאויר הפחם, אולם לעומת זאת יכבד מאד לנקותו מתערובת חומץ הפחמי שמעורבים בו בכמוטים גדולים.

437. § מחיר האויר המאור (פרייז). מחיר אלף רגל מעוקבים מאויר המאור בבערלין הוא 3 גולדען ובמאנענצע (מאלין) 5 גולדען ומחיר אלף רגל מעוקב מאויר העצים במינכען ובדארעמסטרם הוא 6 גולדען, מן 1 ליטרא פחמי אבן נוכל להוליד 4 עד 5 רגל מעוקבים אויר ומן 1 ליטרא עצים $4\frac{1}{2}$ רגל מעוקבים, מן 1 ליטרא שמן 22 עד 25, ומן ליטרא שרף (המלן) 13 רגל מעוקבים אויר המאור, שלהבת המורגלה

תצרך בכל שעה ושעה לשרוף ערך ארבעה או חמשה רגל מעוקבים מהאוויר המאור.

§. 438. מוכנת המנין (מהלומסק). למען נוכל לבאר את ההכנות שעל ידן

יודע כמות שעות הדליקה או מורה שעות הדליקה או מורה שעות האוירי (גמזמזה) נצרך

לנו לבאר לראשונה מעשה מוכנת המנין, רבים מהקוראים ראו או שמעו שבערים הגדולות תמצאנה בהבתים המוארים באויר מאור (וייטגמוז)

מוכנות שעל ידן נוכל לדעת את כמות השעות שדלקה שלהבת האויר המאור במשך יום או שבוע או ירח או שנה, הכנה כזאת תקרא בשם מוכנת המנין (מהלומסק), מוכנות המנין תמצאנה

גם במוכנת טביעת המטבעות המודיעות לפקירי הבית את מספר המטבעות שנמבעו בזמן קצוב, גם עגלות יש שבהנה תמצאנה מוכנות

המנין למנות את מספר תקופות אופניהן, ולכן בנסוע איש בהנה יוכל לדעת בהביטו על לוח הציונים כמה הוא אורך הדרך שנסע

בהעגלה הזאת. עגלות כאלה תמצאנה בהערים הגדולות ותקראנה בשם עגלות מודדי הדרך (ויטגמזמזכרסקסן), ההמוני שיראה כי פקיר הארת

העיר יבוא אל הבית ומכלי לשאול את פי איש יגיד שבחורש הזה דלקו 315 שעות את

שלהבת האויר המאור, או ישמע את פקיד בית הטביעה שיגיד שבזמן קצוב הוטבעו 8367

מטבעות וכן ישמע את העגלון האומר שכבר נסעה העגלה היום 57080 רגל ירמיה כי האנשים האלה

כרתו ברית עם אחד מהשעירים שכל רז לא אנם להם והוא יגלה את אזנם מכל אשר נעשה פה. אמנם מה ישתומם לראות כי רק הכנה

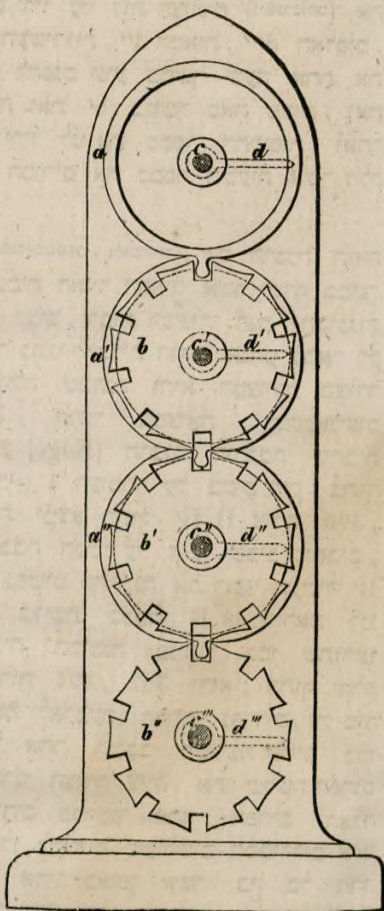
אחת פשוטה המכונה על אדני חכמת המעכאניק תמנה ותספור ותמרוד את מספר השעות, את

תוכן המטבעות ואת מדת הדרך. תבניות ההכנות האלה משונות הנה למאד לפי התכלית הנרצה מהנה, אך כולן נוסדו על יסוד

אחד, והוא: אחיות אופן בעל שיניים מועטות באופן (כמד) אשר שיניים רבות לו כאשר נתבאר לנו

§. 365, הצורה 388 תורה לנו הכנה כזאת מורכבת מששה אופנים שלשה בעלי שן אחת והמה a, a, a , ושלושה בעלי עשר שיניים והמה b, b, b , על הסרנים

צורה 388.

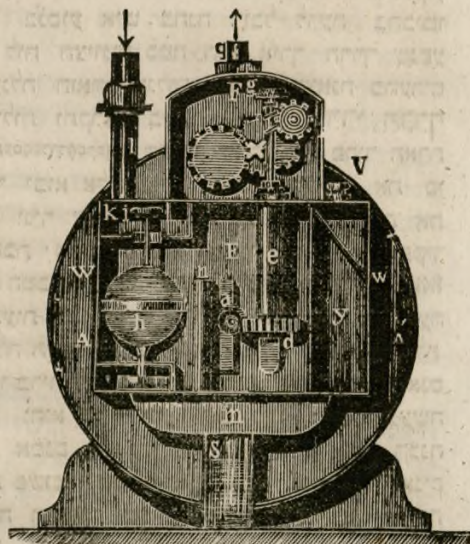


c, c, c, קבועים המורים (יגמל) d d d d, והיה כי ישלם האופן a תקופה אחת או יעתק האופן b במרחק שן אחת או $\frac{1}{10}$ ממקומו, לכן בהשלים a עשר תקופות ישלם b תקופה אחת וכן כשישלם b עשר תקופות ישלם c תקופה אחת, נמשך מזה כי C ישלם אך תקופה אחת כאשר ישלם a מאה תקופות, והנה דעת לנבון נקל כי בהשלים "b תקופה אחת ישלם a" עשר תקופות, המורים יורו על לוח הציונים (ניסכבולט) את מספר תקופות הגלגלים, המורה d יורה האחריות, d' העשיריות, d'' המאות, d''' האלפים, נניח כי שטף האויר המאור השוטף מהשפופרת להפנס יניע במשך שעה אחת את האופן a אז יניע את האופן b במשך עשר שעות ואת b' במשך מאה שעות, ואת b'' במשך אלף שעות, המורים d, d', d'', d''' יורו לנו את מספר התקופות, ואחר שיתספר התקופות הוא כמספר השעות לכן יודיעו המורים את מספר השעות אשר דלק (יזן) שהאויר ישטוף אך בעת הדליקה).

§. 439. מורה שעות הדלקת האויר (גלופוססססס, גלופולוהכ). שם ההכנה הזאת

יעיד על תכליתה והיא מוכנה שעל ידה נמדוד את כמות האויר המאור אשר ישרף במשך זמן קצוב, רבות ושונות הנה המוכנות אשר כוננו לתכלית הזאת ואנחנו נבאר רק

צורה 389.



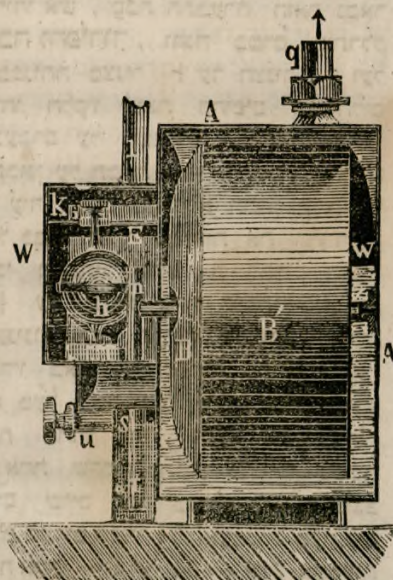
המעולה שבהנה והיא המצוירה בצורה 389, ואשר המציאה המעכאניקוס ערגע (Edge) ההכנה הורכבה מהבית (גמחיות) A העומדת על בסיס חזק, בתוך הבית ימצא התוף B B' צורה 390, הסובבת הפשי על קוטר סביב קוטבים, אם נפשיט מההכנה את דופני העיגולי B' ואת בליטת מסכה B אז תראה לנו תבנית המוכנה פנימה כמו שתורונו הצורות 391, 392 והוא: התוף יתלק פנימה לארבעה חדרים נפרדים זה מזה שכל אחד הורכב משלושה פחים כמו שתורונו הצורה 392 את שלשת הפחים שטוחים במישור אחד, הפחים האלה יקופלו לחדרים משולשים המסודרים איש מעל אחיו באופן אשר בין כל חדר וחדר ימצא סדק רחב על יד הקוטר Z Z'

החולך וצר כל עוד שיתקרב לצד המקיף, ולכן יהיה בין ארבעה החדרים חריץ עולה בלולים כתבנית מקיפי השוויוע ודרך החריצים האלה יבוא ויצא האויר המאור מהתוף, דופני השטח הקדים מהתוף הוא מקורה בתבנית תקרה (גלופולט) B והוא מדובק לזר דופני הבית A באמצעיתו ימצא חור עגול, מנגד להחור העגול הזה ימצא חור עגול שני גם בדופן E

שלהבית ובאמצעות החור הזה מחובר המקום הנסגר שבין מכסה התוף B ובין דופנו על ידי השפופרת x עם התיבה הסגורה E, כשם שהרופן הקרום מהתוף מכוסה במכסה מקורה B כן יכוסו כל דפנותיו מסביב בטבעת עגולי B' ועל ידי זה סגור ומסוגר התוף לפני האויר שלא יוכל לבוא בו רק דרך השפופרת x ולא יוכל לצאת ממנו אם לא יעבור דרך חריצי החרדים הארבעה שבו, אם נתבונן בהצורה 392 או נראה את תבנית ארבעה החרדים וסדרם, ונקל לראות שבהחדר A יהיה פתח הכנסת האויר במקום a ופתח יציאתו במקום b המנגד אל a וכן יהיה גם פתח הכנסת האויר בהחדר B על ידי e ופתח יציאתו על ידי d, עם הבית A מחוברת התיבה E רק על ידי העברת סרן התוף דרך דופנו (בהצורה 390 נראה את המקום הזה על ידי a). ועל ידי חיבור שפופרת זקופה n עם השפופרת הכפופה x שעל ידה יבוא האויר בהמקום שבין המכסה B ובין התיבה E, על ידי שפופרת v אשר צמיד פתיל מחובר לה צורה 390 יושפכו מים בתוך החדר y ועל ידי זה לא יוכל האויר הנמצא בהתיבה E לברוח החוצה, המים יעמרו בגובה אחד W W בהבית A ובהחדר E ובהתוף כמו שתורנו הצורה 389 והוא מחויב לפי חוקי מצב הנוזלים

צורה 390

בקנים משותפים § 172, והגובה הזה הוא קנה המדה שנמדוד על ידו את כמות האויר האצור בהכנה, מעבר השני יורק האויר דרך השפופרת i המחוברה להשפופרת המשתרעת בעומק האדמה מתחת לרצפת העיר ותבוא אל החדר K בעל דלת המתנועעת על צירה ובהפתח הדלת יבוא האויר דרך הנקב li אל החדר E ופה לא ימצא לו האויר דרך אחרת לבוא להתוף כי אם ללכת דרך השפופרת n צורה 391 ודרך השפופרת הכפופה x, והוא: באשר שכל המקומות הנותרים המה מלאים מים, כאשר נמלא את המים בתוך החדר y יעלו פני המים לראשונה עד פי השפופרת n אשר גבהו הוא הגובה התמידי (נקראו) הקטן) ממצב המים W W ואם נוסיף עוד לשפוך מים בתוך ההכנה או ירדו דרך n ומשמה דרך השפופרת t להכלי s הנתון מתחת להחדר y ומשמה יוכלו להשפך החוצה דרך ברזא שמחוץ להכלי (הברזא תוכל להסגר על מסגר), ובאשר שהכלי s יהיה תמיד מלא מים לבל ולכן תשאר תמיד השפופרת t סבולה מתחת לפני המים, ולכן בטוח הוא בעל הבית שבעל המאור לא יוכל לא בודון ולא בשגנה



T. I.

גם בעל המאור ידרשו שלא ישתנה גובה פני המים ממצבו התמידי, והנה לתועלת בעל הבית שלא יעלה מצב המים גבוה מעל פני המישור התמידי ולא יתקמן החלל, כבר הראינו לדעת שלזה נתקנו השופרות n גם t , אולם לשמור גם את בעל המאור מנזק שלא ירד עמוד המים למטה מהמישור התמידי וישראל תתגדל מכילת המקום הפנוי שבהתוף על ידי זה, גם לתכלית הזאת הוכנה הכנה מחוכמה, והוא: שהאויר המאור לא יוכל לבוא מצנור ההשפעה i וחרר בעל הדלתות K לתוך התוף אם לא יפתח לראשונה הדלת i , ולתכלית הזאת נתקן בהחרר E כדור נבוב h אשר על שפתו העליון ימצא קנה חלול ונצב הנושא על ראשו חותם קעגולי (קעגול ווסטי*) ומשקל הכדור הוא מצומצם בדיוק כי יצוף וישקע במים עד עומק ידוע, קנה החותם הוא גבוה בשיעור הזה שחותם הקעגולי יתרום מעל הפתח i ולכן יוכל האויר המאור לבוא תפשי דרך סדק הקנה לתוך החרר E כל עוד שלא הורד גובה המים ממצבו התמידי, אולם אם הורדו המים בגבהם על ידי תרמית בעל הבית או בשגגתו, אז ירד הכדור h מטה ויחתום בחותמו ובכוכבו את פי הפתח i , ועל ידי זה תעצר השפעת האויר המאור לתוך התוף והשלהבת תכה מעט מעט עד אשר תכבה, ההכנה הזאת לא די שתשמור את בעליה מעול בודון אך גם תורה את שגגתם, והוא: המים הנתונים בהמוכנה יתהפכו על יד על יד לאדים, ולכן ברבות הימים ימטו מעצמם המים ומצבם ירד מטה ואז ירד אתם גם הכדור גם הקנה גם החותם הקעגולי שעליו ויחתום את הפתח העשוי כמשפך לקבל החותם בקרבה והאבוקה תכבה, ואז יודע כי באה העת למלאות את חסרון המים עד שוב מצבם אל המישור התמידי כבתחלה.

§. 441. מעשה האופנים אשר למורה שעות האוירי. אחרי שבארנו אופן

הכנה וקציבת המקום הפנוי שהאויר המאור ימלא אותו ויורק ממנו בכל תקופה ותקופה, לכן הלא מעתה יתבונן כל מבין מדעתו כי לו היה אפשר לנו למנות ולספור את מספר התקופות שהקיף התוף במשך זמן קצוב, ד"מ: יום, שבוע, חודש, שנה, אז הלא אם נכפיל ארבע פעמים מכילת החרר האחד מארבעה חדרי התוף עם מספר התקופות יודע לנו בזאת גם כמות מדת מעוקב אויר המאור שישרף במשך ההוא, ר"ל: אם נודע לנו ד"מ שמכילת המקום הפנוי היא $\frac{1}{8}$ רגל מעוקב ואם נספור כי במשך שעה שדלקה המוכנה הקיף האופן שמונה תקופות אז הלא נודע כי כבר נשרף 1 רגל מעוקב אויר המאור, אולם הלא לזה נצרך לנו להציג שומר שישמור וימנה את מספר התקופות לולא שהיתה לנו הכנה מחוכמה אשר תספור התקופות לבדה, והוא: כבר ידוע להמשכיל שהתבונן בדברינו § 438 שעל ידי מוכנת המנין שבארנו מעשהו שמה לנכון נוכל למנות את כמות התקופות שתעשה איזה מוכנה מתנועת, ולכן חוברה לה יחד המוכנה הזאת גם עם מורה שעות האוירי, וזה מעשהו פנימה, והוא: קצה הקוטר Z מהתוף יעבור דרך החור העגול שבדופן התיבה E , בקצהו a צורה 391 נחקקה שריובע בלי קץ (פנדקוט שריובע) § 391. השריובע תניע את האופן d שמספר שיניו הוא ארבעים, ובכל תקופה ותקופה

(*) געפאכט וויל מיין לואגעקעהטעס לוקער היסלען.

מורה שעות הדלקת אייר המאור

ף השרויבע ואתה יחד התוף יעתק האופן במדת שן אחת, ולכן תצרך השרויבע ואתה התוף להתנועע ארבעים פעמים בטרם שיקוף האופן d תקופה אחת, נניה שכמות המקום הפנוי מכל הדר הוא 54 אצבעות מעוקבים, או יהיה כמות מכילת המקום הפנוי שבארבעה החדרים $4 \times 54 = 216$ אצבעות מעוקבים $= \frac{1}{8}$ רגל מעוקב, ולכן בכל פעם שיקוף האופן d תקופה שלמה כבר הורק מהתוף $40 : 8 = 5$ רגל מעוקבים אייר המאור, קוטר האופן d שיעבור דרך שפופרת זקופה e המגעת למוכנת המנין שבהחדר F ישא על קצה העליון לוח המחולק לחמשה חלקים המצוינים בהציונים 1, 2, 3, 4, 5, למען שנוכל לקרוא על הלוח באר היטב את מספר רגל המעוקב מאייר המאור שיורה לנו המורה (יג) הקבוע על קצה קוטרו הוקף, מתחת להלוח העגול וקרוב לו קבועה על הקוטר הוקף עוד שרויבע--בלי-קץ שניה אשר תאחו במקיפה בהאופן שמספר שינוי הוא עשרים, ולכן בכל תקופה שיקוף האופן בעל עשרים-השינים הזה יורקו $20 \times 5 = 100$ רגל מעוקבים אייר המאור מהמוכנה, ועל קוטר של האופן בעל עשרים השינים מלמעלה קבוע מורה (יג) שיורה לנו על מספר מאות רגל המעוקבים אייר שכבר יצאו מהתוף, על הקוטר הזה קבוע עוד אופן מניע בעל ששה שינים האוחז בשינוי באופן גדול בעל ששים שינים, ולכן בכל תקופה שיקוף האופן בעל ששים השינים יצאו כבר מהמוכנה אלף $5 \times 20 \times 60 = 6$ קוטר האופן בעל ששה שינים קבוע מורה שיורה מספר אלפי הרגל מעוקבים אייר שנשרפו, ואם נקבע עוד על קוטר האופן בעל ששים השינים אופן מניע קטן בעל חמשה שינים שיאחו באופן אחר גדול בעל חמשים שינים או הלא יקיף האופן בעל חמשים השינים תקופה אחת אחרי שכבר השלים האופן בעל חמשת השינים עשר תקופות, ולכן המורה שיחובר לקצה אופן בעל חמשים השינים מלמעלה יורנו את עשירות אלפי הרגל, ד"מ: אם יעמוד המורה הרביעי על 1 והשלישי על 2 והשני על 3 והראשון על 4, אז נדע שכמות הרגל מעוקבים שנשרף הוא 12304 רגל, אם יהיה גודל פתח צנור ההדלקה עשוי באופן כזה שישרף בכל שעה ארבע רגל, מעוקבים אייר הנשימה, אז יהיה מספר השעות שדלקה האבוקה $12304 : 4 = 3076$ שעה, אם יהיה מחיר כל רגל מעוקב $\frac{1}{4}$ ק"כ אז יהיה מחיר השעות האלה במשך השנה 30 ר"כ 76 ק"כ.

פרק תשעה עשר

עבודת הכח. (מרכיב חיינער קראפט קדער נאכמאניטע מרכיבס).

§. 442. עבודת הכח. בהמושג עבודה (מרכיב) נבין את נצוח איזה התנגדות בזמן קצוב, בין שתהיה ההתנגדות בלי הפסק ובין שתהיה מתחדשת לרגעים במשך זמן ידוע, לכן תהיה העברת המשאות ממקום למקום, ממינות הורעונים, תשיבת העצים,

שאיבת המים וכדומה לזה, כולן עבודה מעכאנית, לפי שבכל אחת מהנה נצה הכח התנגדות קצובה בזמן קצוב. אין כל עבודה בעולם שלא ידרש לה גם מקום גם זמן, את מקום העבודה נכנה בשם **דרך-העבודה** (וויג דעס מאכטיג) ואת כמות הדרך שיעבור הכח העובר בזמן קצוב נכנה בשם **מהירות העבודה**, לפי הגדרה זוהי ישוה כמות העבודה המעכאנית להמכפלה הנולדת מכפילת כמות כח העובר על כמות מהירות העבודה, ובאשר שכל מכפלה תגדל בהגדלת אחת מידותיה (מאקסטרס), לכן תגדל גם העבודה המעכאנית בין על ידי הגדלת כח העובר לבד גם אם לא תשתנה המהירות ובין על ידי הגדלת המהירות גם אם לא נתגדל כח העובר ואין צריך לומר שיתגדל כמות העבודה בהתגדל גם הכח גם המהירות, ד"ס: אם ידחק איש על הפצירה-הפיים (פייט) בכח 10 ליטרות ויעביר אותה על מטיל ברזל (אשר יחליק אותו בו) במהירות 4 רגל לזעקונדע, או יהיה כמות עבודת האדם = 10 ליטרות $\times$ 4 רגל = 40 ליטרות הרגל (פוס ספונד), אולם אם יכפיל את מהירות תנועתו או תהיה עבודתו = 10 ליטרות $\times$ 8 רגל = 80 ל"ר, ואם לא יכפיל את מהירותו רק ידחק בכח משנה, או תהיה עבודתו 20 ליטרות $\times$ 4 רגל = 80 ל"ר, אולם אם יכפיל גם את מהירותו גם את כח דחיקתו או תגדל עבודתו ארבע פעמים, יען 20 ליטרות $\times$ 8 רגל = 160 ליטרות-רגל.

§. 443. **העבודה הנפרצה** (וויקסיוווס דעס מאכטיג). בעלי הרושת המעשה ישתמשו לרוב בכחות טבעיות לעבודתם כמו בכח המים, הרוח, הכובד והקישור, והמה כלם פועלים על פי חוקים טבעיים טבלי רצון וחפץ ומבלי תריצות ועיפות. אמנם גם בכחות האדם והבהמה ישתמשו, והנה ההיים העובדים יוכלו למחר ולעצור את עבודתם לעבוד פעם בכח גדול ופעם בכח קטן, להתמיד בעבודתם זמן רב או זמן קצר, הנסיון יורה לנו כי למען השיג כמות עבודה רבה ליום על ידי פעולת האדם או הבהמה נצרך להעבוד לעבוד בו בזמן קצוב ובמהירות קצובה ובכח קצוב, ואם ישנה באחר מהמה ר"ל אם ידפוק אותם למחר את פעולתם יותר ממהירות הקצובה בהלוח שיבוא לפנינו פה, או יעזוב אותם לעבוד במהירות קטנה, אז יהיה כמות העבודה ליום, פחות מכפי אשר יעזוב אותו לעבוד במהירות הקצובה, וכן יהיה גם בשנותו את הכח ואת הזמן מהשיעורים הקצובים בהלוח, או יפסיד מכמות העבודה ליום שהיה יוצא לו אלו שמר את המספרים שבהלוח, הלוח הזה שלפנינו מחולק לששה עמודים, והוא: בסדרם מהימין אל השמאל יבואו בהעמוד א שם החי העובר ואופן פעולתו; בהעמוד ב שיעור הכח שיוורה לנו מודד הכח (צורה 43 צד 66) בכל משך פעולתם; בהעמוד ג מהירות הפעולה; בהעמוד ד כמות העבודה לזעקונדע; בהעמוד ה זמן עבודתו ליום; בהעמוד ו כמות העבודה ליום, כמות העבודה היומית הכתוב בהעמוד ו יקרא בפי חכמי המעכאניק בשם **כמות עבודה הנפרצה** (וויקסיוווס דעס מאכטיג), יען שבכל שינוי שישנה העובר במהירותו, כחו וזמנו, יגרע ליום מכמות עבודתו שיעור גדול או קטן מכמות העבודה הזאת שבהלוח הזה.

שם המוכנה והחי אשר יעבוד בה ואופן פעולתו על ידה .	שיעור הכח במשקל קילוגרם	מהירות האמצעי לזעקונדע במדת קיללעגראמע* צענטימעטער	כמות העבודה לזעקונדע במדת קיללעגראמע* מער	התמדת העבודה ליום במדת השעה	כמות העבודה הכללית ליום במדת קיללעגראמע* מער
האיש העולה בסולם מבלי משא בלעדי גופו .	65	15	9 $\frac{3}{4}$	8	2808000
המושט צרכי הכנין להבונים (המנדלמנט) .	20	17	3 $\frac{4}{10}$	6	73400
המגביה משא ע"י חבל והחבל יורד מאליו .	18	20	3 $\frac{6}{10}$	6	77760
הנושא משא על גבו ועולה בכבש ויורד ריקס .	65	4	2 $\frac{6}{10}$	6	56160
האיש המניע את הסדן הכפוף (קובעט) .	8	75	6	8	172800
הסוס המושך באופן הרחיים . . .	45	90	40 $\frac{1}{2}$	8	1166400
האיש המניע בכח המשיכה או הדחיפה . .	5	110	5 $\frac{1}{2}$	8	158400
השור המושך את אופן הרחיים . . .	65	60	39	8	1123200
הפרד באופן הרחיים	30	90	27	8	777600
החמור באופן הרחיים	14	80	11 $\frac{9}{10}$	8	322560
הסוס האסור בעגלה מעונה בלכתו במצעדים .	350	220	770	4 $\frac{1}{2}$	12474000
האיש ההולך בדרך מבלי כל משא . . .	65	150	97 $\frac{5}{10}$	10	3510000
המושך עגלה בשני אופנים ומעונה ושם ריקס .	100	50	50	10	1800000
האיש הדוחף עגלה קטנה מעונה וחוזר ריקס .	60	50	30	10	1080000
רוכל המחזיר על הכפרים ומשאו על גבו .	40	75	30	7	756000

מהלוח הזה יוצא לנו כי בערך תועלת עבודתם על האופן הזקוף צורה 92 יתעברו הסוס, השור, הפרד והחמור כערך המספרים 100, 89, 67, 28, ר"ל אם ישוה מחיר עבודת הסוס 1 רובעל כסף ליום, אז יעלה מחיר עבודת השור 89 קאפייקען ושל הפרד 67 ושל החמור 28 קאפ', ולכן במקום אשר יעבדו מאה סוסים נצרך לנו 111 שוורים או 150 פרדים או 357 חמורים, ובמקום שיעבדו מאה שוורים נצרך לנו 89 סוסים 133 פרדים 318 חמורים, ובמקום שיעבדו מאה חמורים נצרך לנו 28 סוסים או 31 שוורים או 42 פרדים .

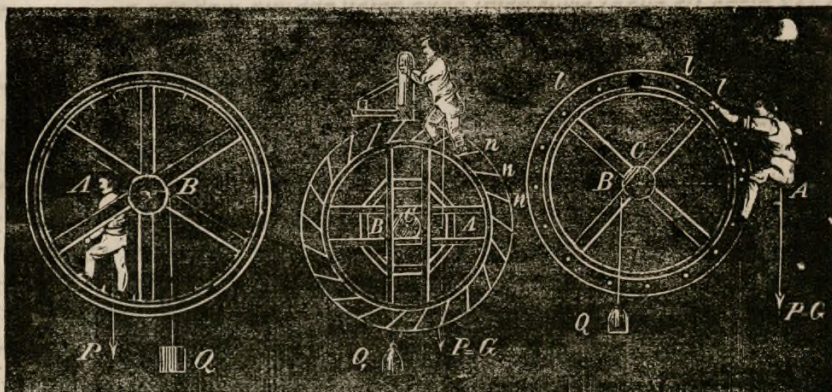
§. 444. כח האדם ואופן עבודתו . האדם יוכל לפעול בכחו בדרכים שונים, (א) למשוך או לדחוף איזה גוף בידו בקו ישר לפניו או לאחוריו, להזיז הגוף מטה או להרימו מעלה מבלי אשר ישנה האדם את מקומו שיעמוד בו במשך עבודתו, (ב) גם בשבת האדם יוכל לעשות את כל התנועות האלה בידיו וברגליו, (ג) גם בלכתו לפניו או לאחוריו יוכל למשוך או לדחוף איזה גוף בדרך הלכו, בכל הדרכים האלה יפעל האדם בהכח הנמוע בשריריו (שרירים), ולכן תתערך פעולת האדם באופן הזה בערך ישר להכח שבו יתכווצו ויתארכו שרירי ידיו ורגליו ושרירי שוקיו וזרועותיו וכתפיו, (ד) האדם יפעל גם בתור גוף טבעי, ר"ל: בכח כובדו לכבד ולא בכח שריריו, ועל הדרך הזה יפעל האדם על אופן המולמות (מפסקספנל) צורה 393 ואופן הדריכה

צורה 394 ואופן המרוץ צורה 395. האסורים העובדים עבודת פרך (זולמגלכבייס) בבתי

צורה 395.

צורה 394.

צורה 393.



הענושים (ססהייטס) שבענגלאנד ידרכו אופני הסלמות שתבניתם תורנו הצורה 396 ופעולת

האדם העובד על הדרך הזה תתערך בערך ישר למשקלו. כמות העבודה שיוכל איש אחד לעבוד בפעלו באחד מהדרכים השונים האלה לא ישוו זה לזה, ולכן נצרך לנו למצוא על ידי הבחינה את כמות העבודה שיוכל האדם לעבוד בזמן קצוב בפעלו מאחד מהדרכים האלה, וערכי הכמותים שיצאו לנו יורו לנו את ערך מחיר העבודה באחד מהדרכים האלה זה לזה, ר"ל

צורה 396



הערכים האלה יוריעו לנו אם מוטב הוא לעבוד באופן זה או באופן אחר או אם יפסיד האדם או ירוויח בכמות עבודתו כאשר יחליף את דרך פעולתו משיכה לדחיפה וכדומה, אמנם לפי שהאדם ייעף וייעב בפעולתו, והעייפות והיגיעות הזאת תתערך מלבד אל משא העבודה גם אל מהירותה, וזמן התמדתה, ורבות ראינו כי אף שבכח האדם לעבוד בשעה אחת פעולה גדולה מאד. בכל זאת אם נעבירהו בפרך שמונה שעות רצופות, יצא לנו תמיד קיבוץ העבודה קטן ממכפלת שיעור העבודה בשעה אחת עם המספר שמונה שהוא מספר השעות שהתמיד בפעולתו, והוא יען שבשעה השניה היה עיף יותר מבשעה הראשונה ובשלישית מבשניה וכן הלאה, עד שכאשר אם נעריך את כמות העבודה שעבר בהשעה השמינית אל כמות העבודה שעבר בהשעה הראשונה, נמצא שאף אם זמני העבודה שוים המה זה לזה בכל זאת יגדל מאד כמות העבודה של השעה הראשונה מהעבודה של השעה השמינית, כמשפט הזה שנתבאר לנו בהשעות יתאמת לנו גם בדימים כי אם נדפוק את הפועל יום אחד או נראה שנפסיד בעבודתו כיום

מחר, ולכן מצאו חכמי המעבאניק המעשי (פלאקטיס וזפלאניקס) על ידי מרבית בחינותיהם שנמו בחכמתם את הערכים מהלחיצה, הזמן והמהירות שנצרך להאדם (או לאחר מבעלי חיים האחרים לעבוד בהם למען תצא להם עבודה היותר גדולה כאשר נתבאר לנו בהלוח § 443.

§. 445. השתנות כמות עבודת האדם בשנותו את דרכי פעולתו. כשם שישתנה כמות העבודה של האדם ויתר בעלי החיים בסבת השתנות הזמן והמהירות, כן ישתנה כמותה גם בסבת השתנות דרכי פעולתם, ר"ל: אם יפעלו בתור כח המושך או כח הרוחק או בסבת השתנות תכונת העובד, ר"ל אם יעבוד בעמידה, בישיבה או בדרך הלוכי, ובסבת השתנות נטית עבודתו ר"ל אם תהיה לפניו, לאחור או לאחד הצדדין, או אם יגמלו להוריד איזה משא ממעלה למטה או להגביה ממטה למעלה, גם ישתנה כמות העבודה בסבת השתנות המיכנות האמצעיות. בין הכח של החי הפועל ובין הפעולה שתולד על ידו. הבחינות הזורנו שבכת היותר גדול יוכל האדם לעבוד בהרימו בידיו משא שבין רגליו עד גובה טבורו. וכבר נמצאו אנשים גבורי כח שהרימו באופן הזה משקל 760 ליטרות רוסיות, אולם האדם הבוגרי יוכל להרים רק משא 300 ליטרות.

§. 446. כמות הלחיצה וכמות המהירות שיצרך להאדם לעבוד בהנה למען השיג עבודה רבה לזמן קצוב. כבר נתבאר לנו (§ 442) שכמות העבודה הוא המכפלה היוצאת מכפילת כמות הכח העובד עם מהירות פעולתו, ולכן דעת לנכון נקל שבידיעת כמות הלחיצה לבד שיוכל האדם ללחוץ בידו או ברגלו נודע לנו רק היר האחת משתי ידות המכפלה והיר השניה היא המהירות נעלמה עוד מאתנו, המהירות היא הערך שבין הזמן והדרך שבה עבר הכח הלוחצי או המושכי בזמן קצוב. אם יפעל האדם בכח לוחצי או מושכי לצצה איזה התנגדות כבדה למאד, אז ייעף העובד בזמן קצר בעוד שנצח את ההתנגדות בדרך קצרה (קורט טטשקק), אולם בהיות ההתנגדות קטנה או יוכל לעבוד מבלי ליגע גם זמן רב והדרך שיעבור בה הכח תהיה ארוכה. ובכל אחד משני האופנים האלה תהיה אחת מידות המכפלה קטנה (ההתנגדות או הדרך) ולכן תקטן גם העבודה בכלל שהיא מכפלת ההתנגדות והדרך, אולם אם תהיה ההתנגדות לא גדולה מאד ולא קטנה יותר מראי בערך כח האדם, אז יוכל האדם לצצה אותה בעבור כיום תמים ובדרך גדולה ובכל זאת לא ייעף, וכמות העבודה הכללית להיום יהוא יהיה גדול מכמות העבודה הכללית שעבד בנצחו התנגדות הגדולה או הקטנה יותר מראי. למען באר את דברינו אלה נניח שבפעם הראשונה עבד האדם לצצה התנגדות בת 400 ליטרות ומפאת גדלה לא יכול להניעה במינוטע רק בדרך 10 רגל, אולם בטרם שעבר את הדרך הקצרה הזאת היה עיף ויגע מאד בסבת ההתנגדות הגדולה ולא יכול לחדש את פעולתו כי אם אחרי אשר שבת וינפש מינוטע אחת עד שוב רוחו אליו, ואם נחשוב את כמות העבודה הכללית בשני מינוטעין (= 120 ועוקנדעין) האלה, נמצא אותו $(10 \times 400) = 4000$: 120 = $33 \frac{1}{3}$ ליטרות הרגל — נניח עוד שבפעם אחרת עבד האדם לצצה התנגדות קטנה בת 5 ליטרות ומפאת קטנותה היה לאל ידו להניע אותה 6 רגל לועקנדע וגם לא היה עיף ויגע ולא היה צריך להנפש, אולם בכל זאת יהיה

כמות עבודתו הכללית במשך 120 זעקונדען אך $120 \times 6 \times 5 = 3600$ ליטרות, ועבודתו לזעקונדע אחת $\frac{3600}{120} = 30$ ליטרות הרגל, אולם אם יפעל האדם לנצח התנגדות בת 25 ליטרות במהירות 2 רגל לזעקונדע, אז לא ייעף גם אז ולא יצטרך להנפש אך יעבור בהתמרה, ובמשך 2 מינוטען $120 = 120$ זעקונדען יהיה כמות עבודתו הכללית $2 \times 25 \times 120 = 6000$ וזעקונדע אחת 50 ליטרות הרגל. משלושה המשלים האלה ראינו שבאופן האחרון היה כמות העבודה הכללית גדול מאשר בשני האופנים הראשונים, ובכלל נוכל לתרוץ את המשפט הזה «כמות העבודה הכללית שיעבור אדם בזמן קצוב, יגדל בעברו בכח שיהיה אך חלק ידוע מכחו הלוחצי היותר גדול שיוכל ללחוץ ומהירות תנועתו תהיה גם כן «אך חלק ידוע מהמהירות היותר גדולה שיוכל לעבור בה», את הערך ההוא שיצרך להיות גם לכמות הכח הלוחצי גם להמהירות לא נוכל למצוא על ידי חשבונות עיוניים, כי אם על ידי בחינות ונסיונות, ומהבחינות האלה יצאו לנו המספרים אשר בהלוח § 443.

447. §. משפטי העבודה שהורו לנו העיון והנסיון. העיון והנסיון שניהם

גם יחד הורונו לדעת שני משפטים כוללים לעבודת האדם, והוא :

(א) העבודה הכללית של האדם בזמן קצוב, תגדל יותר כאשר יעבור וינפש חליפות, מהעבודה שתצא לו בעברו בהתמרה מבלי להנפש בנתיים.

(ב) העבודה הכללית אשר לאדם בזמן קצוב, תגדל יותר כל עוד שתקמן העברת הגבולות הטבעיות לפעולות שריריו מכפי שיפעלו בעבודתם המורגלה בעברם את פעולותיהם שקצבה להם הטבע (עיון: גיגורט דיו ווסקסלמאטשקאנגטן דיו גקלכט חיבטלכרייסטן, ווסלכט מיהנטן פיר דיו גאטקלחליכטן פאסכרייסטאנגטן פאן דעם נאטור אנגשוויטן וינד), ד"מ: אם תהיה עבודת האדם רק זאת שיעלה ויורד כל היום בסלם מבלי כל-משא, והנה בעלותו ישא את משא גופו ממטה למעלה בשיעור הגובה הישר שבין רגל וראש הסלם, לכן יהיה כמות עבודתו כהמכפלה ממשקל גופו עם הגובה הישר של הסלם, והנסיון הורנו שהאדם יוכל לפעול בעבודתו זאת בשיעור יותר גדול ליום מאשר יפעל האדם ליום בהעלותו איזה משא עמו על הסלם, יען שבעלותו מבלי משא תסבולנה רגליו (אשר הוכנו בטבע אך לשאת את משא משקל הגוף) עוד משא נוסף אשר לא הסכימו בזה ובסבת סבל משא הנוסף תגדל גם יגיעת הרגלים, והאדם יצרך להנפש או למעט את מהירותו, ואם נחשוב את כמות עבודתו ליום תמים נמצא אותו בכמות קטן מאשר היה עובר בעלותו על הסלם מבלי כל משא, ד"מ: אם מבלי כל משא היה עולה ויורד האדם בהסלם מאתים פעמים ליום אז יעלה בנשאו משא שמשקלו כמשקל גופו אך $64 \frac{8}{25}$ פעמים ליום וכמות העבודה יהיה אז אך $8 \frac{8}{25}$ מכמות עבודתו שעבר בעלותו ריקם על הסלם מבלי כל משא.

448. §. סבת השתנות מחיר פעולת האדם בהשתנות דרכי עבודתו.

פעולת האדם תתערך בערך מרבית השרירים (ווסקסל) (הלוקחים חלקם בהפעולה הזאת, והוא : כל משכיל יבין מדעתו כי האישי שיוכל לשאת בשתי ידיו שני משאות שמשקל כל

אחד מהם הוא מאתים ליטרות לא יוכל לשאת ביד אחת ארבע מאות ליטרות, והוא :
צורה 397. צורה 398. צורה 399.

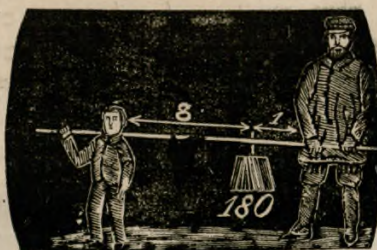


באשר שבאופן הראשון תתפעלנה שתי ידיו ושתי וכתפיו, ובאופן השני יתפעלו אך שרירי היד והכתף האחת, גם נצרך לו או להטות את גופו להצד הבלתי מסובל כאשר תורנו זאת הצורה 397 וכאשר נתבאר לנו כבר § 113, וכן הנושא משא חצי' לפניו וחצי' לאחוריו תהיה עבודתו קלה יותר מאשר אם יעמס אותו כולו לפניו או כולו לאחוריו כמו בצורה 398, והוא :

באשר שבאופן הראשון יהיה גופו בשווי המשקל משני עברי קר בשווי נקודת-הכובד § 113, אבל בהיות משאו מסובל רק בצדו האחד לימינו או לשמאלו, לפניו או מאחוריו, או יצטרך לו מלבד הכח הנצרך להתנגדות כובד המשא עוד כח שני להטות את גופו בתכונה כזאת אשר צד גופו השמאלי יחזיק בשווי המשקל את צדו הימני עם המשא שבימינו, או כי חלק גופו הקדום יחזיק בשווי משקלו חלק גופו האחרון עם המשא המסובל על גבו, כי אם יעמוד בקומה זקופה צורה 399 או הלא יפול לאחור, כי קו-מצב-נקודת-הכובד מניע או מאחוריו כאשר תורנו הקו המנוקד g צורה 399, וכבר נודע לנו § 110 שכל גוף שקו-נקודת הכובד לא יגיע לשטח תושבתו יפול להנמיה שנקודת הכובד תקצא בו. את העבודה היותר גדולה יפעל האדם בהניעו אני שיט במשומים, באשר כי או יפעל האדם גם בשתי ידיו גם בשתי רגליו (כי ישען ברגליו על קורה שוכבת לרוחב האניה) וגם בכובד גופו יפעל כאשר יתנווע לאחור וישפיל את ראשו ואת רובו מעט, ולכן בכל ההמצאות שהמציא האדם למשוך את האניה בכחו מימי קדם עד היום הזה, תהיה ההמצאה הקדומה הזאת הטובה שבכולן, יען כי בכל הדרכים הנותרים יפעל האדם רק בשרירים מועטים ופה יפעל במרבית שריריו וגם בכובדו, גם לפי חוזק ההשענה שישען המשא על גוף האדם יגדל או יקטן כמות המשא שיוכל לסבול, האיש הנושא בכתף צורה 401 יוכל לשאת משא יותר כבר מהאיש הנושא משא בידו צורה 400 אם

צורה 401

צורה 400



כח אחד להם, והנה לפי § 121 ראינו כי הילד

והאיש הנושאים משא במוט בשנים וכולו להשתוות בכמות הכח הנצרך להתנגדות הכובד

אם יחלקו ביניהם את המוט לחלקים המתערכים בארכם בערך מהופך לכמות כחם, ופה נאמר שעל הילד יקל המשא באשר שהמוט נשען על כתפו בעוד שהגדול ישא אותו בידו.

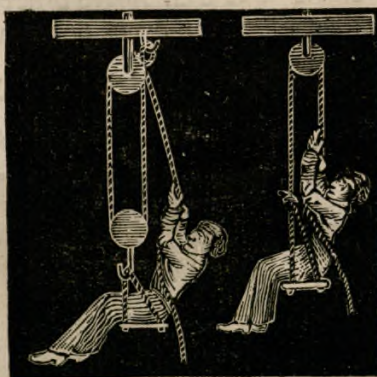
§. 449. עבודה האדם ההולך מבלי משא בדרך ישרה. העבודה היותר גדולה

ופעל האדם בלכתו ריקם מבלי כל משא על דרך ישרה מבלי מעלות ומורדות, רוב ההמון ידמו שהאיש ההולך לשות מבלי כל משא לא יעבוד מאומה, אולם מהר יורה להם הנסיון לאנשים האלה כי גם המה ייעפו וייגעו ואין עייפות מבלי עבודה, והוא: בהלך האדם יגביה פעם את רגלו האחת ופעם את רגלו השנית, ובמשך זמן הזה תשא הרגל האחת את משא כל גופו, אבל באשר כי גוף האדם הוא שזה המשקל לכל רוחותיו, לכן לא ירגיש האדם כל כובד מגופו בהלכו כי חלקיו השוים יחזיקו איש את אחיו בשיווי המשקל, ולכן אם נכפיל משקל האדם ההולך, עם זמן ואורך דרך הלכו ליום, יוצא לנו שיעור העבודה שעבד האיש ביום ההוא בשיעור גדול למאד כאשר ראינו בהלוח § 443, והוא באשר כי פעולתו המסודרת לא תגענו, אבל כאשר יעלה האיש במורד ההר או יושבת שיווי משטר חלקי הגוף, והאדם ירגיש אז כובד גופו המושכו אחורנית לפי חוקי תנועת הגופים הנפולים מגובה שטח הנסיון, ולכן ייעף האדם מהר, וברדתו מההר יתרבה כח הליכתו בכח כוברו, המושכו גם הוא לרדת מטה ואז יטהר פעמיו,

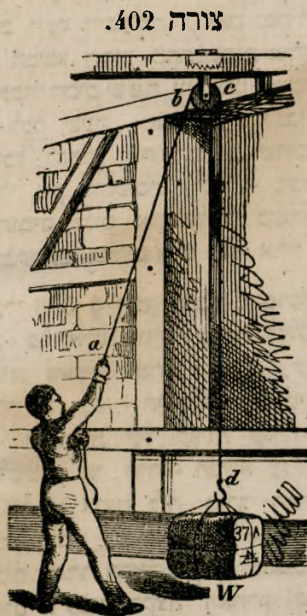
והמהירות הזאת תשאר לו זמן קצר גם אחרי רדתו מההר, ולכן לא יוכל לעצור את מרוצתו בפתע פתאום, ומסכת המרוצה הנמהרה הזאת ייעף האדם גם ברדתו ממורד, והיגיעות האלה שייגע האדם גם בעליות גם בירידותי תתגלגלה עוד בסכת ההכרח שיוכרח לעקום גופו לפנים בעלותו על ההר

ולעקום גופו לאחר ברדתו מן ההר למען שיגיע קו נקודת-כוברו להשטח הנסגר בין רגליו.

צורה 404.



צורה 403.



§. 450.

הגבהת האדם את נפשו בכח ידיו. האדם יוכל למשוך בידו משא הכבד ממשקל

גופו, ולכן יוכל האדם לתפוש בידו בחבל ולהתרומם על ידי החבל לראש תוהן האניה, אבל יותר בנקל יעלה את גופו למרום על ידי גלגל קבוע צורה 403, והוא: באשר

שבנקל יוכל להעלות משא W צורה 402 הכבד הרבה מגופו, ואם יחובר להגלגל הקבוע עוד גלגל-חוזר צורה 404 או יוכל האדם להגביה מבלעדי גופו גם משא כבד אתו, והוא: יען שהגלגל-החוזר ימעיט את לחיצת המשא במחציתה כאשר בארנו כבר § 134, בהכנות כאלה ישתמשו הבונים והציובעים ומכסי הננות להתרומם מבלי סלם במרומי הבתים הבנויים לתלפיות, וביחוד טובה ההכנה הזאת להצלת הבתים בעת השריפה.

§ 451. עבודת הסוס האסור בחקרון. כח הסוס האסור בחקרון יתמעט

בערך מרובע הגדלת מהירות תנועתו, והוא: הנסיון יורנו כי סוס שבכחו למשוך בעגלה (בהלכו בדרך חלקה ומרוצפה באבנים) 100 פוד (1 פוד = 40 ליטרות) בעברו 4 וויערסט (1 וויערסט 3500 גל) לשעה, ימשוך רק 81 פוד בעברו ששה וויערסט לשעה ורק 64 פוד בעברו שמונה ורק 49 פוד בעברו עשרה ורק 36 פוד בעברו שנים עשר ורק 25 פוד בעברו 14 ורק 16 פוד בעברו 16 וויערסט ורק 9 פוד בעברו 18 וויערסט ורק 4 פוד בעברו 20 וויערסט ורק 1 פוד בעברו 22 וויערסט בכל שעה, ואם נדפיקהו לרוץ עוד יותר מהר או לא יוכל לשאת כל משא עוד, כי די לו להפיקע בכחו את משא גופו, גם זאת הורנו הנסיון שהסוסים יעברו את עבודתם היותר מעולה בהלכם $6\frac{1}{30}$ וויערסט שהוא ארבע פרסאות אנגליות לשעה, וכל המוסיף על מדת הדרך הקצובה הזאת יפסיד בכמות זמן התמדת התנועה כי הסוס ייעף ויגיע מהר, ואם נפחית ממדת הדרך הזאת נפסיד גם כן, אחרי כי הוספת כמות המשא תקטן מהתמעטות אורך הדרך, והמכפלה היוצאת ככפולת המשא עם הדרך בעת שיעבור הסוס ששה וויערסט לשעה תקטן ממכפלת המשא עם הדרך בעברו $6\frac{1}{30}$ וויערסט לכל שעה, אבל דעת לנבון נקל שבמקום שנצרך לנו לעבור רק בדרכים קצרים נוכל לרפוק את הסוסים שילכו במהירות גדולה או גם להעמיס עליהם משא גדול מבלי נזק, הסוסים ימשכו משא ותר כבד בהיותם קשורים בעגלות לבדם מאשר בהיותם רתומים שנים או שלשה בעגלה אחת, וכן ימשכו יותר בהיותם אסורים איש בצד אחיו מאשר בהיותם אסורים איש לפני אחיו.

§ 452. העגלות. כבר נתבאר לנו שהחכוכי הגלגלי § 308 יקטן הרבה מהמועדי

§ 306, כל איש יודע שנקל לגלגל

צורה 405.

את החבית מאשר לסחוב אותה, על כן השכילו גם בני הדורות הקדומים לתת את המשאות על קורות עגולות (rollers) ולמשוך או לרחוף המשא עליהן צורה 405, אמנם לזה נצרך תמיד שלשה מעגילים, שנים תחת המשא ואחד להניח מתחת הקצה הקדום מהמשא עוד במרם שיעבור הקצה האחרון של המשא מעל המעגילה האחרונה, כאשר שאם



תנועע המשא אמתים לפנים תתנועע המעגילה רק אמה אחת, והוא: המעגילה תפגוש

בכל פעם ופעם בנקודות אחרות מהקורה שהיו עוד לפני זה מאחורי המעגילה, ולכן הגם שהתנועה המהלכת (פֶּסְטֶסְטִיטֶסְטֶס בֶּטוּסְטֶס) של המעגילה הוא בנטיה תנועת הקורה שעליה, בכל זאת הלא תהיה תנועתה הגלגלית (קֶלֶטֶסְטֶס) בנטיה מנגרת לנטיה תנועת הקורה, והוא: כאשר שאך הקצה העליון מהמעגילה יתנועע בנטיה הקורה והקצה התחתון ממנה יתנועע בתכונה מנגרת לנטיה תנועת הקורה, ולכן אם יהיה ד"מ אורך הקורה B עשרים אמות ואורך מקיף המעגילה רק אמה אחת, אז תבוא המעגילה C שהייתה נתונה בהקצה D מקץ תקופתה העשירית להקצה E, או בכלל: מהירות ודרך הקורה היא כפולה ממהירות ודרך המעגילה, כי בעוד אשר תעבור המעגילה במרחק תקופה אחת לפני יעבור המשא במרחק שתי תקופות, התקופה האחת ביחד עם המעגילה והתקופה השנית לברה מעל המעגילה, ולכן לא תוכשרנה המעגילות להניע המשאות רק בדרכים קצרים מאד.

§. 453. העברת המשאות על אופני העגלות. למען תקן את המעוות שנתבאר לנו בהסימן העבר מתנועת המעגילה, המציאו החכמים האחרונים מהם להניע את

המשאות בעגלה בעלת אופן אחד צורה 406,

או שני אופנים צורה 407 או ארבעה אופנים, ובעגלות הקיטור ימצאו גם ששה או שמונה אופנים המהוברים להמשא באופן כזה שהמשא לא יתנועע עליהם רק ינווה במנוחה על הבסים (bassins) העומד על קוטרי האופנים, ולכן יתנועע המשא רק במהירות האופנים לכד ולא ימהר מהם, הסוס או הארס המושכים את העגלה יצרכו להתנגד להתהככות הגלגלית שבין קרקע הדרך וחשוקי האופנים ובין חשוריהם (מבטן) ובין ידות הקוטרים, ההכוך הגלגלי יתערך לרוחב חשוקי האופנים ולמדרגת ליחות וקשיות

הדרכים, חשוקי ברזל יקלו בתנועתם מחשוקי עץ, ובאשר כי ההתהככות הסדני § 309 שבין סדני האופנים וחשוריהם יתקטן בערך טקיפי הסדנים, לכן תכל נס תנועת עגלה שסדניה הם מברזל ודקים, מאשר בעגלה שסדניה המה עבים ומועץ, ובכלל תתמעט התנגדות העגלה

להכח המושכה בערך הגרלת אלכסוני אופניה כמבואר § 308, בעגלות בעלי ארבעה אופנים יעשו האופנים הקדומים (פֶּסְטֶסְטִיטֶסְטֶס קֶדֶסְטֶס) קטנים מהאופנים האחרונים ובוה נפסיד מעט מהכח אבל נרויה בקלות העגלה להנשות לכל עבר, מכמות כה הסוס שיצרך לעבור בהעלותו את העגלה על שטח נמוי צורה 407 כבר בארנו מעט § 135, וביתר באור יתבאר בספרנו החום והאור ברברנו מסלילת נתיבות הברזל, על ההרים הרמים

צורה 403.

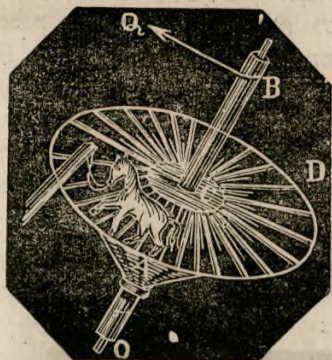


צורה 407.

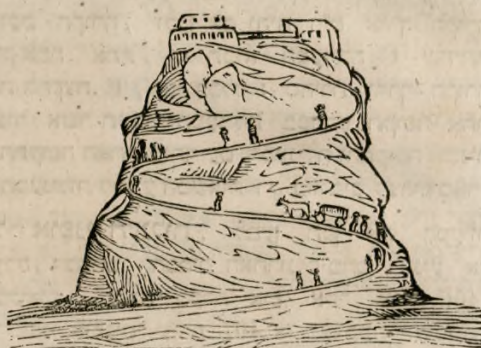


יוסללו הררכים בתבנית מקיפי השרויבע צורה 408 הנקובים בשם שבילי בית גלגול (זיקלמק וזג).
 §. 454. פעולת הסוס על אופן הרכיכה . את פעולת הסוס על אופן הרכיכה

צורה 409.

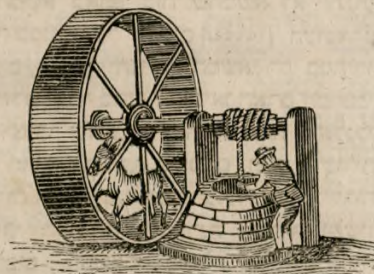


צורה 408.



צורה 409, נתבאר לנו כבר בביאורנו להרחיים, ופה נבאר גם פעולת החמור על אופן המרוץ (זויפמז) צורה 410, אשר נתקן לדלות מים מבאר עמוק, והוא: החמור הדורך יעמוד בתוך מקיף האופן כמו שתורנו הצורה 410, על האופן (זמר) הזה יפעל החמור פעולה יותר גדולה מאשר על האופן צורה 409, אבל מעוות אחר ימצא עוד בהאופן הזה, והוא: כי גללי החמור יפלו עליו בהקיף האופן.

צורה 410.



§. 455. פעולת הסוסים המושכים את

האופנים בבתי

הרחיים. הפעולה היותר

גדולה נשיג מהסוסים

המושכים האופן צורה 411

בהנתן לאלכסון האופן מרה

נאורה, והוא לכל הפחות

35 עד ארבעים רגל

למען שיהיה כמות מעגל

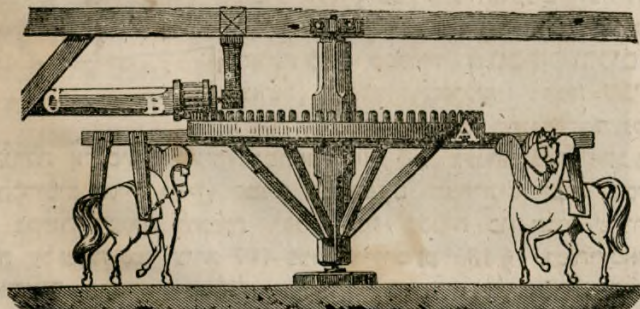
תקופתם ערך 120 עד

140 רגל (מעגל תנועת

הסוס יגרל ממקיף האופן)

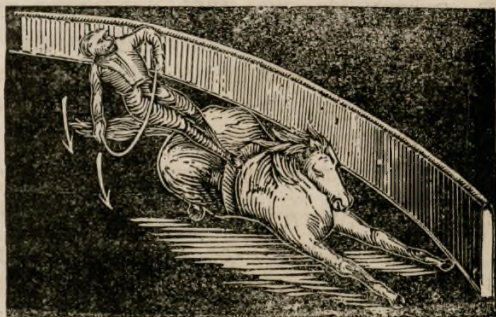
כמות העבודה שיוכל הסוס לעבוד ביום אחד כאשר יעבד בו 8 שעות בלכתו במצעים מורגלים

צורה 411.



הוא 1166400 ליטרות הרגל, ולכן יתערך כח הסוס האמתי העובר ברחיים לכה הסוס המדומה אשר תעבור בו המוכנה הקיסורית ליום כערך 1 אל 6, גם הסוסים הרצים במעגלה במעגל הרוכבים (ליקס) צורה 412 יעברו את עבודתם המעולה כאשר יהיה אלכסון מעגלם נערך למול כהירת מרוצתם והחשבונות האלה נתבארו לנו כבר 265 §, כאשר בארנו את חוקי כח התנופה.

צורה 412.



456. §. חכמת המעכאניק

תגדל בשלימותה מיום ליום.

»רוב ימים יודיעו חכמה« המשפט

הנפלא הזה יתאמת, לא לבר בחכמות שיסודתן היא רק הבהינה והנסיון כמו בחכמת הרפואה וחכמת הנעאלאגיה אך גם בהחכמות המיוסדות על ארני מופתי חכמת השיעורים, המעכאניק היא חכמה שפרטי פרטיה יתבארו במופתי חכמת השיעור, ובכל זאת נראה שמיום ליום תתרבה החכמה הזאת ותתגלגלה בה חרשות לא שערון אבותינו, מדי יום ביום תתגלגלה מוכנות נפלאות העובדות עבודות מועילות במקום אלפים אנשים, אם נתבונן כי בימי הקיסר קאיוס קאלענוללי עברו עשרים אלף איש להציג את האבליסק (מגדל גבוה חצוב כולו מאבן אחת) במעגל הוואטיקאן Circus Vaticanus (כעת בארמון האפיפיור ברומא) ובשנת 1586 הקים (דומניקוס פונטאנה) Domenicus Fontana את האבליסק הזה רק בעזרת 960 אנשים ושמונים סוסים, לבנין הפיראמידה היותר גדולה במצרים שמשקלה הוא 500 מיליאן פוד עברו מאת אלף איש עשרים שנים רצופות, ואם תפעלנה כעת כל מוכנות הקיסור שבענגלאנד או קנו אותה בשעות אחדות ובאנשים מעט, המשא היותר כבד שהעבירו בני האדם ממקום למקום הוא בלי ספק האבן הגדולה אשר הושמה לבסיס למצבת הקיסר האדיר פעטער הגדול בפעטערסבורג משקלה הוא $3\frac{2}{3}$ מיליאן פוד, אולם כל הגדולות האלה לא תתערכנה למאומה למול העבודה שעברו אנשי העיר הגדולה לאלהים ציקאגא Chicago שבאמעריקא, והוא: העיר הזאת היתה עוד לפני שלשים שנה כאחד הכפרים הקטנים ומן אז והלאה נתישבה העיר הזאת ונהיתה עיר גדולה למאד אשר הרבה יותר מעשרים וחמשה רבוא אנשים יקצאו בה, אך זה כחמש שנים התכוננו יושביה כי בתי העיר הבנויים לתלפיות יררו מעט מעט בעומק ארמת הבצה, כי מקום בצה הוא העיר הזאת, ויועצו כולם להרים את העיר ברום עשר רגל ($1\frac{1}{2}$ טרס) ויתפרו מתחת להבתים וישימו תחת המסר קורות ארוכות, ותחת הקורות הציבו מכשירי-הנוולים רבים והגבירו את הכתים ואחרי כן תקעו קורות בעומק הארמה מתחת להבתים, והנה במשך חמש שנים הרימו את כל העיר מקצה אל הקצה מבלי אשר נשבתו אנשי העיר יושבי הבתים שהוגבהו

אף רגע אחד מעבודתם, למען רעת את אופן פעולת מכבש הנוזלים ואת אופן כחיון עמידת הבתים על הקורות האלה נבקש נא את הקוראים לחזור בשום לב על הסימנים 252, 153 §, בין בתי העיר נמצאו גם ארמונות בנויות לתלפיות שמשקלם היה ערך 14 מיליאן ליטות, ותשלם המלאכה בשנה העברה שנת 1865 (עין במ"ע גהרסטנוויס לשנת 1866) גם בכל מלאכת הרש וחושב תעשינה המוכנות גדולות ונפלאות, והוא: במוכנות המויה יוכל איש אחד לטוות כשיעור המויה שיטוו ביריהם אלף אנשים, ותחת אשר המויה המויה היותר דקים שיוכלו להטוות בירי אדם יהיה אורך החוט שמשקלו ליטרא אחת רק שבע וויערסט רוסיות אבל באסיפת חרושת המעשה משנת 1862 הוצגה לנס עמים מוכנה אחת שמותה חומים דקים שאורך החוט ממשקל ליטרא אחת היה 330 וויערסט.

§. 457. תועלת המוכנות לעבודת האדם. המוכנות תקלינה את עול העבודה מהארם והבהמה, ובלערי זאת נרויה על ידם גם זמן גם כסף, המוכנה לא תיעף ולא תיגע, לא תאכל ולא תישן, לא תשבות ולא תנפש מעבודתה, ותחת אשר הסוס יוכל לעבוד רק שמונה שעות ביום, תעבוד המוכנה כל העשרים וארבע שעות ליום, המוכנה תוכל לעבוד גם בכח אלף סוסים ולפעול ליום כשיעור פעולת שלשת אלפים סוסים, ובאשר שכמות שטח האדמה המצמחת חציר ושבולת שועל למזון לסוס אחד יגדל שמונה פעמים מכמות השדה שיצמיח דגן למזון האדם, לכן היה נצרך אך למזון הסוסים האלה בלבד אדמה המצמחת דגן לעשרים וארבעה אלף איש, ולו היו כל המוכנות שבעולם בטלות ומלאכתן נעשית בכח סוסים חים כי עתה היה כמות האדמה הנצרכת להצמיח חציר ושבולת שועל להסוסים ככמות כל האדמה העבודה המצמחת עשב ותבואה למזון כל האדם שעל פני הארץ. המוכנות לא תונינה את בעליהן כאשר יעשו זאת הפועלים בשאט נפש כל עוד אשר יתעלמו מעין המשגיה עליהם, וכבר מצאו בעלי חרושת המעשה על פי נסיון שערך האונאה הזאת יעלה שנים למאה, המוכנה תעשה את עבודתה בריוק גדול מאד ולא תחמיא את מטרתה אף כמלא רוחב השערה עד כי צלחה לפרויענהאָפער לחלק על ידי המוכנה המחלקת § 139 את רוחב האצבע לשלשים ושנים אלף חלקים, בזמניו השכילו לעשות מוכנות נפלאות אשר מדי נתבונן עליהן בהיותן עסוקות במלאכתן או ידמה לנו כי בשום לב ובהשכל ודעת המה עושים את מעשיהם, מהמוכנות הנפלאות האלה נזכיר אך אחת והיא מוכנת מביעת המטבעות שבנה החכם אולסהאן Ulthons Prägaparate המשגיה על המוכנה הזאת יצרך אך למלאות מדי פעם בפעם את התיכות המתכת העגולות בהמשפך (טריסט) הסגור העשוי כתבנית המשפך אשר לרחוי התבואה, והמוכנה תמביע אותן למטבעות בעלי צורות ותעביר אותן מתחת להתותמות ותשליך אותן לתוך תיבה סגורה ותכנה את מספר המטבעות שהשליכה לתוך התיבה, ותיכף כאשר יבוא המשגיה שנתן את האסימונים (מונגסטסטט ווילנן) במספר על יד עושי המלאכה, או יודע לו בהביטו על המוכנה, כמה אסימונים נתן מעת החלו לעסוק? כמה מהם נטבעו כבר למטבעות ונפלו בתוך התיבה? וכמה מהם המה כברים יותר על משקל הראוי למחיר? וכמה המה קלים יותר? וכמה מהם נפסלו בצורתם מצד איזה מקרה? כל התשובות על השאלות האלה תשיב המוכנה להמשגיה מבלי אומר ודברים ורק תורה לו במורים

(וייגער) מתנועעים על לוחות בעלי ציונים (ציונים בלשון חכמים), ובסקירה אחת יורדע להמשגיה מכל אשר נעשה במשך זמן רב, עוד יתרון גדול לעבודת המוכנות מעבודת האדם שמלבד אשר תמסננה בכלל הוצאות עבודת המוכנות מן ההוצאות שתעלינה לעבודת האדם או הבהמה, עוד נמצא מעוות בפעולת האדם כי כל אשר ירבה מספר העובדים ימעט בערכם כמות עבודתם, ר"ל: קיבוץ העבודה ממאה פועלים לא ישוה אל מאה פעמים עבודת פועל אחד, ולכן כל שירבה מספר הפועלים העוסקים במלאכה אחת יחד, כן יגדל גם מחיר הוצאות העבודה, ונהפוך הוא בהמוכנות, כי הוצאת הכסף שתעלה על המוכנה הגדולה תמעט בערך עבודתה מהוצאות המוכנה הקטנה, מחיר מוכנה קטורת קבועה ושוכבת מבלי מעבה הקיטור (ששלישית נפשו יגדל דמיון חסידים קהלים קטנים מלין) הוא בארצות אשכנז: למוכנה בעלת שני כחדסוסים 500 ר"ט, בעלת ארבעה כחדסוסים 650 ר"ט, בעלת ששה כחדסוסים 800 ר"ט, בעלת שמונה כחדסוסים אלף ר"ט, בעלת עשרה כחדסוסים 1200 ר"ט, בעלת 16 כחדסוסים 1700 ר"ט, בעלת עשרים כחדסוסים 2100 ר"ט, בעלת שלושים כחדסוסים 2600 ר"ט, בעלת ארבעים כחדסוסים 3200 ר"ט, בעלת מאה כחדסוסים 6800 ר"ט, מהמחירים האלה יוצא לנו: כי מוכנה העובדת בשמונה כחדסוסים יעלה מחירה לכח הסוס האחד אך כחצי מחיר כח הסוס בהמוכנה העובדת בכח שני כחדסוסים ומחיר כח סוס אחד במוכנה בת מאה כחדסוסים הוא רק כרביעית מחיר כח הסוס בת שני כחדסוסים.

§. 458. ערך עבודת המוכנה ועבודת הבהמה. המוכנה תעבוד את עבודתה

במחיר מועט מאשר תעלה לנו עבודת השור והסוס, מוכנה העובדת בכח מאה סוסים תוציא למענה פעולה כשלוש מאות סוסים חיים באשר שהמוכנה תפעל מבלי הפסק כל העשרים וארבע שעות ליום בעוד שהסוס החי לא יוכל לעבוד בהתמדה רק שמונה שעות ליום, חכמי הרושית המעשה אשר בענגלאנד יחשבו על פי הנסיון מחיר הוצאת מוכנה כזאת רק כמחיר ההוצאה שתעלה על ששים סוסים חיים, נמשך מזה שמחיר הוצאת המוכנה הזאת לא יעלה כי אם לחלק החמישי ממחיר הוצאת הסוסים החיים, אם נתבונן עוד כי לכל שני סוסים נצרך לנו לעבד משגיה עליהם, אז הלא נצרך לשלש מאות סוסים מאה וחמשים איש, אמנם למוכנת הקיטור הזאת יספיקו רק ששה אנשים, אם נבקש חשבון כמה יעלה מחיר שלש מאות סוסים? וכמה יעלה מחיר מאה וחמשים משגיהם? וכמה יעלה מחיר כלכלתם? בערך מחיר המוכנה ומחיר חמריה תבערה (בכחמסות ציריך), ואם נשים עוד על לבנו שמוכנה טובה תוכל להתמיד בעבודתה זמן רב בעוד אשר הסוסים החיים לא יתמידו בעבודתם כי אם שנות מספר כי יוקנו ויתלשו גם ימותו, אז נבין כי יתרון עבודת המוכנה הקיטורית על עבודת הסוסים החיים הוא כיתרון האור מהחושך הנסיון הורנו כי רבות ממוכנות הקיטור תעבורנה את עבודתן זה יותר מארבעים שנה, ובמשך ארבעים שנה היה בלי ספק נצרך להחליף הסוסים ארבע פעמים כי רק לזמנים רחוקים יקרה שהסוס יוכל לעבוד עבודה מתמדת יותר מעשר שנים רצופות, וביחוד הלא למלאכות בתי המלאכה ויחיו סוסים בני שמונה או עשר שנים ויותר.

§. 459. המוכנות הקישוריות והעלעקטריות. כל המוכנות שבארנו בהחלק הזה

צורה 413.

היו נפעלות

בכח המים,

הרוח, בירי

ארם או בכח

הבהמה גם

בכח הכובד או

בכח ספוגיות

המתכות,

ובספרנו

החום והאור

נבאר ברחבה

את מעשה

מוכנות הקישור

לכל מפלגותיה

כמו: מוכנה

הקיימת.

(סטחליקנסרם)

דחום ב=חמסינג)

צורה 413

ומוכנת עגלת

הקישור

(וקקטוקסינג)

צורה 414

ומוכנת אניה

הקישור

(דחום ב=חמסינג)

צורה 415 יען כי לא נוכל לבאר

אותן מבלי אשר נבאר לראשונה מסגולות

החום והקישור, ובספרנו המאנגעטיזם

והעלעקטריציטאט, נבאר גם מהמוכנות

הפועלות והנפעלות מכח העלעקטריציטאט כמו

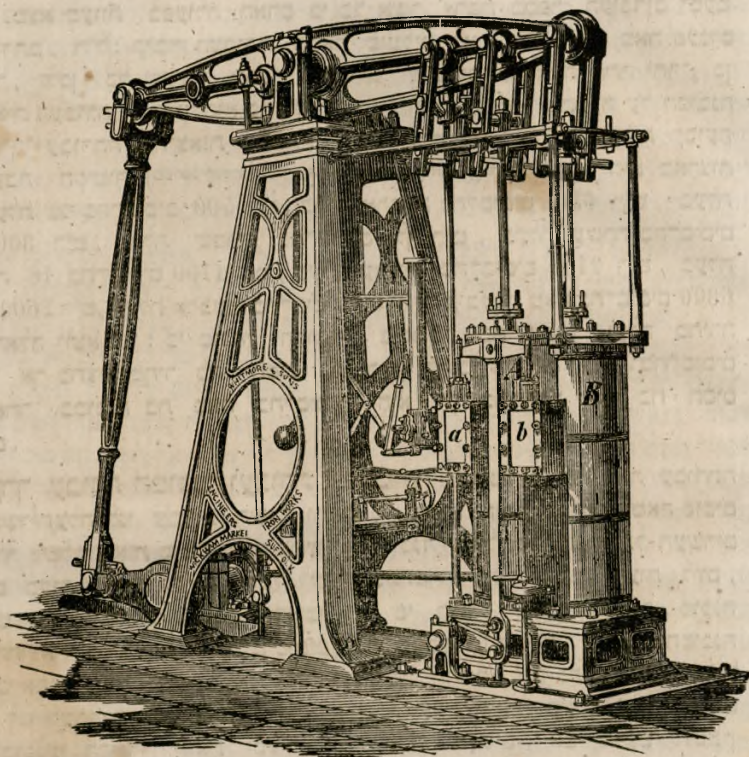
כל מרבית מיני המוכנות השלעגראפיות

העלעקטראמאנגעטיות ומוכנות העלעקטריות

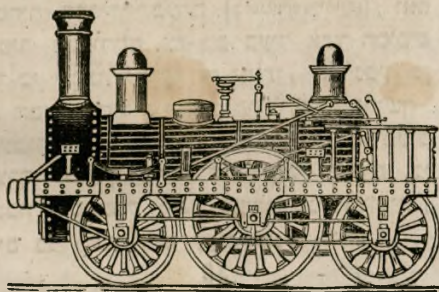
המוכנות להוליד פעולות מעכאניות, כמו:

המוכנה העלעקטרית שהמציא החכם

הפראַעססאָר יאָקאָבי כפערסבורג, והמוכנה



צורה 414.

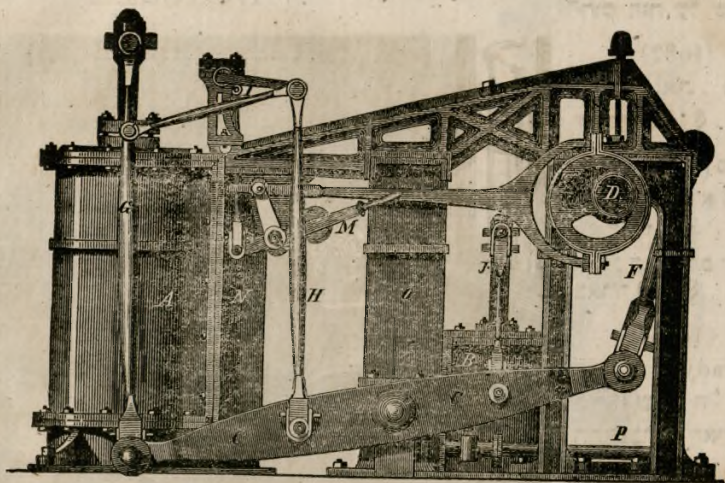


העלעקטרית שהמציא החכם וואגנער להניע עגלה על ידה ועוד מוכנות רבות שתתבארנה בספרנו עולם ומלואו.

צורה 415.

§. 460.

זמני התגלות
החוקים
הראשיים
מהחכמות
שנתבארו
מראש הספר
עד כה. בשנת
שלשת אלפים
חמש מאות
ועשרה למספר
בני ישראל
(250 לפני סה"נ)
גלה החכם
ארבי מעדום



היוני את משפטי פעולת הנושא ויתר המוכנות הפשוטות § 116, ופעולת שיטת הגלגלים § 367, ואת אופן קציבת מקום נקירת הכובד עיין פרק ששי בכל הנופים על פי החשבון. חמשים שנה אחריו גלה החכם הערראן באלכסנדריה של מצרים את דוד הרוח § 199, ובאר המקלח § 200, וגם ידע כבר מחזיונות הדיופי § 204. כאלף ושמונה מאות שנה לא נמצאה כל המצאה נכבדה בחכמת המעכאניק עד שנת שלש מאות ושישים לאלף הששי (1600 לסה"נ) שנתגלה חוק מרובע מקביל הכחות § 102.

(1603) גלה החכם גאלילי'עאום שלשה חוקים נכבדים בחכמת הטבע בכלל ובחכמת התכונה והמעכאניק ביוחד, והוא: א חוקי הנפילה החפשית § 228, ב חוקי הנפילה על שטח נטוי § 276, ג חוקי המשוטלת § 275, (1610) גלה קאפלער את שלשה החוקים המהוללים בחכמת הטבע והתכונה בשם שלשה חוקי קאפלער המקציבים את תבנית מסלולי הכוכבים בשמים. (1644) המציא מארציעללע את כובד האויר ותקן את הבארצמטער § 188. (1650) המציא אטמאס גועריקא את כלי מריק האויר (ספומטר) § 191. (1658) השלים הוואנהענז Huyghenes את התגלות Boile נאלילי'עאום מהמשוטלת, אף הוא היה הראשון שהשתמש בהמשוטלת בתור מנישר (ספומטר) למורה השעות § 427, גם הוא הורה למצוא חשבון לבח התנופה (טנטריוסגוראקלפט) § 256, (1669) נתגלה החוק המאריאטי § 189 על ידי החכם באאילע של הצרפתי.

(1676) באר החכם מאריאטע את התגלות באאילע ויסר אותה על עמודי החשבון

והנסיון ועל כן יקרא
החוק הזה על שמו.

צורה 461.

גלה (1682)

נייטאן את חוקי
הכוכב § 34.

מצאו (1783)

האחים מאנט-
גאל פיער את
המנדל הפורה
באור § 210.

גלה (1823)

פאראדי Farady
לראשונה את
התהפכות האוירים
לנוזלים על ידי
לחיצות מעכאניות.

מה המצאות

החדשות שנתחדשו
בימינו אלה אשר
נתגלו על ידי חכמי
המעכאניק
המפוארים אשר
בזמנינו, לא נוכל

להביא פה, יען כי יסורתן היא בחכמת נתוח השיעורים הנשגבה (הקאסטר מחליווים) ובחכמת
המדירה הנשגבה (הקאסטר גסקאסטריס), ולכן אין לנו עסק בהמצאות האלה בחבורנו זה
המדבר מחכמת המעכאניק ומחכמת תקוני-המוכנות, [היסוריות] (פוסטפסטאטרס-הסטאניק מוגר
והסיינסקונדט), ובכלל נאמר שאין לך יום שלא תתגלנה לך המצאות קטנות או גדולות
בחכמת המעכאניק וביחוד בחכמות תקוני המוכנות.

תם החלק השלישי מהספר הראשון





חלק רביעי

חכמת השמע

(אקוסטיק Akustik)



פרק עשרים

הולדת הקול

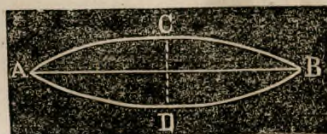
§. 461. כמה תחקר חכמת השמע? חכמת השמע היא החכמה החוקרת על החווינות המולידים בנו ההרגשות שנרגיש בחוש השמע, ותבאר אופן הולדת ההרגשות האלה, דרכי העברת הקול ממקום למקום, ערכי רום, עומק וחוזק הקולות, ומהקולות המתאחדים למקהלה נעימה להולדת נגונים נערכים, או במלות שונות: חכמת השמע היא יסוד חכמת המוזיקא הטבעית והמרדית (ד"ר פייוקליססן חונד וולסטהמחטפססן גרינדס דפכ ווויק).

§. 462. הקול. כל הרגשה חושית שנרגיש בחוש השמע (שמע) נקרא בשם קול (שמע), מיני הקולות רבים המה למאד ונקל לנו להרגישם מלקרוא אותם בשם. וביחוד מועטות הנה המלות בלשון עבר לכנות את כל אחד ממרבית מיני הקולות בשם מיוחד, בכלל נוכל לחלק הקול, לשלושה מינים ראשיים, והמה: א הקול הפתאומי יקרא קול פשוט (שמע), ב הקול המתמיד שלא ישתנה ברזומו בכל משך השמעו יקרא קול נעדר (שמע), ג הקול המתמיד והמשתנה ברזומו במשך השמעו בערכים בלתי קצובים יקרא המולה (שמע).

§. 463. התנועה הרועדת של הנופים המשמיעים קול. אם נמתח מיתר (וייט,

ספרונים) בין שני המסמרים A B צורה 417, או תהיה תכונתו בקו ישר אופקי, ואם נרחק למטה באצבענו באמצע המיתר עד שתהיה תכונתו כקשת A D B או מיד בסור הכח הדוחק יכסוף המיתר לשוב לתכונתו הישרה בכח ספוגיותו, והתנועה תהיה מתגברת במהירותה, והוא: יען שכח הספוגיות הוא כח הפועל בהתמדה ולכן ישוב המיתר לפי חוקי ההתמדה § 29 ולפי חוקי המשוואת § 271 מהלאה להתכונה הישרה A B ויתעקס כקשת A C B, התנועה הזאת מן A B עד A C B תהיה נעצרת במהירותה § 222

צורה 417



באשר שכל עוד שיתרחק המיתר מתכונתו הישרה תתנגד לו ספוגיותו בכח יותר גדול, ובאשר יגדל כח ספוגיותו מכח ההתמדה או יוכרה המיתר לשוב לתכונתו הישרה בכח ספוגיותו וכח ההתמדה יתלחץ גם הוא לכח הספוגי ויכריח את המיתר לעזוב שנית את התכונה הישרה ולכוא עד D, כה ירעד המיתר בפעם אחר פעם מן C עד D ומן D עד C, ואלו לא היתה כל התנגדות בהרעדו הזאת כי עתה היתה ההרעדה בלתי משתנה ובלתי נפסקה, אולם התנגדות האויר הנלחץ פעם למעלה ופעם למטה (בכח ההרעדה הזאת) המעיט מעט מעט את מרחק קשתות ההרעדה, ר"ל: המרחק בין C ובין D יתקטן מרגע לרגע עד שברבות הזמן ישוב המיתר למנוחתו.

464. §. התנופה (סווינגינג). תנועת רצוא ושוב אחת (חין היכ=לונד הסרגלני) מהמיתר מתכונת A C B לתכונת A D B צורה 417 תקרא בשם תנופה או הרעדה (סווינגינג), ולכן תהיה תנופה אחת מתנופות המיתר שוה לתנופה כפולה בהמשולת § 275, ההתדרסות שבין תנועת המשוואת ובין תנועת המיתר המתוח תתראה לעין כל סבין, וביחוד מכאורנו לסבת ההרעדה בסמין הקודם, ולכן ישו חוקי תנועת הרעדת המיתר לחוקי תנועת המשוואת, והוא: כשם שישוו במשוואת אחת זמני התנופה בין שקשתה היא גדולה או קטנה § 275, כן ישוו גם זמני הרעדת המיתר בין שהנקודות D, C צורה 417 הנה קרובות או רחוקות זו מזו, הזמן שיצרך הגוף להרעדה אחת או כמות ההרעדות שיערר הגוף במשך זעקונדע אחת יקרא בשם מספר-הרעדות (סווינגינגס=לחז) או מהירות ההרעדות, אם מהירות ההרעדה היא בלתי קטנה או יולד על ידה קול נערך קצוב (סו), שיהיה רם יותר כל שיגדל מספר הרעדותיו לזעקונדע, ולכן נוכל למדוד במספר ההרעדות את רום ושפלות הקולות, יען כי קולות השוים במספר הרעדותיהם ישוו זה לזה גם במדרגת רומם.

465. §. הגופים המוכשרים להוליד קול ברעד. כל האמור מהרעדת המיתר יצדק גם בהרעדת כל יתר הגופים מולידי הקול, אם נתבונן על הגופים שיצאלו להוליד קול נערך ומוכשר לניגון או יתחלקו לנו הגופים לשני מינים שונים, והמה: (b) מוצקים (solids), (c) אוירים (הנוולים לא יוכשרו להוליד כל קול שיוכשר לניגון מפאת רפיון כח ספוגיותם) הגופים המוצקים יחלקו לפי תארם למחלקות שתיים שהן ארבע, והוא: (I) הגופים שמרחק אחר משלשה מרחקיהם יגדל יותר מכל אחד משני המרחקים הנותרים, ר"ל: האורך יגדל

בהם מרחבם ועבים ואלה יתלקו עוד לשנים: (h) קשים $(\text{סמל } h)$ כמו המסמרים שבתיבה המנגנת $(\text{סמל } h)$ ומוטות נבל עשת-ברזל $(\text{סמל } h)$, (z) נכפפים $(\text{בינומל } z)$ כמו מיתרי הכנור שאך בהמתחם בחזקה יוכשרו. לנגן בהם, (II) גופים אשר כל אחד משני מרחקיהם יגדל בהם מהמרחק השלישי, r^2 : האורך והרוחב יגדלו בהם מעבים, גם אלה יתלקו עוד לשנים, והנה: (h) קשים כמו הלהות $(\text{סמל } h)$ ששטחיהם המה ישירים כלוהות הוכוכית בצלצלי-הוכוכית $(\text{גלום } = \text{ניובסלן})$ ולוהות צלצלי שמע (קולמגסלן) או גם עקומות כמו דופני הפעמונים, (z) נכפפים כמו עורות מתוחים $(\text{גפסלנטס וסטובקלנגטן})$ כמו עורות התופים והעורות המתוחים שבכלי מולידי הקול $(\text{סמל } h)$ אשר להארם והחיים.

466. § מיני ההרעדות ונמיותיהם השונות. ביחוס נסיונות תחלקנה ההרעדות המולידות את הקולות לשלושה מינים, והנה: (h) הרעדות הרוחב $(\text{סמל } h)$ $(\text{סמל } h)$ שהגוף הנרעד ינמה לשני עברי נסית רחבו כמו הרעדות מיתרי הכנור $(\text{סמל } h)$, (z) הרעדות האורך $(\text{סמל } z)$ שהגוף הנרעד יהאך ויתקצר חליפות כמו עמוד האויר הנרעד בכלי התקיעה, (g) הרעדות השזירה $(\text{סמל } g)$ שהגוף הנרעד יושזר על ידן ימין ושמאל כמו במיתרי העוגב $(\text{סמל } g)$ הנרעדים על ידי קשת שיתרו הוא שער מתוח.

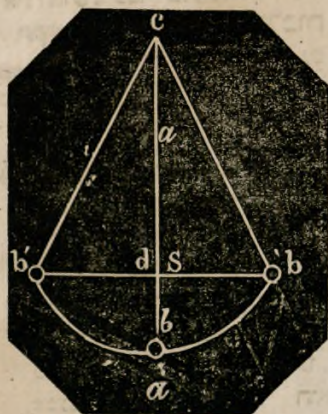
פרק עשרים ואחד

חבמת תנועת הגלים (Wellenlehre)

צורה 436.

467. § הערכת התנועה הרועדת לתנועת

המטוטלת. בהסימן העבר בארנו ההשתוות שבין תנועת המטוטלת והתנועת המיתר הנמתח, ופה נעיר על ההבדל שיקצא בהנה, והוא: בתנועת המטוטלת תהיה תכונת אישי חלקיה בלתי משתנה, r^2 : תכונת החלקים c, b שבמטוטלת צורה 418 לא תשתנה גם בהשתנות תכונת המטוטלת והנקודה b תבוא במקום d או b' , אולם לא כן הוא בחלקי המיתר הנרעד צורה 417 שהנקודה M העומדת בקו ישר עם הנקודה A, B בעת שינוח המיתר תשנה תכונתה בבואה להמקומות C, D והקו שיחבר אז הנקודה M עם אחת הנקודות A או B הוא עקום, לכן המרחק שבין שתי נקודות בהמיתר הנרעד יתגדל בתנועת המיתר כדרך הגדלת הקו העקום AG או AD מהקו הישר AB , ולכן תהיה תנועת המיתר מורכבת משתי תנועות, והוא: (h) תנועת



הרעדות עומדות ומהלכות

רצוא ושוב (קטלסוירטנדט בפונטגונג) המשותפת לכל חלקי המיתר יחד, (ג) תנועת התקרבות

והתרחקות

שתקרבה

ותרחקה כל

אחת ואחת

מהנקודות

זו לזו במשך

התנועה.

צורה 419.



§. 468. הרעדות עומדות ומהלכות. תנועת

רצוא ושוב מגוף הנרעד תוכל להיות בשני אופנים,

יהיה: (א) שכל אחד ואחד מהחלקים המתנועעים יתחיל

תנועתו ברגע אחד וכלם יבואו ברגע אחד למצב שווי משקלם

וכולם יגיעו ברגע אחד לגבולות הרעדותיהם וכולם יסוגו

אחור מהגבולות האלה לרוץ באורח ישר להגבולות

המנגדים, באופן הזה תהייה תנועת ההרעדות

מהמיתר המתוח בשתי קצותיו צורה 419 ותנועת

המטה האחוז בשפתי השרויבשטאק צורה 20, כל אחת

מהתנועות האלה תקרא בשם הרעדות עומדות (סטטסמנדט

טויינגטן), (ב) התנועה הרועדת שלאישי חלקי הגוף

הנרעד תעתק מחלק לחלק, והוא: כל חלק יקבל

תנועתו מחלק הנוגע בו ויתחיל תנועתו בזמן מאוחר מאשר

התחיל החלק המאציל לו את תנועתו כמו תנועת חלקי המים

הסוערים, התנועה הזאת תקרא בשם הרעדות מהלכות

(קרטטסכייטשנדט טויינגטן), משני מיני ההרעדות גם

מהעומדות גם מהמהלכות ילדו גלים (גלים),

תנועת מהלך הגלים השלמים תשתנה מאד מהתנועה הרועדת אשר לאשי החלקים.

§. 469. גלי המים וגלי החבלים וגלי האויר. את תנועת הגלים נראה בשטח

מים הרישים שהפלנו אבן

לתוכם ובתנועת חבל ארוך

המוכה בקצהו האחד צורה

421, גם הקול יעמע לנו

בסבת תנועת גלי האויר שיבואו

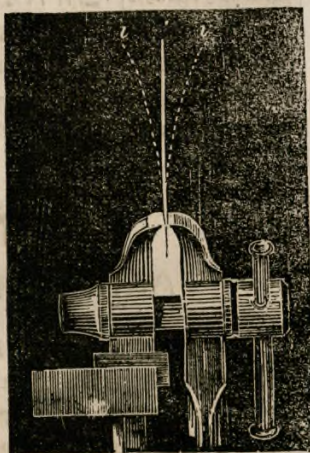
ממקום הולדת הקול לאזנינו,

אכנס באשר שהאויר הוא

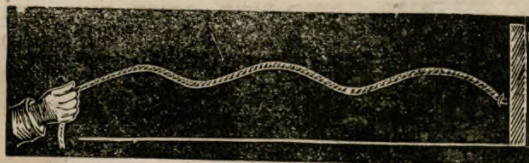
שקוף (דורכזיכטיג) מאד, לכן לא יתראו לנו גליו כאשר לא יתראה לנו חמרו, ועל כן נבאר

לראשונה את משפטי תנועת גלי המים והחבלים הנראים לנו, ועל ידם יתבארו לנו גם

צורה 420.



צורה 421.



חוקי תנועת הגלים המולידים בתנועתם את הקול (קול) והאור (אור) והחום (חום).

§ 470. כחות מולידי ההרעדות. כל תנועה רועדת היא תוצאת שני כחות מנגנים, והמה: (ב) כח המפריע פרעות במצב שוויהמשקל בחלקי הגוף, (ג) כח שמנמנתו להשיב את מצב שוויהמשקל על מכונו בגוף שחלקיו נשבתו משווי משקלם, ולכן לפי ערכי הכחות המנגנים זה לזה ישתנו הגופים הנפעלים מהם בכמותם ותבניתם, בשינוי ניכר או בלתי ניכר לעין, וגם מהירות ההרעדות משתנות מאד, והנה לפעמים מתנונת עד שנוכל לראותן בעינינו ולספור את מספרן לזמן קצוב, ולפעמים הנה נמהרות מאד עד שלא תוכרנה לנו ההרעדות נפרדות לבדן, ורק כאשר תשגנה ההרעדות מהירות קצובה, אז נרגיש פעולתן הכללית (שתפעלנה על איזה אמצעי (אמצעי) הסובב את הגופים המרעידים ואותנו) בהרגשות מיוחדות המשתנות באיכותן לפי מספרי ההרעדות, והוא: הרעדת האויר תורגש לנו בעזרת החוש השמע בתור קול (קול), והרעדת האיתור (איתור) יורגש לנו בעינינו בתור אור (אור), או חום (חום), כאשר שגם ההרעדות המולידות הקול גם המולידות האור והחום תגענה לחושינו על ידי התנועה המהלכת שלהגלים, לכן במסגרת שנבאר את משפטי הקול, החום והאור, נבאר את תנועת הגלים, ונתחיל בתנועת גלי המים.

§ 471. הולדת גלי המים (וולטסטר וולטסטר). בהשליכנו אבן לתוך המים יולדו גלים עגולים צורה 422 המתרחבים מהמרכז (מנקודת נפילת האבן) והלאה במהירות שווה לכל עבריהם. הגלים המהירים ועמקים הסובבים כמבעות איש את רעהו וההולכים בתנועה נמהרה מהלאה להמרכז, באופן שבכל נקודה ונקודה מפני המים הנרעדים בתנועת הגלים, יעברו חליפות פעם הר הגל ופעם עומק הגל, הכח המסבב פה את תנועת הגלים הוא כח הכובד, והוא: אחריו אשר נפרעו חלקי המים מתכונתם האופקית מפאת האבן הנזרקה במ ונתרחקו רבים מהם למטה ורבים נגרשו למעלה, או ישוב הכההכובד להביאם שנית בתכונת שוויהמשקלם על ידי הורידו למטה את החלקים הנשאים, והחלקים האלה היוורדים למטה יעלו בכחחליצתם למעלה את החלקים אשר סביבם והכובד יפעל שנית להוריד

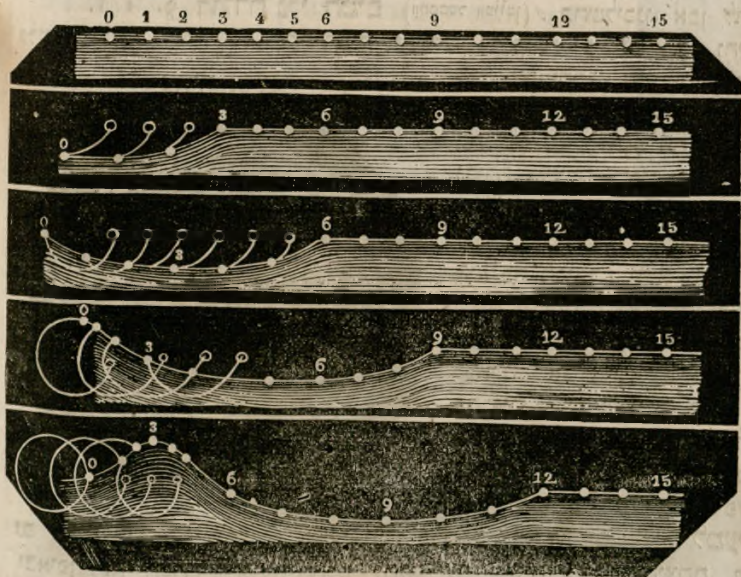
צורה 422.



גם אותם למטה, והחלקים האלה יעלו ברדתם עוד חלקים אחרים למעלה בכחחליצתם, ובאופן הזה תעתק התנועה מחלק לחלק עד שיחלש כחחליצתם להניע עוד חלקים אחרים, הגלים יתנועעו לפי זה בתנועה מהלכת בעור שהחלקים הבורדים יתנועעו רק תנועת רצוא ושוב ולא יתרחקו ממרכזם, את אמתת המשפט הזה נוכל לדעת

כאשר נתן כפיים מעץ (קוליסמן) על פני המים הסוערים, ואז נראה שהכפיים יחוג וינוע במקומו ולא יארח לחברת הגלים העוברים מתחתיו והמתרחקים ממנו להלאה מהמרכז.

§. 472. באור תנועת הגלים. אחרי דעתנו כל אלה נשוב להתבונן בין התיחסות התנועה שלאישי חלקי המים ובין תנועת הגלים השלמים, ונתאר לנו שמבלעדי כח הזריקה מהאבן וכח הכובד, לא ימצא כל כח זר שיוגביר או שיתליש את אחד מהכחות האלה, נניח שגל אחד עבר מהימין להשמאל בתנועה מהלכת מחלק המים המסומן עם 15 עד החלק המסומן עם 0 צורה 423 ובבואו שמה התחיל גם החלק 0 להתנועע תנועה מעגלית, והנה במשך שישלים החלק 0 את תקופתו בפעם הראשונה, אז תעתק תנועת הגל בכמות ידוע הלאה, החלק המסומן עם 12 הוא החלק המקבל את התנועה הרועדת של החלק 0 אחרי שהשלים 0 את תקופתו הראשונה וברגע שיתחיל את תקופתו השנית, ואם נתאר לנו גם את היקף מסלול החלק 0 וגם את המרחק שבין 0 ובין 12 שהמה מחולקים איש איש לשנים עשר חלקים שווים, אז תעתק תנועת הגל בשיעור שמדתו היא $\frac{1}{12}$ מהמרחק שבין 0 ובין 12, ובעוד שיעבור החלק 0 בשיעור $\frac{1}{12}$ מהיקף מסלולו עבר הגל מן 0 אל 1, ובעת שיעבור החלק 0 רביעית מתקופתו



צורה 423

צורה 424

צורה 425

צורה 426

צורה 427

יגיע הגל להחלק 3, וכשיעבור 0 מחצית תקופתו יגיע הגל אל 6, ובעבור 0 שלשה רבעי מסלולו יגיע הגל אל 9, ובהשלים 0 כל מעגל תקופתו יגיע הגל אל 12, הצורה 424 תורנו את תבנית הגל כאשר עבר 0 רביעית תקופתו, החלק 1 עבר אז $\frac{1}{12}$ והחלק

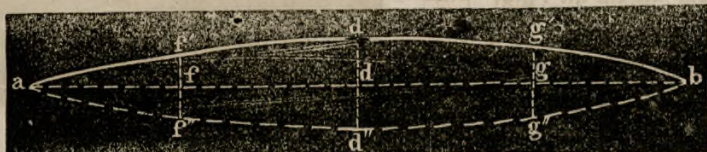
2 עבר $\frac{1}{12}$ מתקופותיהם, והחלק 3 לא נרעד עוד, הצורה 425 תורנו את תבנית הגל כאשר עבר 0 כבר מחצית תקופתו, החלק 1 עבר או $\frac{5}{12}$, החלק 2 עבר $\frac{4}{12}$, החלק 3, $\frac{3}{12}$, החלק 4, $\frac{2}{12}$, החלק 5 עבר $\frac{1}{12}$ והחלק 6 לא נרעד עוד. ממקומו, והחלקים 4 5 6 יתעברו בערך תכונת מסלוליהם כהתערכות החלקים 1, 2, 3 שבהצורה 424, בהצורה שלפנינו הגיע החלק 3 לתכלית עמקו, ר"ל: הוא ימצא במרכז עומק הגל, ואם נחכה עד שיעבור החלק 0 עוד $\frac{1}{12}$ ממסלולו, אז יהיה ערך תכונת החלק 3 לעומת תכונתו שהיתה לו במרם שנרעד כערך התכונה שימצא בה כעת החלק 2, ולעומת זאת ירד או החלק 4 לתכלית עמקו, יען שמרחקו הוא כעת מנקודת שיווי משקלו כשיעור רביעית העיגול, ועומק הגל עבר בזמן הזה בתנועתו מהחלכת מן 3 אל 4, הצורה 426 תורנו את תבנית הגל אחרי שהחלק 0 עבר $\frac{3}{4}$ ממסלולו במקום שהגיע לתכלית גובה מסלולו בראש הר הגל, החלקים 1, 2, 3 עברו כבר $\frac{8}{12}$, $\frac{7}{12}$, $\frac{6}{12}$ ממסלולם, והחלקים 4, 5, 6, 7, 8 ימצאו עתה בהתכונה הזאת שהיו החלקים 1, 2, 3, 4, 5 בהצורה 425, נקודת עומק הגל עברה מהתכונה שהיתה לה בהצורה 425 עד התכונה שתמראה לנו בהצורה הזאת כשיעור $\frac{3}{12}$, ר"ל: מנקודת החלק 3 עד 6, בעוד שהחלק 0 יעבור את הרביעית האחרונה ממסלולו תעבור נקודת גובה הגל מן 0 עד 3, ונקודת עומק הגל תעבור מן 6 עד 9, וברגע שהוא שהשלים 0 את תקופתו הראשונה ויתחיל את השניה, ירעד החלק 12 לראשונה, את תבנית הגל בהרגע הזה תורנו הצורה 427, ואינה צריכה עוד לבאור, הצורה 428 תורנו את הרגע שבו השלים החלק 0 את תקופתו בפעם השניה, ברגע שהוא השלים גם החלק 12 את תקופתו הראשונה, וכבר נולדו על ידי זה שני גלים, ראש הר הגל האחד הוא בהנקודה 15, עומק בקעת הגל האחד הוא בהנקודה 9, עומק בקעת הגל השני הוא בהנקודה 21, והנה אם לא יושבתו החלקים הבודדים במעגלי תקופותיהם על ידי איזה סיבה מפרעת, אז תעתקנה גם גבעות הגלים גם בקעותיהם בתכונה מהלכת מהשמאל לימין על ידי ביאת החלקים הבודדים בזה אחר זה פעם בנקודת הגובה ופעם בנקודת השפל ממסלולם, ולכן יעבור הגל בתנועה המהלכת בעוד שחלקיו הבודדים יקיפו כולם בזה אחר זה מסלולים עגולים.

§. 473. אורך הגל. המרחק שבין שני חלקים מהגל צורה 428 השווים זה לזה בערך תכונת מסלוליהם והמה המרחקים שבין החלק 0 ובין 12, או בין 12 ובין 24 יקרא בשם אורך הגל (εμβαλίσμα), שני חלקים המרוחקים זה מזה כמדת אורך הגל יתחילו כולם בזמן אחד את תנועת תקופת מסלוליהם וכן ישלימו תקופתם כולם בזמן אחד, יעלו בזמן אחד לגובה מסלולם וירדו בזמן אחד לשפל מסלולם, ולכן כל שני חלקים שנמצא בהם השתוות הערך לתכונת מסלוליהם, יקצבו את אורך הגל, חלקים כאלה המה גם 3, 15; 9, 21, וטוה יצא לנו משפט חדש: «אורך הגל הוא כמרחק שבין שני הרים או שתי בקעות משני גלים הקרובים זה לזה» המרחק שבין גובה הר הגל ובין עומק בקעת הגל יקרא בשם מחצית אורך הגל, ולכן נוכל לגזור למשפט צדק «כל שני חלקים הרחוקים זה מזה כמחצית

תורונו את אופן תנועת גלי החבלים ותנועת אישי חלקיהם, ומבלי כל ביאור יבין כל משכיל שתמונות הצורות האלה הנה שוות ביחס תנועת הגלים בתכלית הרמיון לתמונת חמשת הצורות 423, 424, 425, 426, 427, שנתבארו לנו על ידן חוקי תנועת גלי המים וישתנו מהנה אך בתנועת אישי החלקים, יען ששמה המה מתנועעים בתנועה מעגלית ופה יתנועעו אך בתנועת עולה ויורדת.

§. 477. גלים עומדים. אם נשוב להרעיד את החבל צורה 430 צד 309, בפעם אחר פעם, או יולדו כפעם בפעם גלים חדשים שירוצו בתנועה נמהרה מהיד הקיר, ומהקיר אחורנית להיד, ואם לא נחל גם אז מלהרעיד החבל בידנו אז יפגשו הגלים ההולכים אל הקיר בהגלים השבים לאחורמן הקיר, ומהם יולדו גלים המתנועעים במקומם בלי תנועה מהלכת, והגלים האלה נקרא בשם גלים עומדים (סטטיונרע ווילן), מפגישת הגלים בכלל נבאר במקום אחר ופה נסתפק לבאר פגישת הגלים העומדים הנולדים בחבל הקשור בשתי קצותיו a b והנרעד באמצעיתו d צורה 437, והוא: אם נקשור החבל הארוך עשר אמות בשתי קצותיו a b, ונרעידהו באמצעיתו

צורה 437.



בת כונה
אופקית,
או ירעדו כל
חלקי החבל
פעם לימין
ופעם לשמאל,

כל הנקודות f d g שתקצאנה בקו ישר בניה החבל, תעוובנה כולן ברגע אחר את שווי משקלן ותבאנה כלן ברגע אחר בקצוות גבול נמייתו לשמאל בהנקודות f', d', g' ותעוובנה שנית יחד להלאה מנכולות שווי משקלן, ותגענה יחד ברגע אחר לקצה גבול נמייתיהן לימין בהנקודות f'' d'' g'', ובאשר שכל נקודות החבל הנרעד תמצאנה בערך אחד לתכונת שווי משקלן בכל משך תנועתן, לכן לא יקצא כל הבדל ביניהן וזלת שמרחק ההרעדה (סטטיוסויד) מהנקודה d יגדל מאשר להנקודות f; g, כתנועה הזאת שיתנועע החבל יתנועע גם המיתר A B הנרעד על ידי קשת העוגב צורה 440 צד 311 אמנם הרעדת המיתר הנה נמהרות מאד שלא תוכלנה להתראות עוד לעינינו, ולעומת זאת תרגשנה לנו תרעדות המיתר הרגשה חושית אחרת, והיא הרגשת הקול שיתערך ברומו בערך ישר למחירות ההרעדות שהולידו אותו.

§. 478. אגודת ההרעדה. אם נשכיב חבל על הארץ שארכו עשר אמות ועביו שמונה ליניען ונרעיד בידנו קצוה האחד מימין לשמאל, או תולד בהחבל תנועה גלית (וולטנכטוואגן), והוא: החבל יתעגל באמצעיתו לעיגול גדול ולעומת שתי קצותיו יתעגלו עוד עיגולים רבים ההולכים ומתקטנים כל עוד שיתקרבו לאחד מהקצוות, ואם נמהר תנועת ירינו או יפריעו הגלים החדשים המתלדים לרגעים איש את רעהו, ובנקל נוכל למצוא

מהירות נערכה אשר על ידה יתלק החבל לשני חלקים הרועדים איש איש לבדו בתנועה מנגרת לתנועת החלק השני בעוד שהנקודה האמצעית K צורה 438 תנוה, להנקודה



צורה 438.



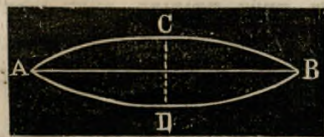
צורה 439.

K הוואת יש יר ושם בחכמת השמיעה והראיה, והיא הנקובה בשם אגודת ההרעדה (סווינגינגס קוקססן), יען שבה אגודים שני החלקים הנוגעים זה בזה והנרעדים (איש איש לבדו) בתנועה מיוחדת, והוא: שמשני עברי אגודת ההרעדה תהיה תנועת החלקים מנגרת יען שבזמן שתבוא הנקודה התיכונה b מהחלק השמאלי למעלה במקום d תבוא הנקודה התיכונה מהחלק הימני למטה במקום m.

§. 479. גובה הגל. המרחק הוקף שבין m ובין d צורה 438 יקרא בשם גובה הגל, והמרחק הוקף שבין אחת מהנקודות m, d ובין הנקודה K שהיא אגודת ההרעדה תקרא בשם מחצית גובה הגל, אם נגדיל מהירות תנועת ידנו בהחבל המוזכר §. 478, או יתחלק החבל לשלושה חלקים רועדים-לכדם, החלקים האלה הנגבלים בין שתי נקודות אגודות ההרעדה K, K', יתנגדו זה לזה בתנועתם באופן שבהגיע החלק הימני לתכלית רומו יגיע התיכון לתכלית עמקו, והחלק השמאלי יגיע אז גם כן לתכלית רומו כשתורנו הצורה 439, באופן הזה יתחלק החבל גם כן על 4, 5, 6, חלקים רועדים-לכדם, הכל לפי מהירות תנועת היד, וכל שני חלקים השוכנים משני עברי נקודת-אגודה אחת יתנגדו זה לזה בתכונת נטיית תנועתם, ואם נסמן להחלקים בסדרם מהימין אל השמאל או להיפך בהציונים 1, 2, 3, 4, 5, 6, או יתנועעו החלקים 1, 3, 5 לרוח אחד והחלקים 2, 4, 6 לרוח שכנגדו.

§. 480. אופן העברת הקול על ידי גלי האוויר. אחרי דעתנו עתה במופת

שהקול יסע ממקום מולדתו לאוזנינו על כנפי רוח האוויר, נחקור גם על אופן נסיעתו, ונאמר: העצם המשמיע קול גרבה על ידי הרעדתו את מדרגת המעבה שלהאוויר הסובב אותו, אולם בעת שיתנועע המיתר מהשמאל להימין יעבה האוויר אשר לימינו ויריק את האוויר משמאלו, מדרגת המעבה שיתעבה האוויר (שלפני נטית התנועה מהמיתר הנרעד) תשיג את תכלית גרלה בחיות הגוף הנרעד בתכלית מרחקו מהתכונה האופקית, ר"ל:



צורה 440.

בהגיע המיתר אל C צורה 440, ובשוב המיתר על ידי כח ספוגיותו ועל

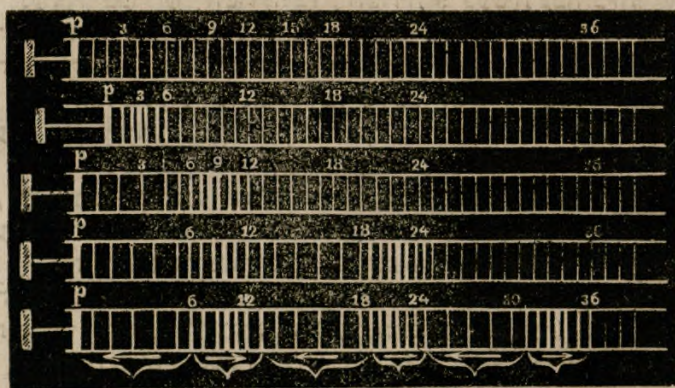
ידי ההתמרה § 467 אל D או ישוב גם האויר הנלחץ בכח ספוגיות והתמדתו ויורק בנקודה C בעור שיתעבה בהנקודה D, אולם בעת שיתלחץ האויר בהנקודה C ילחץ גם על חלקי האויר הקרובים לו ממעל להנקודה G, וכן כשישוב האויר ויורק בנקודה G יורק גם האויר שנלחץ ממנו על יד C, על האופן הזה יתעבו ויורקו שדרות האויר בכדורים נכובים סובבים ומקיפים זה את זה ואשר העצם המשמיע קול הוא המרכז המשותף לכלם כתבנית הגלים הנולדים במים חרישים שנזרקה פתאום אבן בהמה. ולכן כל המשפטים שנתבארו לנו בחקי תנועות גלי המים שומרים את תפקידם גם בגלי האויר הנושאים את הקול שנקראם מעתה בשם גלי הקול (סון וולסון), ההבדל שימצא בין גלי המים ובין גלי הקול הוא זה, כי בעוד שבגלי המים יתנועעו אישי חלקי המים אך מעלה ומטה יתנועעו אישי חלקי האויר גם אחר וקדם, אולם בזה ישתוו גם גלי המים וגם גלי הקול, כי כאשר לא יתנועע כל חלק מחלקי המים מגל לגל כן לא יתנועע גם כל חלק מחלקי האויר מגל לגל, אך איש איש מהחלקים האלה יאצול את תנועתו על שכנו הקרוב אליו וישוב אחר, לפי דעתנו נוכל לצייר את העברת הקול בהאויר ממקום למקום כהעברת הלבנים שיוקחו מיד ליד מהבונים ויובאו באופן כזה ממקום א למקום ב הרחוק ממנו, אם כי שכל אחד מהבונים לא שנה את מקומו, וכאשר נבאר כל זה בהסימן הבא באר היטב ושום שכל. כאשר יתחלקו כל אחד מגלי המים והחבליים לשני חלקים, והמה: הר הגל ועומק הגל, כן יתחלקו גם גלי הקול לשני חלקים, והמה: החלק האוירי המתעבה לפניו והחלק שיורק מאחוריו, אולם בדרך השאלה קראו חכמי הטבע גם פה לחלק המתעבה מהגל בשם הר הגל ולחלק מהגל שיורק בשם עומק הגל.

§. 481. תנועות הרובות לתנועת גלי הקול. למען יתבאר להקורא בנקל אפשריות התנועה המהלכת מהגלים האויריים ובלתי שנוי המקום מחלקי האויר שהגל הורכב מהם, נבקשהו להתבונן על תנועות גלי השבליים בשדה השעורה בעת שנושב רוח צח חרישית, והוא: בעת שיקפפו ראשי השבליים בהשורה הראשונה עד הכלית שפלותם יתחילו שבלי השורות 2, 3, 4 להתנועע, ושבלי השורה הראשונה יתיצבו או בקומה זקופה על ידי כח ספוגיותם בעוד ששבלי השורה הרחוקה מהם יגעו או בראשיהם את פני הארץ, אם נתבונן על השבליים האחרים בתנועתם או נמצאם אך מתנועעים במסלול קשת קטנה. ואם נתבונן על תנועת גלי השדה בכלל, או יתראה לנו שירוצו הגלים מקצה אל הקצה בהשדה בזמן קצר; הקול יולד על ידי תנועות גלי האויר, חלקי האויר לא יחליפו את מקומם מגל לגל אך יאצלו את תנועתם לחלקי האויר סביבותם ושמה יולד גל חדש, הקול יעתק מגל לגל כתנועת גלי השדה משבולת לשבולת, או כאשר יעתק התפוח הנתן מיד ליד בשורת אנשים העומדים מרוחקים זה מזה כמלא אורך זרועותיהם, נניח כי ארבע מאות איש א. ב. ג. ד. . . . ת עמדו מרוחקים זה מזה עד שיוכלו ליתן ולקבל זה לזה וזה מזה. ואם נציג סאה מלאה אלף תפוחים מקצה השורה על יד האיש א או יעבור התפוח הראשון מיד א ליד ב ומיד ב ליד ג ומיד ג ליד ד, ככה ילך התפוח מיד ליד עד בואו בקצה השמאלית מהשורה האחרת, ובעוד שנתן א אל

ב את התפוח הראשון לקח א תפוח שני, ואחר שנתן ב אל ג את התפוח הראשון לקח ב מיר א את התפוח השני ויתן גם אותו אל ג, ואחרי רגעים אחרים יתנועעו כל התפוחים במרחק וויערסט שלם מקצה הימנית מהשורה עד קצה השמאלית בעור שכל איש ואיש מהשורה לא התנועע אף כמלא רוחב רגל אחת ממקומו, באופן הזה תתנועע גם התרעדה הראשונה שנרעד האויר על ידי העצם המשמיע קול, מהגל הראשון להשני ומהשני להשלישי, בעור שהגל השני יקבל הרעדה שניה מהגל הראשון ויעתיק גם אותה כמשפט להגל השלישי, נמשך מזה שההרעדות ואתן יחד גם הקול הנולד בסבתן יעברו ממקום למקום מנקודת הולדת הקול עד און השומע, בעוד שהגלים המוליכים את הקול יעמדו הכן על מצבם ולא יתנועעו הלאה.

482. §. הרעדת האויר בשפופרות. הצורות 441, 442, 443, 444, 445.

תורנו העברת האויר בשפופרות חלולות, הצורה 441 תורנו שפופרת חלולה שהאויר יוכל להתנועע בקרבה על ידי העלי p הדחוק פנימה ובפטרם הרחק העלי פנימה תהיינה שדרות האויר המסומנות בהקוים הלבנים מרוחקים איש מאחיו במרחקים שווים לכל אורך החלל, הצורה 442 תורנו את מצב שדרות האויר אחרי אשר התנועע העלי p משמאל לימין מעט, והנה לו היה האויר גוף בלתי ספוגי כי עתה בשיעור הזה שנלחץ העלי בתוך השפופרת בקצה השמאלית בשיעור הזה היה נגרש גם



צורה 441

צורה 442

צורה 443

צורה 444

צורה 445

עמוד אוירי מקצה הימנית מהשפופרת, אולם כאשר שהאויר הוא ספוגי לכן לא תעבור לחיצת העלי ברגע אחד לכל אורך השפופרת, ושרריות האויר הנלחצות לפני העלי תתעבינה כאשר תורנו הצורה 442 באר היטב כי שש שדרות אויריים נתקרבו זו לזו על ידי תנועתן עם העלי מהשמאל אל הימין והשדרה 6 לא נעתקה עוד ממקומה, אמנם כאשר כי ששת השדרות האויריים נתעבו בקרבתן זו לזו, לכן יתרבה בהנה הכח המפזר (לפי § 189) ותלחצנה בכח זה בהרגע השני על שש שדרות אויריים

אחרות אשר מימין, ולכן תקרבנה אז השרדות 6, 7, 8, 9, 10, 11, זו לזו, השרדה 12 לא זזה עוד ממקומה, את מצב האזיר בהרגע השני הזה תורנו הצורה 443, יהנה בהצורה 442 נראה בחוש שההתעבות היותר גדולה (ולחסינוק דעק ספריצטונג) תשיג השרדה 3 העומדת בתוך בין השרדות הקיצונות הנלחצות, הלא הנה 1, 6, ובהצורה 443 נראה גם כן שההתעבות היותר גדולה תשיג השרדה 9 העומדת גם כן בתוך בין השרדות הקיצונות הנלחצות, הלא הנה 6, 12, ברגע השלישי תעבור הלחיצה עוד לימין ותעבורנה עוד שש שדרות אחרות, כה תעבור הלחיצה משש לשש שדרות עד תום כל השרדות שבהשפופרת, אמנם יען שבמשך הזמן אשר ילחץ הכח המפור של האזיר המלוחץ לימין ישוב העלי על ידי תנועתו (רצוא ושוב) לשמאל, ובחזרתו זאת יעבה את השרדות 1, 2, 3, 4, 5, 6, נמשך מזה שבועד אשר יתנועעו בהצורה 443 השרדות 7, 8, 9, 10, 11 לימין, על ידי כח המפור אשר להאזיר, תתנועענה השרדות 1, 2, 3, 4, 5 בכח לחיצות העלי (השב) לשמאל, ולכן יורק האזיר אז מימין להעלי ושרדות האזיר המורקות תרדופנה במהירות את שדרות האזיר המתעבות לפניו, ולכן תהיה גם תנועת השרדות המתעבות גם תנועת השרדות המורקות לנטיה אחת, ר"ל מהשמאל להימין, הצורה 443 תורנו את מצב שדרות האזיר אחרי שהשלים העלי תנועת-רצוא-ושוב אחת (ליינען היינלאנד העכגלנג), באופן שתנועת השרדות בכלל נעתקה כבר עד השרדה 12, השרדה 9 נעשית עבה ביותר והשרדה 3 הוכקה ביותר מכל השרדות הנותרות, והנה בכל תנועת רצוא ושוב חדשה תגלך גם התעבות גם הדקה חדשה, וגלי ההתעבות וההדקה ירדפו את הגלים שנולדו על ידי תנועת רצוא ושוב הקודמת, כל גל אזירי הוא מורכב לפי זה משני חלקים שונים: א) החלק שנתעבו בו השרדות, ב) החלק שהודקו בו, ומהו יתבאר לנו אמרנו בסימן 480 שעל דרך ההשאלה נוכל לקרות לחלק המתעבה בשם הר הגל ולהחלק המודק בשם בקעת הגל, יען שערכי החלקים האלה זה לזה בגלי האזיר מתיחסים יחס שווה כערכי ההר והבקעה שבגלי המים והחבליים, הצורה 444 תורה לנו את מצב האזיר בהשפופרת אחרי שהשלים העלי p שתי תנועות-רצוא-ושוב, ובהשפופרת נולדו על ידי זה שני גלים שלמים, הצורה 445 תורה לנו שלשה גלים בשפופרת אחת, השרדות שנתעבו תתנועענה מנטיה תנועת העלי והלאה, והשרדות שהודקו תתנועענה לנטיה העלי, כאשר יורנו באר היטב החצים הקטנים שמתחת להצורה 445, כאשר יקרא בגלי המים המרחק שבין ראש גבעה אחת לראש גבעה השניה לה וכן המרחק שבין עומק בקעה אחת לעומק בקעה שניה בשם אורך הגל המימי § 473, כן יקרא פה גם המרחק שבין שתי השרדות המתעבות או בין שתי השרדות המורקות ביותר בשם אורך הגל האזירי.

483. § הרעדת גלי הקול בהאזיר החפשי. בהאזיר החפשי יתנועעו הגלים (הנולדים על ידי הרעדת איזה גוף בו) בתבנית גלרי כדורים (islands) המקיפים זה את זה כגלדי הבצלים כשתורנו הצורה 446, וכל שנתבאר מתנועת הגלים המימיים יצדק גם בהגלים הכדוריים האלה, הצורה 447 תורנו את אופן העברת הקול (הנולד על ידי צלצל המעמון שבשמאל הצורה 447) אל אוון השומע (המצויר לעומתו בימין), בהצורה הזאת

נראה שבטרם בוא הקול לאוזן השומע עבר חמש בקעות הגל וחמשה הרי הגל או חמשה

צורה 447.



צורה 446.



גלים שלמים. ודעת לנכון נקל שכשם אשר יתפשטו פה גלי האויר מהשמאל אל הימין כן יתפשטו גם לכל עבר, ה"ל גם מהימין אל השמאל, אחור וקדם, מעלה ומטה, ולכן ישמע

לנו הקול לכל רוח. על פי הנסיון מצאו החכמים שמרחק שמיעת קול האדם בהמקומות הקרובים להציר הצפוני הוא 2 וויערסט לכל עבר, ולכן ירעיד שמה האדם בקולו כדור אוירי שמכילתו היא $40 \frac{2}{5}$ וויערסט מעוקבים, קול רעש הריימריקויהאש ישמע על פני הים במרחק חמשה ושבעים פרסאות געאגראפֿי, ולכן ירעידו כדור אוירי שמכילתו היא 1767150 פרסאות מעוקבים.

פרק עשרים ושנים

פנישת שבירת וחזרת גלי הקול

(מינטערפערענץ=ברעכונג=חוגר לוריקווערפונקט=דער טאלוועלסן)

Interferenz. Refraction und Reflexion der Schallwellen

§. 484. פנישת הגלים זה בזה (מינטערפערענץ). נפלאים המה החזיונות שיתראו

לנו בפנישת שני גלים המתנועעים לרוחות מתנגדות, הפנישה הזאת תוכל להיות בשלושה אופנים: (a) פנישת הר בהר, (b) עמק בעמק, (c) עמק בהר, באופן הראשון יתרוכזם ההר פני שנים, באופן השני יגדל עומק הבקעה פי שנים, באופן השלישי תשוב נקודת הפנישה למישור, והוא: באשר שעודף המים שבההר ימלא את חסרון המים שבהבקעה, לכן יתגשר שטח מקום הפנישה ותנועות הגלים תשובנה למנוחה אם שני הגלים חיו שוים בכמותם ואיכותם זה לזה, הנקודות הנחות האלה שתגלדנה על ידי הפנישה הן הנה

תשמע את הקול שיולד בהנקודה A כאלו בא בשתי דרכים: בהדרך הישרה B A ובהדרך הנמויה B C, או אם נתאר לנו את השומע עומד בנקודה a והמשמיע הקול עומד בהנקודה a' צורה 449 או ישמע השומע את הקול פעמים, האחת בתכונה הישרה a', והשנית בתכונה הנמויה c a השבה מהקיר x x.

§. 486. נקודת השרפה של מסלולי הגלים. האחים וועבער מצאו שאם

נמלא מים בכלי שתוארו ביצי (פליסטס) צורה 450, ונעורר בו בנקודת השרפה (בשנגסנקט f) האחת ממנו שיטת גלים, או תולד מנסכת חזרת הגלים לאחר מדופני הכלי שיטה-גלים חדשה, ומרכזה הוא נקודת השרפה f השנית. ההמצאה הזאת היא נכבדת מאד להכמות השמועה והחזיון והחוס, כאשר יתבאר לנו בדברנו מכיפת המבטא (טשטשקובס) בספרנו זה ובספרנו החום והאור מחקי חזרת האור והחוס.

צורה 450.



§. 487. מופת על חזרת הקול

מנקודת השרפה האחת שבהעליפזי

לנקודת השרפה השניה. אם נקח שתי מראות נבובות שוות בגדלן $t u, r s$, צורה 451, ונרחיקן זו מזו במרחק ישר בעשרים רגל באופן שקוטריהן יתאחרו לקוים ישרים, או אם נתלה מורה שעות אמתחתי (טשטשנאחזר) בנקודת השרפה A שלהמראה $r s$, או

צורה 451.



ישמע קול דפיקתו להאזון הנמצאת בנקודת השרפה B שלהמראה $t u$, יען שכל קווי-הקול (סלסטכאלין) הנפגשים בהמראה $r s$ יוחזרו כולם בתכונה מקבלת (סכמלין) לקומר המראה, ויפגשו כולם בשטח המראה $t u$ ומשמה יוחזרו לאחור ויתאחרו כולם בנקודת השרפה B, לכן ישמע בהנקודה B קול חזק מאד, אם תתרחק האזון מהנקודה B לאחור או לפניו, לימין או לשמאל, או יחלש הקול מאד כאשר כי שמה יפגוש אך קו אחד מקווי-הקול בהאזון, השמיעה תתחזק בנקודת השרפה על ידי

קבוצת כל קווי-הקול בה , כמו שיתחזק החום בנקודת השרפה על ידי קבוצת כל קווי-האור בה .

488. §. שבירת גלי הקול . בלמדנו את חכמת הראיה (דיסטיק) בספרנו

החום והאור נראה לדעת שכאשר יפלו על זכוכית עקומה קבוצות קוי אור המקבילים בנטייתם זה לזה , אז ישברו מדי עברם דרך מעבה הזכוכית וינטו מדרכם הישרה ולא יהיו עוד מקבילים זה לזה רק יתקרבו זה לזה הלוך וקרוב ויתאחדו בנקודה A הנקובה בשם נקודת השריפה (בשם נקודת) , יען שעל ידי מרבית האור המקובצים אליה ישרפו העצמים הנמצאים בה , וכל זה אם הזכוכית היתה גבנונית (קסוויסקס) כמו C B צורה 452 , אבל אם היתה שוקעת כמו

בצורה 453 ,

יתפורו הקוים

זה מזה

בעברם

בה . סבת

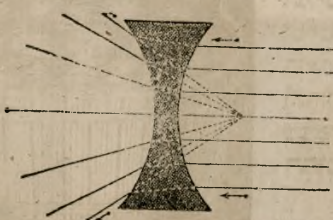
החזיון הזה

הנקוב בשם

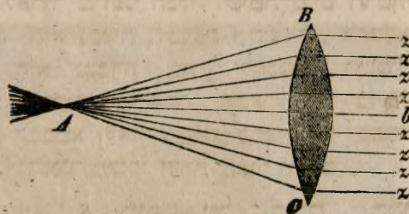
שבירת

הקוים

צורה 453



צורה 452



מבוארת בספרנו החום והאור בביאורנו לחכמת הראיה , ופה נסתפק להגיד שצלחה להחכם זאנדרהיים לגלות בבחינתו את החזיון הזה גם בקוי הקול (סוליסטוליס) , החכם הזה כרת שתי כריתות (מגנטס) מכרור של קאללאדיאום (Collodiumballon) וחבר אותם משני עברי טבעת גדולה של מתכות שמרת אלכסונה C B צורה 452 הוא 31 צענטימטער ולכן נתהפכה הטבעת לתבנית ערשה (וינט) גדולה שעוביה בין שתי גבנוניותיה הוא 12 צענטימטער , וימלא את הערשה באויר-חומץ-הפחמי ויתלה אותה , ובתכונת קוטר הערשה מאחוריה תלה למרחוק מעט בנקודה b מורה שעות האמתחתי (סטמפלוחה) והוא התיצב מלפני הערשה ויט אונו לשמוע את הפיקת המורה שעות ויתבונן כי כל עוד שלא הגיעה אונו לעומת הקוטר A b או ישמע את הרפיקות רק בקול דממה דקה מאד , וכאשר הטתה את אונו למול נטיית הקוטר A b או כבר התחיל לשמוע את הרפיקות בקול הולך וחזק , ומדרגת החזק היותר גדולה השיג הקול כאשר הטתה את אונו להנקודה A אבל גם בהתרחקו מן A והלאה אל הערשה , ר"ל בין A ובין הערשה , אז היה הקול הולך וחלש , וכאשר שהנקודה A תקרא בחכמת הראיה בשם נקודה השרפה , לכן לא שנו חכמי הטבע את שמה ויקראו גם להנקודה שבה יחזור הקול בשם הזה , היוצא לנו מדברינו בסימן הזה הוא שקוי הקול בעברם דרך שטח גבנונית ינטו מדרכם ויתאחדו בנקודה אחת , וכמו כן ינטו מדרכם ויתפורו אם יפגשו בנוף ששטחו הוא שקעורי צורה 453 .

489. §. מהירות הקול . כל דבר המתנועע יצרך זמן מה לתנועתו , אחרי שנדר התנועה

הוא השתנות המצב מאיזה עצם ממקום למקום , ובאשר שאין דבר גשמי בעולם שיוכל להיות בשני מקומות נפרדים בזמן אחד , לכן כמספר המקומות שיחלוף העצם המתנועע בדרכו , כן יהיה מספר חלקי הזמן הנצרכים לזה , ובאשר שהקול הוא מתנועע ממקום מולדתו למקום

השומעים, לכן לא יתפלא כל איש אם נחקור גם על זמן ביאת הגל האחרון המרעיר כלי השמיעה באזנינו למען שתרגיש נפשנו ההרגשה הידועה לנו בשם שמיעה, גם הנסיון הורה לנו שהקול יתמהמה בדרכו בבואו מנקודת מולדתו לאוזנינו, כן נראה בכלי היריה שיגרו מרחוק את האש רגעים אחדים במרם שנשמע קול הרעם, ועל האופן הזה מדרו חכמי האקאדמי שבפאריז 1738 את מהירות הקול, והוא: המה בחרו בשני הרים הרחוקים

זה מזה שתי

פרסאות, על

ההר האחד

העמידו את

הקאנאנע K

ועל השני

התיצב איש

עתי שיוכל

להתבונן על

כמות הזמן

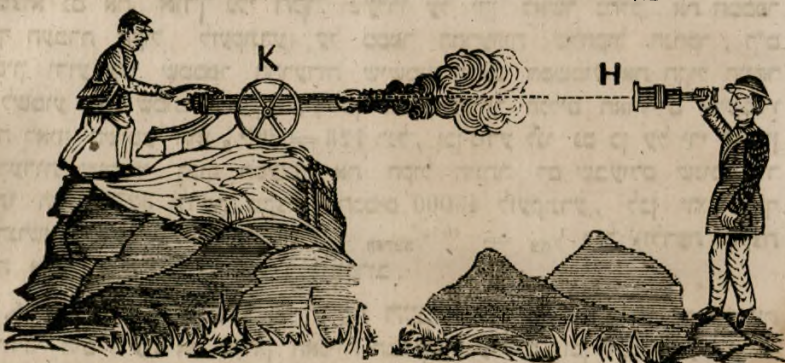
שיעבור בין

רגע ההתראות

הלהבה ובין

צורה 455.

צורה 454.



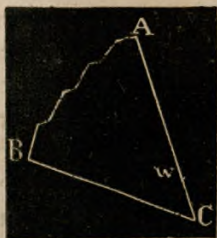
רגע שמיעת הקול, ביר המתבונן היה קנה המביט למרחוק (פסינקה) וגם מורה שעות מדויק מאד, שני האנשים העומדים על ההרים צורות 454, 455 הסכימו ביניהם שבכל חמשה מינוט יורה האיש מהקאנאנע K על האופן הזה מצאו שכאשר היה מרחק שני ההרים זה מזה = 57200 רגל פאריזי, אז התמהמה הקול בדרכו חמשה ועקונדען, אחרי כי תמיד נשמע להאיש הרעם אחרי שראה את הלהבה לפני 55 ועקונדען, ולכן מצאו את מהירות הקול $\frac{57200}{55} = 1040$ רגל פאריזי, הבחינת האלה נעשו ביום סגריר בעת שהורה מורד החום (טהערמאטער) 08 רעאמיר ($1^{\circ} 1 \frac{1}{4} = 36^{\circ}$), אולם הנסיון הורנו כי אם יתוסף חום היום בשיעור מעלה אחת או ירבה אורך דרך הקול במדת שתי רגל לכל ועקונדע, ולכן ביום שחזמו הוא 00 תהיה מהירות הקול רק 1024 רגל, וכאשר יעלה חום היום עד $\pm 30^{\circ}$ תהיה מהירות הקול $1024 \pm (2 \times 30) = 1084$ רגל, ובחורף כאשר יורד החום עד -32° או תהיה מהירות הקול רק $1024 - (2 \times 32) = 960$ רגל, מהירות הקול לא תשתנה בהשתנות הקול ברומי או בחוקתו, והוא: גם קול רם מאד, גם קול דממה דקה, גם קול חזק, גם קול חלש ימהרו כולם בדרכם במהירות אחת, הרם והחזק לא ירבה, והשפל והחלש לא ימעיט מן 1024 רגל לכל ועקונדע ביום שחזמו הוא 00 רעאמיר, גם נסיוות הרוחות תמהרנה או תאחרנה את מהירות הקול, ולכן נצרך לנו להביא בחשבון מהירות הקול גם את מהירות הרוח אם מגמת הקול היא בנשימה אחת עם הקול, ולגרוע את מהירות הרוח ממהירות תנועת הקול אם נסיוות הנה מגרדת.

מהירות הקול

490. §. מדת אורך גלי הקול. בהסימן העבר נתבאר לנו שני רברים, והמה: א) שהקול יעבור במרחק 1024 רגל לזעקונדע, ב) שגם הקול הרם וגם קול רמסה דקה יתנועעו במהירות שווה, ובהסימן 464 נתבאר שמספר ההרעדות המולידות את הקול בזמן קצוב יתערך בערך ישר למדרגת רום הקול, ובסימן 472 נתבאר שבכל הרעדה שלמה שירעד חלק אחד בהגוף המתנועע בתנועה גלית יעתק הגל ממקומו כמלא ארכו, לכן אם ידוע לנו מספר ההרעדות לזעקונדע שירעיד הגוף המשמיע קול את האויר או נוכל למצוא גם את אורך גלי הקול שינלדו על ידן כאשר נחלק את המספר 1024 (דרך העברת הקול לזעקונדע) על מספר ההרעדות שלהקול הנחקר, ד"ס על ידי הנסיון ידוע לנו שמספר ההרעדות שישמיע העצם המשמיע את הקול היותר שפל שנוכל לשמוע הוא שמונה לזעקונדע, לכן נמצא שאורך הגלים האויריים שיעבירו את הקול הזה לאוון השומע הוא $\frac{1024}{8} = 128$ רגל, וכן נודע לנו גם כן על ידי הנסיון שמספר ההרעדות שירעיד הגוף המשמיע את הקול היותר רם שבעולם שנוכל עוד להרגיש אותו הוא 32768 ולדעת מקצת החכמים 48000 לזעקונדע, לכן יהיה אורך גלי האויר הנושאים הקול לאוון השומע $\frac{1024}{32768} = \frac{1}{32}$ רגל (ולדעת מקצת החכמים יהיה ארכו $\frac{1024}{48000} = \frac{1}{46}$ רגל בקרוב).

491. §. קציבת המרחקים על פי ידיעת העברת הקול. על פי ידיעת מהירות הקול יוכלו יורדי הים לדעת את מרחק האניות המבקשות עזרתם, וכן יוכלו לדעת אנשי הצבא את מרחק מחנה האויבים, וגם נוכל לדעת על ידו את מרחק הנקורה בהעבים ששמה נולד הברק, כאשר יתבאר לנו בתשובת השאלה שלפנינו. שאלה. דרך הברק A B

צורה 455



נתראה לראשונה בהנקודה A להאיש העומד בנקודה C, ואחרי שעבר הברק בררכו אנה ואנה נתעלם בהנקודה B, והנה שני הקוים A C, B C היוצאים מעיני המתבונן והנפגשים בנקודת ההתחלה ובנקודת ההתעלמות יסגירו זווית בת 36 מעלות ביניהם, ואחרי עבור 13 זעקונדען מהתעלמות הברק נשמע קול רעם שהתמיד 17 זעקונדען, וחום היום היה 13 מעלות רעאמר, כמה היה אורך דרך הברק בשמים? תשובה. מרחק נקודת ההתחלה A מן C הוא $13650 = 1050 \times 13 = (13 \times 2 \pm 1024) \times 13$ רגל, ומרחק נקודת ההתעלמות B מן C $31500 = 1050 \times (17 \pm 13) = C$ רגל, ולכן על ידי ידיעת שתי הצלעות A C, B C ומדת הזווית W שכנגד הצלע השלישית A B יוצא לנו (לפי הכסת מדידת השטחים) מדת A B $21960 =$ רגל.

492. §. מהירות הקול באמצעים אחרים בלעדי אויר הנשימה. לפי בחינת החכמים בלאדני וואווערס תהיה מהירות העברת הקול בהמים ארבע פעמים מהר כמהירותו בהאויר, ולפי זה יהיה אורך הגלים מהקול היותר שפל הנשמע במים $128 \times 4 = 512$ רגל, וכן מצאו מהירות הקול בבדיל (יז) $7 \frac{1}{2}$, באבן שיש $7 \frac{3}{4}$, בהכסף 9, בנחושת

קלל = 10, בעצים לפי הבדל מיניהם = 11 עד 17, בנחישת = 12, בברזל יצוק = 12, בברזל עשות = 15, בזכוכית לפי הבדל מיניהם 12 עד 17 פעמים מהר ממהירות העברת הקול באויר הנשימה, וכן מצאנו גם מהירות העברת הקול בהגופים האוויריים, והוא: בחומץ פחמי 330 רגל, ביסוד החמצני 1000, ביסוד המימי 3850 רגל. על העברת הקול דרך הגופים המוצקים נוסד כלי הבטת החזה (סטטוסקופ) היא כלי שעל ידו ינרע להרופאים אם הריאה (לינג) היא בריאה או אם היא צמקה או נשפכה בקיתון יען שקול הרפיקות שירפיקו בפטיש של שרף הספני על לוח של שן שכנגד חזה החולה ישתנה לפי השתנות חומר הריאה.

493. §. משפטי מהירות הקול בהאזירים. החכם נויטאן המציא שלשה משפטים למהירות תנועת הקול בהגופים האוויריים, ואלה הם: (I) המהירות תתערך בערך ישר לשורש-מربع ספוגיות האזירים, ד"מ: אם תהיה ספוגיות האזיר א ארבע פעמים גדול מספוגיות האזיר ב אז תגדל מהירות הקול בהאזיר א פי שנים מאשר בהאזיר ב. (II) המהירות תתערך בערך מהופך לשורש-מربع מעבה, ד"מ: אם יהיה מעבה האזיר א ארבע פעמים גדול ממעבה האזיר ב אז תהיה מהירות הקול בהאזיר ב גדול פי שנים מאשר בהאזיר א, משני המשפטים האלה יוצא לנו משפט שלישי, והוא: מהירות הקול בהאזירים לא תתיחס מאומה לכח הלוחץ עליהם, יען שברבות הכח הרוחק תתריבה בערכו גם ספוגיות האזירים, וספוגיות האזיר תתריבה לפי חוק המאריאטע (באזירים נלחצים) בערך ישר לתוספת מעבה, ובאשר כי מעבה וספוגיות האזיר הנה מנודות זו לזו ביחס שנותן את מהירות הקול, לכן במדה הזאת שתתגדל המהירות בסבת תוספת הספוגיות על ידי הלחיצה, במדה הזאת תתקטן המהירות על ידי תוספת המעבה, והמהירות תשאר בלתי משתנית על ידי הלחיצה.

494. §. חזרת הקול (רפלטקסיון דעס טוולס). בבנינים גדולים כמו בבתי כנסיות ובבתי אסיפות או באולמות ארוכות המכוסות בתקרה, ישמע לנו שכל אחת מהמלות שנדבר שמה תשוב לאוזנינו בתור קול-מתלול הנקוב בשם קול-נמשך (נמשחול), אולם לא אחת ושתיים קרה כבר גם לכל אחד מהקוראים לשמוע המלות הנדברות מהם גם בין הרים וביערות בתור בת-קול (וייטכחול) המחזרת את מליהם אחר אחר, החזיון הזה יקרא בשם הד (פֶּק) סבות החזיונות האלה התבארנה לנו על ידי העיון, והוא: כבר ראינו שמהירות הקול בהעצמים או יותר בצדק יהיה אם נאמר: הכח שבו יעבור הקול דרך העצמים הוא משתנה מאד לפי מדרגת מעבה העצמים האלה, ולכן אם יבוא הקול מעצם רק לעצם עב ממנו כמו מהאזיר אל המים או מהאזיר לעומת החר או לעומת עצי היער וכדומה, אז יזורק הקול לאחור באשר שבכה ההוא שהספיק להקול לבקוע את האזיר לא יספיק לו לעבור בהעצמים המוצקים, ולכן ישובו גלי הקול לאחור מהעצמים העבים האלה וישמעו לנו שנית כאלו באו מנקודה שמאחורי העצם הזורק אותם לאחור לפי (485 §), אולם חזרת הקול כזאת תהיה גם כשיעבור הקול מעצם מוצק לאזירי, בהאופן הזה יהיה גודל כח התנועה

מהחלקים הנרעדים בהעצם המוצק גדול מאד בערך כח ההתנגדות מהאמצעי הרק שיעבור בו הקול משם והלאה, ועל כן לא יוכל העצם הרק לקבל את פעולת הכח הגדול הזה בבת אחת, לכן ישארו עוד הרבה מגלי הקול בהאמצעי המוצק ויוחזרו לאחור, באופן הזה יולד גם הד הרעם בגלגל-העבים, יען כי בעבור הרעם דרך האויר ויפגשו גליו בהעבים ויוחזרו שנית להאויר ומהאוויר יוחזרו שנית להעבים עד אשר יחלש כחם ולא ישמע הקול עוד, נמשך מזה שכל השתנות במדרגת המעבה בהאמצעי המנהיג את הקול תזרוק את הקול לאחור.

§. 495. מרחק השמחים המחזירים את הקול. הנסיון הורנו שאוון האדם תוכל להבדיל בזעקונדע אחת לכל היותר רק בין תשעה קולות רצופים בזה אחר זה, ואם נשמע עשרה קולות רצופים לזעקונדע, אז לא תהיה עוד שמיעתת ברורה אך כל הקולות יתאחדו להמולה אחת בלתי נפרדת, ובאשר שמרחק הדרך שיריץ הקול באויר החדר שחוטו הוא 15 מעלות הוא 1054 רגל, ולפי זה בין שני קולות רצופים שישמעו לנו בבידור בתחדר נצרך להיות הפסק בין הקול הראשון והשני לכל הפחות $\frac{1}{9}$ זעקונדע, והנה במשך $\frac{1}{9}$ זעקונדע ירוץ הקול בחום הבית בדרך $\frac{1054}{9}$ = 117 רגל, לכן אם נרצה לשמוע את הקול והבת-קול שלו באיוה בנין, או יוצרך להיות מרחק השמח (המחזיר את הקול) מהגוף המשמיע אותו לכל הפחות החצי מן 117 או $\frac{117}{2}$ = 58 $\frac{1}{2}$ רגל (8 $\frac{1}{2}$ קלאפטער) באשר כי 58 $\pm$ רגל עבר הקול מנקודת מולדתו להקיר, גם 58 $\pm$ רגל ישוב לאחור על ידי הוריקה בדרך שבא לאוון איש המדבר.

§. 496. מיני החד השונים, החד יחלק לארבעה מינים, והמה: (א) החד פשוט בעל הברה אחת, החד הזה ישיב לנו אך הברה (וייבש) אחת, פעם אחת וישמע בכל הבנינים שמרחק רפנותיהם הוא ערך 8 $\pm$ קלאפטער, (ב) החד מורכב בעל הברה אחת, החד ממין הזה יחזיר גם כן אך מלה בת הברה אחת, אולם ההברה תוחזר פעמים רבות רצופות זו אחר זו, החד הזה יולד בין קירות אחדות המרוחקות אשה מאותה כששים רגל, קוי הקול יוזרקו פה מקיר לקיר כאשר יוזרקו קוי האור ממראה למראה (עיי' בספרנו השני), החד שישמע על יד הלארליינערפעלד יחזיר מלה בת הברה אחת שבע עשרה פעמים, ברחוב המלך העגול שבעיר קאססעל תשמע מלה בת הברה אחת תשע פעמים, בהמגרל וימאנעטטא (Simonetta) על יד העיר מאיילאנד באיטאליען ישמע הד על ידי שתי קירות מקבילות המחזיר את ההברה האחרונה ממלה האמורה בקול גדול ארבעים פעמים ואת יריית קנה הרובה ששים פעמים, (ג) החד פשוט בעל הברות רבות, החד הזה יחזיר מלות בת שתי או הרבה הברות רק פעם אחת, החד הזה יולד בין קירות הרחוקות זו מזו לכל הפחות 120 רגל, (ד) החד מורכב בעל הברות רבות, החד הזה יחזיר מלות בעלות הרבה הברות פעמים רבות, על יד העיר אדרסכאך בבאָהמען ימצא יער האבנים (סטייננורד) המהולל אשר קרוב לאלף צורים (פסיונים) בעלי תמונות שונות יעמדו שם בתכונות שונות

למאד איש למול אחיו והקול הנשמע שמה יוזק מצור לצור, שמה יוחזר קול האדם שלש פעמים וקול קנה הרובה שבע פעמים ברגע מולדתם, ואחרי עבור רגעים אחדים יבוא הקול שנית מימין ברעם נורא המתמיד מעט בקולות מרעישים הולכים ונחלשים עד כלותם, ואחרי עשרים ועקונדען ישמע שלישית קול רעם הבא משמאל וידמה השומע כי יעלה הקול הזה ממטה למרומים, בקרבת החצר (למזרח) ראסענאטא בשאטלאנד ישמע הד המחזיר מאמרים קצרים (קולט וקטל) בעלי שבע עשרה הברות פעמים אחדות בזו אחר זו, אולם נפלא הוא ההד שישמע בבנין סט' געארגענאכטיי, והוא: שהמדבר לא ישמע את ההד רק את קולו לבד והשומע לא ישמע רק את קול ההד לבד ובהשתנות גדולה מהקול הטבעי (מוקטן), ההד ישמע שמה פעם מקרוב ופעם מרחוק, פעם בקול חזק ופעם בדממה דקה, לאחר מהשומעים יבוא שמה ההד מימינו ולהשני משמאלו ואחרי רגעים אחדים ישמעו גם המדבר גם השומע אך את קול ההד לבדו שיבוא להם ממקומות שונים לפי ערך מצבם, בכל עמל חכמי הטבע והבנין שחקרו על סבות הקולות הנפלאים בהבנין הזה לא מצאו עוד פשר הדבר הנפלא הזה. הקול הנמשך (נמשהו) יולד כהולדת ההד ורק בשטחים-מחזירים הקרובים זה לזה, ולכן לא נוכל להבריל אותו מהקול הטבעי.

§. 497. תועלת והפסד ההד להאדם. במקומות רבים כמו בבתי תיאטראות

הגדולים ובבתי האסיפות יוצרך לעשות תחבולות לבלי ישמע בהם ההד מחזרת הקול לאחר, ובכל זאת ידע האדם להשיג גם תועלת מחזרת הקול, ארבע הנה ההמצאות המועילות המיוסדות על חוקי חזרת הקול, והנה: (h) קנה המחבר (קאמיוויקטליקסמקאד), (z) קנה המכטא, (פסכאכקאד), (ג) קנה השמיעה (הקכקאד), (ד) כיפת המכטא (פסכאכקאד וקאוב), כאשר התבאונה אחת אחת בהסימנים הבאים.

§. 498. קנה המחבר או קנה הקול (סטו קאד). אם נשמיע קול בתוך קנה

ארוך שרחבו שווה על פני כולו, או ישמע הקול היטב להאיש שיטה את אוננו לשמוע את הקול היוצא מהקצה השני מהקנה כאלו היה מטה אוננו לפי המשמיע, סבת החזיון הזה הוא: שגלי הקול יוזקו לאחר מדופן לדופן הקנה ועל ידי זה יעצרו מלהתפור לכל

רוח כשתורנו הצורה

צורה 456.

456, ולכן השכילו חכמי

הטבע לכוון את הקנה

בצורת שפופרת ארוכה

ששתי קצותיה הנה

רחבות מעט בתבנית

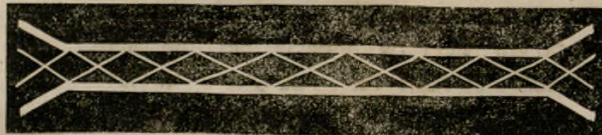
משפך (פכטמכקאד),

השפופרות האלה תעשינה מפחי מתכות או משרף-הספוגי (גוססמכט)

ושתמשו בהן

בהאניות הגדולות במקום שרב החובל יוכל לפקוד על כל משרתי האניה (המרוחקים זה

מזה בכל קצותיה) מחדרו שבירכתי האניה עד הצופה שבראש התורן, וגם בבתי-המלאכה



השפופרות האלה תעשינה מפחי מתכות או משרף-הספוגי (גוססמכט) ושתמשו בהן בהאניות הגדולות במקום שרב החובל יוכל לפקוד על כל משרתי האניה (המרוחקים זה מזה בכל קצותיה) מחדרו שבירכתי האניה עד הצופה שבראש התורן, וגם בבתי-המלאכה

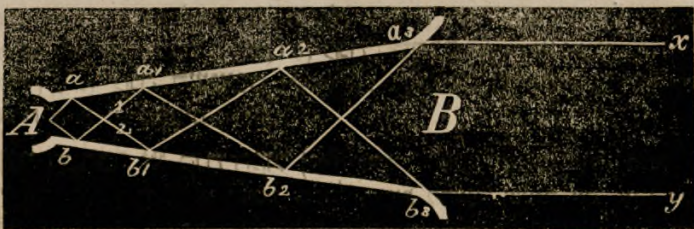
קנה המבטא וקנה השמיעה

(מבניקסן) הנדולים ישתמשו בהקנה הזה למען שהמנצה על עושי המלאכה יוכל לדבר מחדרו עם כל עושי המלאכה שבמרבית חדרי הבית.

§. 499. הנביאה התוגרמית. בקנה-הקול ישתמשו המכשפים הטבעיים (מטיכויסס וסטיקסס) להשמיע נבואות הנביאה התוגרמית (טיקיסס וסטיכויססגנין), והוא: באוניצלם בצורת אשה ימצא קנה-הקול, המשתרע דרך כל גוף הצלם והיוצא ממנו דרך רגל הכסא שהצלם יושב עליו ומשמה דרך הרצפה ויבוא לאיזה חדר שיסתר בו איש אחר השומע את דברי השואל וישיב לו תשובה שירמה להשואל לשמוע אותה מפי הצלם, ולפעמים ישיבו על השאלות גם מבלי כל תמונה הנראית להשואל, והוא: אם קצה קנה הקול יתום מאחורי היריעה או הקיר או בהרצפה דרך נקבים דקים ורבים זה בצד זה שלא יתראו לעיני השואל ולכן ידמה לו שאיש הרואה ואינו נראה ידבר אתו. על ידי קנה הקול שמע ביאט (Biot) את הדבר שלחש איש אחר בקצה הקנה השני במרחק 300 רגל ואת קול הפטיש שהכה בקצה האחר מהקנה שמע בקצה השני הרחוקה ממנו 2900 רגל.

§. 500. קנה-המבטא. קנה המבטא הוא שפופרת בתבנית הצורה 457 בקצה הצר יבואו גלי הקול מהפה הרובר ואורך הקנה הוא ששה רגל, רוחב הקצה הצר הוא שתי אצבעות ורוחב

צורה 457.



הקצה הרחב שש עד עשר באצבע, תכלית קנה המבטא היא לקרב את כל גלי הקול זה לזה למען יעברו הגלים גם באויר קרובים זה לזה, ואל התכלית הזאת נגיע על ידי זריקת הקול לאחור מדופני השפופרת ההולכים ומתרחבים זה מזה כשיורונו הקוים שבתוך קנה המבטא שתורנו הצורה 457, על ידי קנה המבטא יוכל איש בעל קול חזק להשמיע את דברו במרחק 17500 רגל או 5 וויערסט, את הקנה הזה המציא החכם מארעלאנד (Moreoland) 1670 בענגלאנד.

צורה 458.



§. 501. קנה השמיעה. אם נקח קנה המבטא קטן ונשים את קצהו הצר באוזנו בעוד שנרצה לשמוע קול מרחוק או יהפך קנה המבטא היה לקנה השמיעה. הכלי הזה הוא רב התועלת לאלה שאניהם אטומות מעט, הקול

יגדל על ידו יען כי משפך (מכניס) הקנה יקבל בתוכו גלים רבים שיעבה אותם במרם הניעם לעור התוף שבהאון ועל ידי ההתעבות הזאת תהיה הרגשת עצבי האוזן יותר חזקה ואת הקול שלא ישמע להחרש אם נדבר אליו מפה לאון ישמע אם נדבר אליו מתוך קנה השמיעה, הצורה 458 תורה לנו את תבנית קנה השמיעה.

502. §. כיפת המבטא. כבר נתבאר לנו (§ 486) כי בכלי מלא מים צורה 459 שתבניתו היא עליפוע יוזקו גלים מנקודת השרפה האחת לנקודת השרפה השנית, לכן אם יהיה תאר כיפת איזה בנין עליפזית או יוזקו גם בה גלי הקול מנקודת השרפה לנקודת השרפה, ולכן כל מלה שתבטא בלחש בנקודת השרפה האחת תשמע היטב בנקודת השרפה השנית בעוד שבכל יתר מקומות הבנין לא ישמע הקול,

צורה 459.



צורה 460.



כיפות המבטא היותר מברלות הנה הכיפות (קוסטוסין) של הפעמערסקירבע ברומי ושל הפויעלסקירבע בלאגדן, בהכיפה שברומי נבנתה מסדרונה (מסדר) והיה אם יעמוד איש על המסדרונה בנקודת השרפה האחת ישמע את הדבר שילחש רעהו בלאט בהנקודה השורפת השנית הרחוקה ממנו מאה רגל גם אם יהיה קול המולה בהבית, כשישורק איש העומד בנקודה ידועה מתחת להכיפה בהפויעלסקירבע בלאגדן

ישמע קול שריקתו עובר על כל גבולות הכיפה מסביב סביב כאלו התגלגל איזה עצם מוליד-קול-רם מסביב לשפתי הכיפה, דפיקות מורה השעות האמתתית תשמענה בכל הכיפה הגדולה הזאת, היותר מברלה (מכניס) שבכל הבנינים האלה היתה בלי ספק מערה הפריצים שבזיראקוס הנקובה בשם און ריאניוואוס ששמה נתנו האומללים במאסר תחת ממשלת העריצים, הבנין הזה היה נבנה באופן הזה שכל הקולות שיולדו בכל חדרו המערה ישמעו

בקול רם בחדר אחד שהעריץ ישב שם, כאשר יעידון על זאת כל סופרי דברי הימים הקדמונים.

פרק עשרים ושלושה

חזק הקול (Intensität des Schalles) טאליס דעס טאליס (Intensität des Schalles)

03. §. התמעטות כח המרעיד הגלים ברכות המרחק. פעולת הכח המסבב תנועות רוערות באוויר אמצעי תרכטן בהוספת המרחק, וערך ההתמעטות הזאת הוא כמרובע המרחק, ר"ל: במרחקים המתערכים זה לזה כערכי המספרים 1, 2, 3, 4, תתערכנה פעולות הכח המרעיד כערכי המספרים 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, והוא: יען שבהמרחקים האלה יצרך הכח המרעיד להרעיד עגולים אויריים שאלכסונם יתערך כערך המספרים 1, 2, 3, 4, ולכן יתערכו העגולים בשטחיהם כערכי המספרים 1, 4, 9, 16, ובאשר שהכח המרעיד לא יתוסף בכמותו והשטחים הנרעדים המקבלים פעולתו נתגדלו כמרובעי המרחקים, לכן תתקטן בהם פעולת הכח גם כן כמרובעי המרחקים כאשר כבר בארנו זה (על ידי הצורות 11, 12, צד 25) ברברנו מערך התמעטות הכח המושך כמרובעי המרחקים, אמנם באשר שהחזק הקול יתערך לא לבד למרחקו ממקום מולדתו אך גם לכמות האויר הנרעד ולמהירות תנועת ההרעדות, לכן אם נכה בכח גדול על הפעמון או על המיתר או ישמיע קול חזק מאשר ישמיע אם נכה עליו בכח קטן, וכן אם נשמיע קול במקום שהאויר דק או יהיה יותר חלש מאשר בהאויר העב, ובכלל נוכל להגדיר את המשפט הזה בדברים האלה: חזק ההרגשה שיורגש לנו הקול הוא שזה להמכפלה היוצאת מכמות האויר הנרעד המגיע לאוזנינו מוכפל על מרובע מהירות תנועת ההרעדה, ובאשר שעל ההרים הרמים יודק האויר מאד לכן ישמע לנו שמה רק קול דממה דקה, הקול הנולד על ידי הרעדות גופים קטנים הוא בלתי חזק כמו הנולד בסבת הרעדות גופים גדולים, קול הקאנאנע יחזק 4356 פעמים מקול קנה הרובה יען שהראשון ישמע במרחק 22 פרסאות והשני במרחק $\frac{1}{3}$ פ"ג ולכן יתערכו זה לזה כערך 22×22 אל 22 אל $\frac{1}{3} \times \frac{1}{3}$ אל 484 אל $\frac{1}{9}$, קול האדם ישמע במרחק 800 רגל וקול הקנה הרובה במרחק 8000 רגל, לכן יתערך חזק קול האדם לקול קנה הרובה כערך 800×800 אל 8000×8000 או כערך 640000 אל 64000000 או כערך 1 אל 100 לפי עדות חכמים רבים נמצאים אנשים בעלי קול חזק שישמע במרחק 7000 רגל, קולות הפעמונים הגדולים יחזקו אלפים פעמים מקולות הפעמונים הקטנים. גם האמצעים הסובבים את העצם משמיע הקול ישנו את חזק הקול, והוא: אם ינגן איש בקרבת הפארטאפאיני הטובה או יתגבר קולו, ואם ינגן בבית אשר יריעות של צמר תלויות על קירותיו ומוצעות על הרצפה או יחלש קולו, גם נטיית הקול תשנה חזקתו, אם נירה בהקנה ממורה

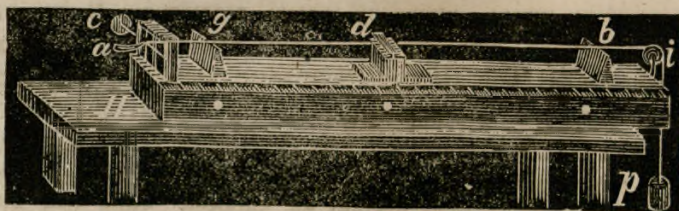
למערב או ישמע הקול יותר חזק למערב מאשר במזרח, קול האיש המדבר לפני ההמון וישמע יותר טוב להעומדים לפניו מאשר להעומדים לאחוריו, הקול יחלש אם היה נטייתו לעומת הרוח, ובכלל יחלש הקול באוויר מתנועע מאשר באוויר שקט, וכן יחלש הקול בעברו מאמצעי עב לאמצעי דק, אולם יותר מזה יחלש בעברו מאמצעי דק לאמצעי עב, ולכן יתפשט הקול יותר בנקל למעלה מאשר למטה כאשר שאז יעבור מאוויר עב לאוויר דק, ומנסבה הזאת לא נשמע בהיותנו במים את הקולות שיוולדו באוויר אם גם שנשמע בהיותנו באוויר את הקולות שיוולדו בעומק המים, על ההרים הרמים יחלש הקול מפאת דקות האוויר, בחורף ובכלילה יחזק הקול מאשר בקיץ וביום מפאת התעבות האוויר, הקול היותר חזק שנשמע בעולם הוא רעם הרי סט' ווינצענטע שנשמע למרחוק עד 75 פרסאות והוא חזק כשלש עשרה פעמים מקול הקאנאנע, חוזק הקול לא יתערך לרום ושפלות הקול כן ד"מ יהיה קול הפעמון הקטן יותר רם מקול הפעמון הגדול, וקול הפעמון הגדול יותר חזק מקול הפעמון הקטן, וכן קול האיש יחזק מקול האשה וקול הילד, וקול האשה או הילד המה רמים מקול האיש, חוזק הקול יתערך גם בערך ישר לגודל מרחק-קשתות-ההרעדות (מפויטורס) מהגוף המשמיע את הקול.

504. § השתנות הקול בהשתנות האמצעי. חוזק הקול יתוסף בהוספת מעבה האמצעי שיעבור בו, כאשר שהקול יולד על ידי תנועה מעכאנית, לכן נמצא כמותו אם נכפיל כמות מהירותו עם חלקי הגוף הנרעדים כדון כל כמות התנועה שישווה להמכפלה הנולדת מכפילת המשא עם המהירות לפי § 219, ולכן יהיה הקול שישמע במים יותר חזק מהקול שישמע באוויר הנרעד, וקול הנשמע על ידי הרעדת הגופים המוצקים הוא יותר חזק גם מהקול הנשמע בהמים, אם נתלה מורה שעות האמתחתי בקצה האחת מהקורה הארוכה חמשים רגל נשמע את דפיקותו כאשר נשים אוננו בהקצה השנית ממנו, ובאשר כי בעבור הקול במהירות משנה יגיע גם כמות משנה מהאמצעי שיעבור בו יען כי עבר בכל רגע דרך משנה מאשר עבר אם היה מתנועע במהירות אחת, לכן יוצא לנו משפט צדק שחוזק הקול ישווה להמכפלה הנולדת מכפילת מרובע המהירות עם כמות האמצעי-הנרעד לזעקונדע אחת.

505. § תושבת מתלוח הקול. אם יחזיק איש בשתי ידיו מיתר וחבירו יעבור

עליו בקשת
העוגב או
ישמיע לנו
המיתר אך קול
דממה דקה,
אולם אם ימתח
את המיתר על
מכסה תיבה
חלולה צורה

צורה 461.



461 וימשוך בקשת, אז ישמיע המיתר קול חזק אף נעים. באור החזיון הזה לא יפלא

בעיני כל משכיל על דבר, והוא: אם נתבונן שהקול יולד רק בסבת ההרעדות הנמהרות שלחלקי המיתר ובאשר שמעטים מה החלקים האלה בכמותם, לכן יהיה גם כמות הקול הנולד על ידם חלש למאד, אולם בהתחברם עם התיבות החלולות או ירעירו בהרעדותם גם את חלקי מכסה ותושבת התיבה הרבים אלפים פעמים מחלקיהם, ולכן בשמענו קול כנור לא נשמע אך את קול מיתריו לבד כי אם גם את קול תושבתו ומכסהו, וקול העצמי מהמיתר יבטל כאלף לעומת קול התושבת, ולפי זה יהיו המיתרים בהכנור אך מגלדי הקול ולא המשמיעים בעצמם, ומנסבה הזאת יקר מחיר הכנור רק מפאת ערך מחיר תושבתו ולא מפאת מיתריו, התושבות האלה שלהעונב והפיאני ולכלי שיר זולתם יקראו בשם תושבת מתלוי הקול (כעוזחמלנבקרדטן) באשר שקולם יתלוח לקול המיתרים המתוחים עליהם, באיטאליע ימצאו בתי נגון (קפסצססס) שרצפתם היא מסודרת בתבנית הזאת שתתלוינה בקולן על ידי הרעדותיהן לקול כלי המומרות ובוה תגברנה מאד חוזק קול כלי השיר, כאשר לא יצלחו המיתרים להוליד קול חזק מבלי תושבת מתלוח כן לא יוכשרו כל כלי השיר (גם כשתהיה להם תושבת מתלוח) להוליד כל קול בהיותם במקום פנוי מהאוויר, והוא: אם נביא מורה שעות (המכה בפעמון מספר השעות) מתחת להצלוחית שבכלי מריק האוויר או לא נשמע כל קול גם אם נראה את תנועת הפטיש המכה בהפעמון, אולם אם במשך ההכאה נביא אוויר מתחת להצלוחית או ישמע לנו כרגע קול הפטיש המכה על הפעמון, והקול ילך הלוך וחזק כל עוד שיתעבה האוויר מתחת להצלוחית, ואם נתחיל להריק שנית את האוויר מתחת הצלוחית או יתקטן הקול הלוך וקטון עד שלא ישמע לנו עוד. הבחינות האלה תורונו די באר שמבלי אמצעות האוויר המוליך את הקול (על כנפי רוח הגלים הנרעדים בו) לאזנינו לא ישמע הקול לאזנינו אף אם תתראינה לנו לעינינו התנועות המולידות הקול.

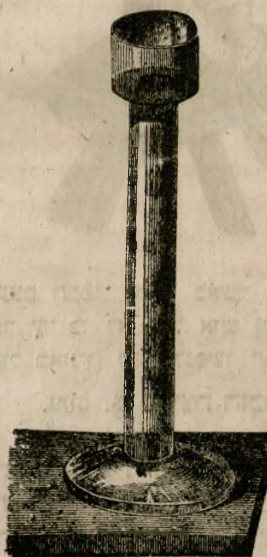
§. 506. הקול המתלוח (דיוט כעוזחמלנב). אם נניח שני עוגבים (פיוניטן) א; ב

זה בצד זה השוים בכל סגולות מיתריהם זה לזה, ונמשוך בקשת על המיתר הקיצון של העוגב א או נשמע בחוש שגם המיתר הימני הקיצון של העוגב ב ירעד עמו, את החזיון הזה נראה בעינינו גם אם נחלק על ידי נגיעת אצבעותינו את המיתר הקיצון מהעוגב א (שמשכנו עליו בהקשת) לחלקים-שויים-רועדים-לבדם, או יתחלק גם המיתר הקיצון מהעוגב ב לחלקים שוים כחלקי המיתר א ונוכל לבחון זאת על ידי נתינת רוכבי-נייר (פאסיכייסססס) רבים על המיתר של העוגב ב ונראה שיפלו הרוכבים לאחור מיד כשירעד המיתר של א ואך הרוכבים שירכבו על נקודות אגודות ההרערה המה ישארו במקומם וישבו במנוחה, כל אלה שאמרנו פה מהמיתרים הקיצונים של שני העוגבים יצרך גם בכל אחד מתר שלשת המיתרים של העוגב א, והוא: כל מיתר משלשת המיתרים הנותרים ירעיר את המיתר הדומה לו בהעוגב ב. כל מיתר הנמתח מעל לגוף מקשה יתן קול חלש מאד לעומת המיתר הנמתח מעל לגוף חלול, כל איש שימצא פֶּאָרְטֶאָ-פיאנע בביתם יודעים מהנסיון שקול העוגב שישמע בקרבת הפֶּאָרְטֶאָ-פיאנע יתחזק על ידי קול הפיאנע המתלוח לקול העוגב, מהמבואר פה ומהנסיון נודעו לנו המשפטים האלה: (6) כל גוף נותן-קול יאצול את הרעדותיו יותר בנקל להנף הדומה לו בקולו

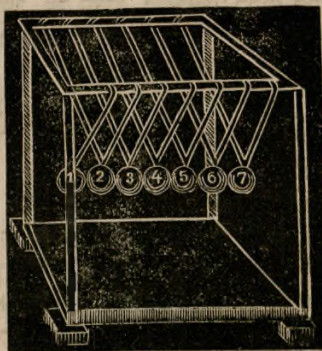
מאשר להגוף המשתנה ממנו בקולו. (3) ערך מדרגת השלמות (דימ פקולוקטיוס) שנתעבורנה בהנה הרעדות גוף מוצק אחר לגוף מוצק הקרוב אליו תתחס: (6) לתואר הגופים, והוא: הגופים בעלי שמחים רחבים יאצלו היטב את הרעדותיהם לגופים זולתם מאשר יאצלו המיתרים והמוטות, (3) לרום הקול, והוא: הקול הרם יעורר יותר בנקל הרעדת גוף אחר מאשר יעורר הקול השפל, (ג) לנטיית ההרעדות, והוא: הרעדות האויר תוכשרנה יותר להוליד התלוות הקול מאשר תוכשרנה לזאת הרעדות הרוחב.

507 §. הבנה לבחון התלוות הקול. למען נראה בחוש את מהירות אצילות

צורה 463.



צורה 462.



ההרעדות מגוף לגוף, נוכל לתלות כדורי-שן צורה 462 איש איש בשני חוטים, באופן שמרכזיהם יהיו מכוונים בקו ישר אחד, או אם נגביה את הכדור 1 ונוריד אותו, ידפוק בדרתו על הכדור 2, והדפיקה הזאת תעבור במהירות גדולה מכדור לכדור עד הכדור 7 שיתרומם בגובה ההוא שירד ממנו הכדור 1, אולם כבד מאד

להאציל הרעדות הגוף המוצק להאזין החפשי או של האזין החפשי להגוף המוצק, והוא מהסבה שבארנוה § 494 שכל השתנות בהאמצעי תחליש את תנועת הגלים הרועדים בהם, אבל לעומת זאת יאצלו הגופים האזיניים בנקל את הרעדותיהם לגופים אזיניים אחרים, עמוד האזין הנרעד היוצא מפי

חלילי-המנים (פגמון-ספייס) יאצלו את תנועתו להאזין החפשי, ולכן ישמע קול החליל חזק מאד גם מבלי תושבת מתלווה בעוד שקול המולג והמיתר יהיה מלש מאד אם ירעד באזין חפשי ויתחזק אם יחובר המולג גם המיתר לעצם מוצק סמוגי כאשר נתבאר כבר § 505, אמנם גם האזין יחזיק את הרעדת הגופים המוצקים אם הוא נסגר באזיה כלי ובאופן שמכילת הכלי צורה 463 יחזיק עמוד אזיני מסכמות כזה שסמפר הרעדותיו ישוה בד בבד למספר הרעדות הגוף המוצק, את אמתת המשפט הזה הורה לנו ההכנס זאווארטה על ידי הכנה מיוחדת לזה אשר נתבאר בהסימן הבא.

508. §. הבנה להחזיק את הקול . קערה נחושת A צורה 464 מחוברת

צורה 464



להבסיס E ואם נמשוך בידנו הימנית עליה בקשת העוגב F או תשמיע קול , על בסיס שני D קבועה שפופרת רחבה מנייר עב (B) הפתוחה לעומת הקערה וסתומה מאחוריה, בדופנה האחרון ימצא נציב שנוכל להחזיקה בו ולקרב את קצה הפתוח של השפופרת להקערה או להרחיקה מהקערה ומדת המרחק נמדוד על הבריה (סימנים) אשר על קצהו השמאלי קבוע בסיס D הנושא השפופרת , והנה אם נטה את השפופרת לימין או לשמאל מהקערה ונמשוך בקשת העוגב על מסגרתה , אז ישמע לנו קול דממה דקה , אולם אם נטה אחרי כן שנית בידנו השמאלית את השפופרת לעומת הקערה , או יתחזק הקול הלך וחזק

ובעצם תקפו יהיה כאשר יהיה פי השפופרת מכוון כנגד הקערה , הקול יתחזק או מאד עד כי לא יוכל איש (שלא ראה את הבחינה הזאת בעיניו ולא שמע את התחזקות הקול באוזניו) לתת לנפשו השערה ברורה מהחזיון הנפלא הזה .

509. §. נתיצת הזכוכית על ידי הקול . מדי , דברנו מהקול המתלול נזכיר

גם מלאכה אחת שעוד לפני חמשים שנה עוררה נפלאות בלבבות כל רואיה , והוא : נתיצת הזכוכית בקול (גלוזאכטיסן) , והוא : רבים מהמשוררים ברור העבר ידעו לצעוק בקול נערך בכלי זכוכית ולקולם נבקעה הזכוכית , וכל משורר שהיה לו הכשרון הזה היה מהלל עד קצוי ארץ , אולם ההמון לא חכמו השכילו לדעת שלא בגבורת קולם רק בשווי קולם השווה להקול-היסודי (גלוזאכטיסן) של הצלוחית אֵלֶּצו לרופני הזכוכית להתלוות בהרעדותיה להרעדות קול הצועק , ובאשר שהזכוכית היא גוף מתפוצץ (פסקוד) § 70 , לכן לא עצרה הצלוחית כח להניע את חלקיה בתנועות רוערות ההולכות ומתגברות כל עוד שיעצק האדם בחללה ולא נספ , אולם כבר נודע לנו § 506 כי רק לגופים בעלי קולות שוים תתלווה הרעדות הגוף האחר לגוף משנהו , לכן לא יוכל כל איש לשבר את הזכוכית בקולו אם לא יהיה קול צעקתו בה שווה לקול-היסודי (גלוזאכטיסן) של הצלוחית , ולכן אף כי לא ידעו זאת הצועקים על ידי העיון , בכל זאת הורה להם הנסיון כי רק קול ידוע הוא העלול לשבר הצלוחית על ידו , ועל כן נטה כל צועק-בצלוחית להכות לראשונה הצלוחית באצבעו או בעצם אחר , למען שיוֹדע לו לבחור את הקול שיצלה לו לשבר הצלוחית על ידו , ומה נואלו אלה שחשבו זאת לחכמה

וגבורה נפלאה כאחת*) , בבנינים אשר קולות שפלים וחזקים ישמעו שמה , יתפוצצו פעמים רבות קהמה לוחות החלונות , ומה רבים המה שבירי לוחות החלון שנתפוצצו מקול רעם בגלגל או מקול מרכבה משתקשקת ברחובות קריה .

510. §. הכנה להבחין אמתת אצילות ההרעדות מהמיתרים על תושבת

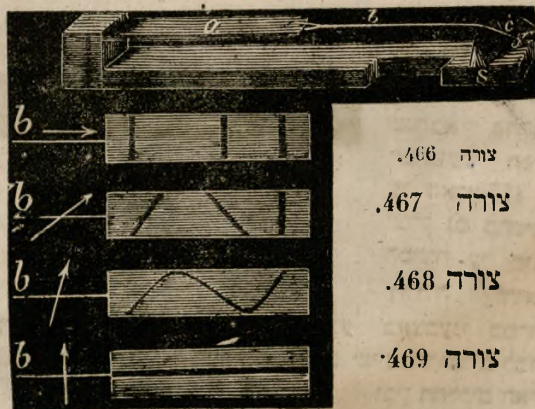
המתלוחה , אם יחוברו גופים מוצקים רבים לשיטה אחת , או אם נרעיד גוף אחד מהם ירעדו גם כל הגופים הנותרים שבהשיטה הזאת , והתנועה הנלית שלההרעדות תעבור במהירות גדולה לכל גבולות השיטה , ובכזוה להגבול לא יעברו כל הגלים להאמצעי האווירי או הנזולי הסוכב להשיטה אך רובם יחזרו לאחר ובשובם בתדרך שבאו יפגשו בהרעדות הרשות הרצות אל הגבול ותגלדנה בהשיטות קוי אנודות

478 § וגלים עומדים 477 § , כל אחד ואחד מחלקי השיטה ירעד בהרעדתי כחלק מהשיטה הכללית ולא בהרעדתי המבעיות שהיה רועד אלו היה נרעד יחיד , כמרבות הבחינות שנסה (זאווארטה Savarth) בזה נביא פה רק בחינה אחת, והוא: כי קשר בהצורה 465 בהמוט של עץ a את המיתר b אשר יוכל להמתח בהמסמר G , וכאשר העביר בקשת העוגב (פידטובקסן) על המיתר אחרי שפור חול דק על המוט

a , אז נולדו קוי אנודות שונות על פני המוט a ממעל אשר תמונתם תורונו הצורות 466, 467, 468, 469, החצים יורונו את תבנית נטיית קשת העוגב (פידטובקסן) למול המיתר b .

511. §. חומר הנאות להעשות ממנו תושבת מתלוחה הקול . החומר היותר

טוב לבנות ממנו תושבת נותנת-קול-מתלוחה הוא העץ , וייטב כל שהוא יותר ספוגי ויותר יבש וחמיין (סופט) ישתרעו בו בקוים ישרים , ידוע הוא לכל מנגן בכלי שיר שהתושבת המתלוחה תעלה מעלה מעלה במדרגת טובה לפי מספר השנים שעברו עליה , ולכן יעלה מחיר כלי-השיר-היושנים על החרשים , אם תושבת המתלוחה היא עבה יותר או ירעדו חלקיה פחות ואם היא דקה יותר מדאי או ירעדו חלקיה יותר מדאי , באופן



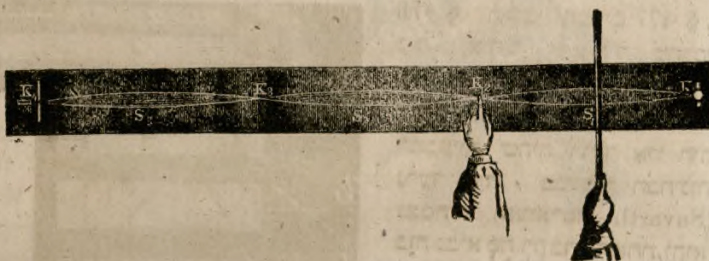
(*) כי לו היטה זאת גבורה לא יכול לסתרגול וללו היטה זאת חכמה לא ידעו הסוס וכחמור את הסלאכס הכנורס הואם שערס כחכר סכנור וסלחון את כל מנח"כנגיונות הדור סכנר , כדאיס כככס קמא דף י"ח עמוד ב' סרגול ססויס ראשו לאויר כלי וכוליס זמקס כו ושכרו כו' , סוס סלף זמור סנער ושכרו את סכליס .

הראשון תשמיע התושבת קול עמום (דומם) ובאופן השני קול צועק (טרייפנד), התושבת שנשברה ונתחברה שנית בדבק טוב תתן קול יותר חזק מאשר טרם נשברה, יען שהתושבת המדוברת תרעד בחלקים רועדים לבדם, אחרי כל אלה לא נתפלא לשמוע מפי יודעי נגן שיאמרו לפעמים הפיאנע שלי טובה היא להוליד קול קצוב אחר יותר מלהוליד קול אחר, והוא: יען שתושבת הפיאנע היא עשויה מעצים שסדור חומיהם הוא משתנה, ובאשר שלפי משפט § 506 יאצול הגוף הרעדותיו יותר בנקל להגוף השווה אליו במספר הרעדותיו מאשר להגוף המשתנה ממנו, לכן כל קול שתוכל התושבת להוליד על פי סדור חומיה יתלווה יותר בנקל לאחר מקולות המיתרים השווים במספר הרעדותיהם להרעדת התושבת; מאשר לקולות המיתרים הבלתי שווים בהרעדותיהם להתושבת.

§. 512.

צורה 470.

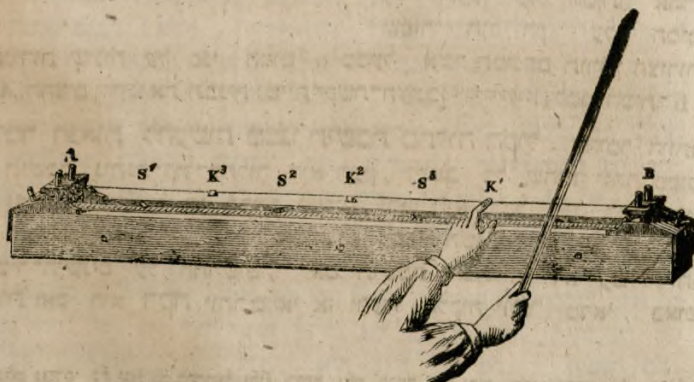
חלוקת המיתר
על ידי נגיעת
האצבע. כל
שנתבאר בהחבל
המתנועע חפשי
על הארץ § 477,
יצדק גם בהמיתר
הסתוח על תיבה
חלולה, והוא:



אם נמתח מיתר ארוך שלש רגל על תיבה חלולה צורה 470 ונגע באצבענו במרחק רגל אחת מהקצה הימנית או יתלק המיתר על ידי זה לשלושה חלקים שווים הרועדים לבדם ובין החלקים האלה

צורה 471

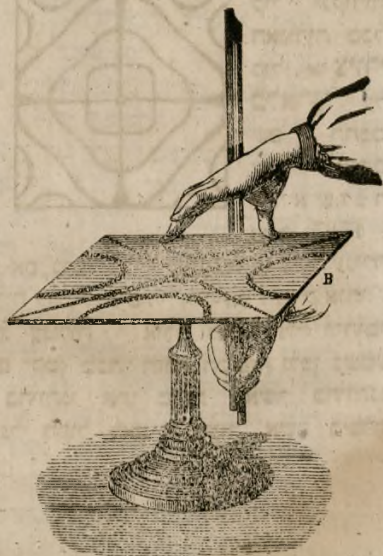
תמצאנה שתי-
נקודות-אגורות-
הדרודה K, K' ;
אמיתות ההתחלקות
הזאת והשתוות
האורך בין החלקים
הרועדים-ל-ב-ד-ם
נוכל למצוא במופת
הנראה לעין, והוא:
אם נרכיב חתיכות
נייר לאורך כל
המיתר A B



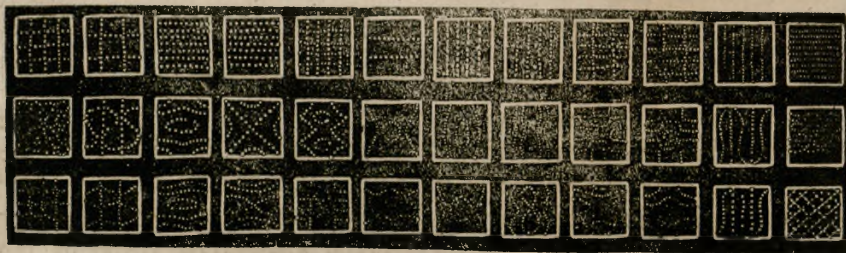
צורה 471 בטרם שנעביר עליו בקשת העונג או יפלו הרוכבים האלה אחר ברנע שנעביר

את הקשת על פני המיתר ואך הרוכבים שירכבו על נקודות האנודות ההרדודות ישארו במקומם, יען שהנקודות האלה לא תתנועענה בתנועת החלקים הנרעדים, ואם נמדוד את מרחקי הרוכבים (שלא נפלו) זה מזה או נמצאם שווים, ר"ל כמרחק K^1 מן K^2 כן יהיה גם מרחק K^3 מן K^2 ומרחק כל אחד מהם הוא כמרחק K^1 מן B .

צורה 472.



§. 513. ציורי הצלצל. כאשר תולדנה הרעדות עומדות במיתרים מתוחים (בשפתהננס וייטען), כן תולדנה גם בשטחים נמתחים ונרעדים, ד"מ בפעמונים ובפחים, והוא: אם נפור אבק דק על לוח B של עץ או של זכוכית צורה 472 ונגע בשתי אצבעותינו בשתי נקודות מהפח בעוד שנעביר בקשת העוגב שבידנו השנית על זר הלוח, או יתחלק הלוח לחלקים רועדים-לבדם והאבק יזורק על ידי הרעדת החלקים ויתקבץ על הנבולות של החלקים הנרעדים-לבדם, ולפי חוזק הקול שיולידו הלחות-הנרעדים מנסבת העברת הקשת עליהן, כן ישתנו קוי האנודות (קשטעלויטען) בתבניתם ומספרם, והוא: כל שיהיה הקול יותר שפל כן ימעט מספר הקוים וכן תהיה תבניתם 'יותר פשוטה, וכל שיהיה הקול יותר רם כן תהיה תבנית הקוים יותר עקומה ומספרם יותר רב, חמש עשרה הצורות מן צורה 473 עד צורה 487 תורונו את תבנית הקוים צורות 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484.



מתשעה ושלישים קולות המשתנים ברומם, הצורות 485, 486, 487 תורונו התמונות במדה נגדלת מעט, מלבד אשר תשתנינה התמונות האלה בהשתנות הקול תשתנינה גם בהשתנות מיני ההרעדות, ר"ל: אם הנה הרעדות האורך או הרעדות הרחב כאשר נתבאר לנו עוד במקום אחר § 510 ברברנו מהתלוות התושבת המתלוח בהרעדותיו להרעדות המיתרים,

חכמת מדידת רום הקול

הציורים המוגבלים מקיי-האנודות יקראו בשם ציורי הצלצל (קלנג=סיוגוס), יען

שמציינים

צורה 487.

צורה 486.

צורה 485.

את תכונות

קוי ונקודות

האנודות מכל

קול, או ציורי

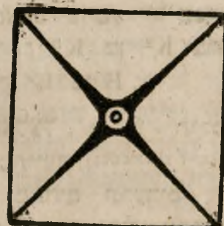
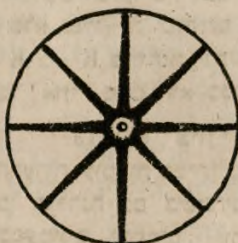
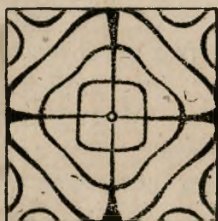
כלאדני על

שם החכם

שגלה אותם

לראשונה

שנת 1787.



§. 514. התחזקות הקול על ידי חזרתו: אם נדבר בבית שתקצא בו כיפה עגולה

או יתחזק הקול מאד, יען שהקול החוזר מהכיפה יתלווה להקול היסודי (מוסקן) ויהיוק אותו.

ומסבה הזאת יעשו מכסי בתי כנסיות בתבנית כיפות עגולות, אולם גם כותלי ורהיטי

הבתים יחזירו את הקול לאזנינו (הגם שכח החזרתם יקטן מכח חזרת הכיפה) ולכן נשמע

קול איש המדבר אלינו בלחש יותר ברור בהיותנו אתו בבית מאשר בהיותנו

אתו על פני השדה, יען שכותלי הבית יחזירו את גלי הקול לאזנינו בעוד אשר בשדה

יתפזרו הגלים מפי המדבר, לכל רוח.

פרק עשרים וארבעה

חכמת מדידת רום הקול

(Phonometrie פֶּוֹנֶמֶטְרִיֶּע)

§. 515. מבוא לחכמת מדידת רום הקול. אוון האדם יודע נגן לא

חשופו בצדק על רום הקול, גם כח זכרוננו יעזור לנו רק מעט להזכיר לנו את

איכות ההרגשה שהרגשנו את צלצל איזה קול למען נוכל להעריכו למול צלצל קול אחר לדעת

בריוק כמה היא ים או שפל ממנו, וגם כאשר ישמעו לנו שני קולות כאחד יקצר כחנו

לדעת בריוק כמה פעמים הוא רם יותר הקול האחד ממשנהו? ובטח יתפלא כל איש אשר

זרו לו עוד חוקי חכמות הקול בראותו כתוב בראש הפרק הזה חכמת מדידת הקול «כמה»?

ישאל לנפשו, «כמה יקדר הקול? האם יש לו אורך רוחב וגובה עד שנמדוד אותו במרת

«האמה, או האם יש לו משא ומשקל שנשקול אותו במשקלים במאזנים-ישראל-יחד? אמנם

יד חכמת האדם לא אולת למרוד רום הקול כאשר לא אולת ידו למצוא מרת התפשטות הגופים

לכל שלשת מרחקיהם במדת האמה, או לשקול את משקל כל הגופים במשקל

הליטרא, ובטרם שנחל לבאר את אופן מדידת הקול נקדים מעט מנדר המדידה בכלל למען לא יהיה מוזר אופן המדידה הזאת בעיני המתחילים שלא נסו להציג רגלם עוד על מפתן חכמות הטבע והשיעורים.

516. §. גדר המדידה. גדר המדידה הוא הערכת כמות ידוע לנו למול כמות הנעלם מאתנו, ד"מ: אורך כף רגלנו או אורך אמת ידנו, ידוע לנו, ואורך הבית או השדה נעלם מאתנו, לכן נעריך את אורך הרגל או האמה למול אורך השדה או הבית ונגיד על ידי ההערכה הזאת את מספר האמות או מספר הרגל שיחזיקו השדה או הבית, וכן כשנרצה לדעת כמות משקל האבן, או נשים אותה על הכף האחת ועל הכף השניה נתן מספר ידוע מליטורות של ברזל עד שתגבהנה את האבן ותחזקנה אותה בשיווי-המשקל, ולמען נדע את מכילת החבית נמלא אותה נוזלים בכלי המחזיק לוג או הין ונמנה את מספר הלוג או ההין שנתמלאו בה, שלשה מיני המדידות האלה המה **מדידות בלתי אמצעיות** (מוכתיטטע בלאטע = דינעקטע = וועססונגסן), יען כי פה הערכנו שני הגופים המשוער והמשוער זה לזה מבלי כל אמצעי ביניהם, ר"ל: את מדת הרגל או האמה הנחנו כמה פעמים לאורך השדה או הבית ונספור את מספר הפעמים שהונחה האמה על הארץ, את משקלי הליטורות ש'מנו בפועל למול משקל האבן, ואת מימי הלוג שפכנו בפעם אחר פעם בתוך החבית, אמנם רבות קרה לנו למדוד את אורך הדרך על ידי זמן ההליכה, את גובה הבית על ידי אורך צלו, ואת משקל האבן על ידי תנועת המורה (לייגס) במאזני-הנוצות (פערטע = וואגסן), את מכילת החבית על ידי הברל משקלה כשתהיה ריקה ומלאה, ואת כמות שטח השדה על ידי כמות הזרע ש'זרע בה, ואת מעוקב הגוף על ידי המים שיגרש מפניו בהטבלו בהם, את חריפות היין על ידי מרת. שקיעת הגוף הנטבול בהם 166 §, כל אלה המדידות הנה **מדידות אמצעיות** (מיטטע בלאטע = פערטע = דינעקטע = וועססונגסן), יען כי פה לא מדרנו את אורך הדרך בפועל רק את אורך הזמן ומאורך הזמן הוכחנו על אורך המקום, וכן לא מדרנו את גובה הבית רק את צלו, ולא שקלנו את משקל האבן רק מדרנו את תנועת המורה או את כמות התלחצות או המתחת הנוצה של עשת ברזל שהמורה קבוע בקצה, גם לא את מכילת החבית רק את משקל המים הממלאים אותה, ולא את שטח השדה רק את מרת הזרע ש'זרע בה, ולא את שלשה מרחקי הגוף המעוקב רק את מרת או משקל המים הנגרשים על ידו ממקומם, וכן נמדוד גם את רום ועומק הקול במדידה אמצעית, והוא: יען שגם פה לא נניח את צלצל הקול (שנרצה למדוד על ידו את רום קול אחר) עשר פעמים מקצה הקול עד קצהו (כאשר נעשה במדידות אורך הבית באמת איש) ורק במספר ההרעדות שירעד העצם המשיע את הקול נמדוד אותו, כאשר יתבאר לפנינו בהסימנים הבאים.

517. §. הברל מדידת חוזק הקול ממדידת רום הקול. את חוזק הקול נמדוד על ידי מרת המרחקים שישמע לנו הקול קהמה. ובאשר שהמרחקים האלה המה בלתי קצובים לכל איש ואיש, כי יש לך אדם שומע מרחוק יותר מאשר ישמע רעהו מקרוב

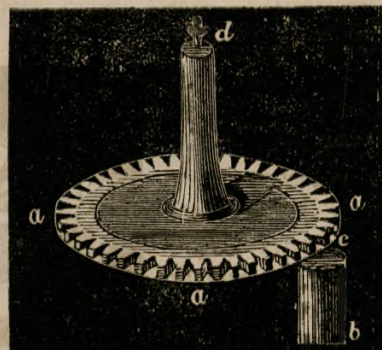
(כאשר ימצא גם אדם הרואה יותר מרחוק מאשר יראה רעהו מקרוב) הכל לפי שלמות תקון כלי השמיעה שלהם, לכן לא נוכל לקצוב בדיוק ממרחק השמיעה את חווק הקול באשר שהוא נערך לפי תכונת כלי השמיעה של השומע, ולכן ישתנה מרחק שמיעת הקול בבחינת השומע יותר מאשר בבחינת המשמיע את הקול, ד"מ : בסומן 503 קצבנו מרחק שמיעת הקול מירית קנה רובה 8000 רגל, וזה יצדק לאוון הבינוני, אמנם בכל זאת ישמע את הקול הזה אדם מהיר-השמע גם במרחק 10000 רגל, והאדם ששמיעתו היא קשה מעט רק במרחק 4000 רגל, ואם נעריך את חווק הקול לפי שמיעת שלשה האנשים האלה, אז יוצא לנו שלשה המספרים כערך $64:16:4$ או $1:4:6\frac{1}{4}$, נמצא כי למהיר-השמע יחוק הקול $6\frac{1}{4}$ פעם ולהבינוני ארבע פעם מאשר לקשה-השמע, ובערך הזה שישתנה חווק הקול בבחינת השומע, כן ישתנה גם בבחינת האמצעים שהקול יעבור בהם, כמו שנתבאר כבר § 493, ובבחינת הגופים המתלולים בהרעדותיהם להרעדת העצם המוליד את הקול כמו שנתבאר § 511, מכל אלה נקל להבין שכלתי אפשר למדוד את חווק הקול בדיוק שמלבד שתשתנה מדרגת שמיעת הקול בין איש לאיש תשתנה גם באיש אחר, שיש לך אדם השומע היטב מקרוב, בעוד שלא ישמע מרחוק היטב, ויש אדם שנקל לו לשמוע קול גדול מרחוק מאשר לשמוע קול דממה מקרוב, (כאשר ימצאו גם קצרי הראיה (קולטוויטיג) שיראו גם עצמים רקים מקרוב בעוד שלא יראו הרים ומגדלים מרחוק, ולהפך ימצאו רחוקי הראיה (וויטוויטיג) שיראו מרחוק יותר טוב מאשר מקרוב), אבל לא כן הוא במדת רום הקול, פה נוכל למצוא בדיוק מדה נכונה לכל קול וקול לבדו שמלבד אשר ימצאו אנשים מיטיבי נגן שיוכלו להפריד באזניהם בין שני קולות שומני הרעדותיהם ישתנו זה מזה רק בכמות זמן השוה לחלק אחד מן 617856 מועקונדע^(*), מלבד ההרגשה הרקה הזאת שחנן היוצר לאוון האדם, עוד חנן לאדם דעת להבין ולהשכיל ללמוד ולעשות מוכנות מחוכמות שעל ידן נוכל למצוא חשבון למספר ההרעדות של כל קול וקול מכלי השיר, או מקולות האדם והחיים, מקול הרעם בגלגל עד תמיית הרוח הקל, ומקול המית הנובב עד קול שאגת הארי, כאשר יתבאר לנו באר היטב בהפרק הזה ונתחיל מהמוכנה היותר פשוטה שהוכנה לתכלית הזאת.

518. §. המוכנה היותר פשוטה למדוד על ידה רום הקול. הצורה 488.

תורנו את המוכנה היותר פשוטה למדידת רום הקול, והוא: אופן בעל שנים שוות במדתן ושרוחב כל שן הוא כמלוא הרוח שבין שן לשן, האופן הזה יסוב על קוטרו, ובמשך

(*) הערה. ר"ל בין הקול h^4 שמספר הרעדותיו לזעקונדע הוא 30928 ובין הקול c^5 שמספר הרעדותיו הוא 32768 כאשר יתבאר בדברנו מהערכת הקולות, ואל תחמה על החסן קורא נעים כי בלמדנו את חכמת הכנעים נראה לדעת שצין האדם מוכל להבדיל בין שני צעדים שונים שהבדל זמני הרעדום עוד הכפטי (בפחחים) שבעינינו, יקטן עוד רבוא רבבות פעמים מההבדל הקטן הזה של אחד ממששים ושנים רבוא בזעקונדע שאל לנו פה !!!.

תקופתו יסתום ויפתח את פי השפופרת c b המחויברה למסוף, צורה 493 והנה בכל פעם ופעם שתבוא שן האופן למול פי השפופרת יתעבה האויר בה, ובאשר תעבור השן ובא הקוח שבין שני שנים למול פי השפופרת, אז ירוץ האויר במהירות דרך הקוח, ומהר יעצר שנית הרום האוירי על ידי שן אחרת החותמת את פי השפופרת, נמשך מזה שהאויר ירעד מספר הרעדות כמספר השנים שתעבורנה מעל פי השפופרת, בעזרת ההכנה הזאת הנקובה בשם זירענע קצבו חכמי הטבע את מספר ההרעדות לכל הקולות שישמעו לאוזן האדם, הקול היותר נמוך שישמע להאדם הוא בעל שמונה הרעדות לעוקנרע והיותר נמוך שישמיעו להאדם המים (קנגו) הוא בעל 32 והיותר רם שישמיע לנו הפיאנע הוא בעל 4096 הרעדות, הקול היותר נמוך של האיש הוא בעל 72 והיותר רם שלו $= 633$ הרעדות, הקול היותר נמוך של האשה הוא 576 והקול היותר רם שלה הוא בעל 1728 הרעדות לעוקנרע, כשיעלה מספר ההרעדות יותר על 32768 לעוקנרע אז לא ישמע לנו עוד בתור קול נערך רק בתור שריקה, לפי דעת החכם זאווארט תוכל אוננו להרגיש עוד קול שמספר הרעדותיו הוא 48000 לעוקנרע, אמנם דעת לנכון נקל שגבולות שמיעת הקול תשתנינה באנשים שונים בהשנות סבנה אוניהם פנימה, כי יש אדם שלא ישמע כל קול אם לא הרעיד העצם המשמיע הקול את האויר 16 הרעדות בעוד שרעהו ישמע גם את הקול שינלד משמונה הרעדות, ולעומת זאת יש אדם שישמע גם את הקול היותר רממה בעוד שלא ישמע קול צלצול הצלצל (זירענע דבר גיליון).

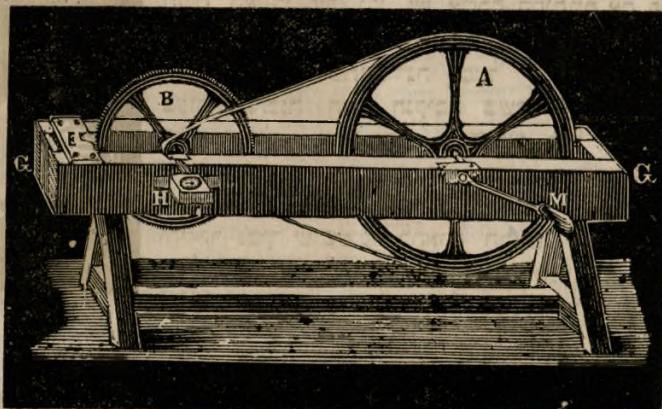


§ 519. זירענע של החכם זאווארט. החכם זאווארט (Savart) המציא

זירענע שתבניתה תורנו הצורה 489, והוא: האופן הגדול A והאופן הקטן בעל השנים B קבועים בבסיס אחד, ורצועה בלייפק $\S 371$ יחבר מקוף האופן A לקוטר האופן B , מאחורי האופן B קבועה הנוצה E הנוגעת בשני האופן, והנה אם נקיף הסרן הכפוף M או תעתק תנועתו על קוטר האופן B , ואם יהיה אלכסון האופן הגדול, עשרים פעמים גדול מאלכסון קוטר האופן B או יקיף B עשרים פעמים בהשלים A תקופה אחת, ואם יהיה להאופן B חמשים שנים או תרעד הנוצה E בכל תקופה שלמה שיקיף האופן A $20 \times 50 = 1000$ פעמים, ובאשר שנקל לסבב האופן הגדול פעמים רבות בעוקנרע אחת וגם נוכל לעשות בהאופן B מאה שנים לכן נוכל להוליד בהזירענע ההוא קולות מקולות שונים ברומם, אל קצה קוטר האופן B מחובר מעשה אופנים נם מורה שיוורה על לוח הציונים H את מספרי התקופות

אם נרצה לקצוב מה מדרגת הרום מאיזה קול, ר"מ את רום קול האיש או האשה או נצוה להם להשמיע קולם ממדרגה היותר נמוכה עד היותר גבוהה שיש בכחם להשמיע ובמשך הזמן שיזמר האיש בקול נערך במדרגה ידועה ה"מ בהיותר נמוכה נקיף את

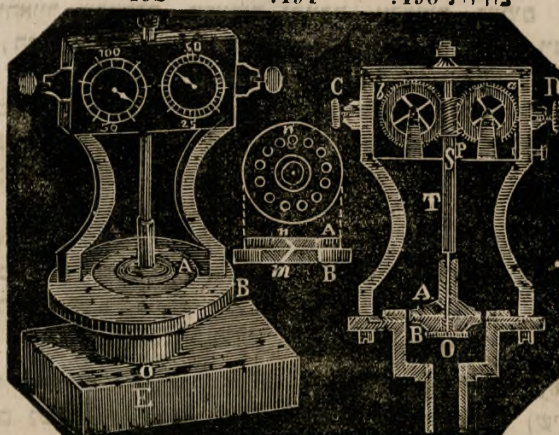
צורה 489.



האופן הגדול מהוירענע לאט, וקול הוירענע יהיה או נמוך מקול האיש ואז נמהר על יד על יד את הנעות הוירענע עד שישוה קול הוירענע לקול האיש ונראה על הלוח את מספר התקופות ונמצא את מספר התקופות שיקיף האופן למינוטע אחת, וזוה נמצא גם השבון ההרעדות לזעקונדע, אם יהיה ד"מ גודל אלכסון האופן הגדול עשרים פעמים גדול מאלכסון הקוטר של B ומספר שני האופן $B = 40$ ולמען שישוה קול הוירענע לקול האיש הקיף האופן A ששה פעמים למינוטע או יהיה מספר הרעדות הקול לזעקונדע $(40 \times 20 \times 6) = 4800/60 = 80$, ואם כשישמיע האיש קולו היותר רם יהיה נצרך לנו להקיף את האופן A 43 פעמים למינוטע למען שישוה קול הוירענע לקול האיש או יהיה מספר ההרעדות לזעקונדע כהקול הזה $(40 \times 20 \times 43) = 34400/60 = 573$, ואם יצטרך לנו להקיף את האופן A 130 פעמים במינוטע למען השווה קול הוירענע להקול היותר רם של האשה או יהיה מספר ההרעדות $(40 \times 20 \times 130) = 104000/60 = 1733$.

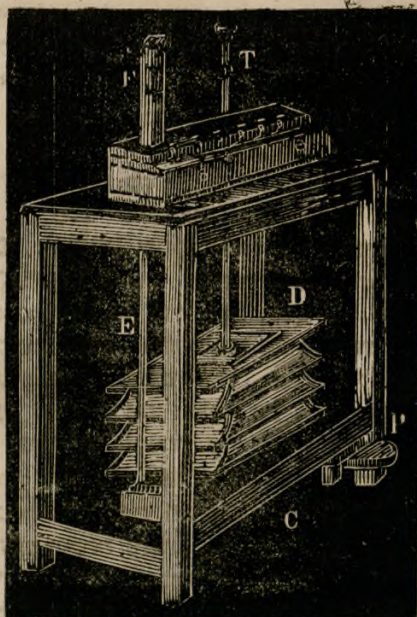
§. 520. זירענע של החכם קאניארד דעלאמור (Cagniard de Latur). החכם הזה מנה מספר הרעדות הקול בהכנה מחוכמה שתוארה החיצון והפנימי תורונו של הצורות 490, 491, 492, בהחלק התחתון מההכנה יקצא החרר העגול O המכוסה בצמיד פתיל B צורה 490, על הצמיד הזה קבוע הסדן הזקוף T הנושא על קצהו התחתון את האופן A והוא לוח עגול חרוץ בעל שנים שכשתי הצורות 490, 492 לא נראה ממנו רק את כריתתו הזקופית (וסתקמטסט דוכמניט), האופן A יוכל להתנועע חפשי עם הסדן T, בהצמיד B נקובים הרבה נקבים השווים במרחקם איש מאחיו ובגדלם ובמספרם ישוו להנקבים הנקובים באופן A המכוונים כנגדם ויבדלו רק בזה מהנקבים שבהצמיד B, שנמיות חלוליהם הנה מגדרות זו לזו, והוא: חלולי הנקבים יעברו בתכונה נשויה דרך עובי האופן A והצמיד B, חלולי האופן ישתרעו מהשמאל להימין

וחלולי הצמיד מהימין להשמאל, בהצורה 491 תארנו את נשיות חלולי הנקבים האלה
צורות 490. 491. 492.



צורה 493.

הזאת בעת הנועתה נצייר לנו שבהאופן
A ימצאו ארבעים נקבים כעור אשר בהצמיד
B ימצא רק נקב אחד, והנה בטרם שנתחיל
לבחון ולמנות בהמוכנה הזאת את מספר
ההרערות נקיף בידנו את האופן עד כי אחר
מארבעים הנקבים שבו יהיה מכון כנגד
הנקב m שבהצמיד B צורה 491, והנה
הרוח הנלחץ מהחלל התקוע בהמפות צורה 493
יעבור דרך הנקב m שבהצמיד B ויפגוש
בהדופן העקומה n שבאחר מנקבי האופן
A המכוון כנגד הנקב m צורה 491 ואז
יתחיל האופן להתנועע על קוטרו ולא יפסיק
את תנועתו כרגע אך יתמיד בכח התמד'ת
להתנועה (לפי § 29), ולכן יבוא בהשלימו
חלק הארבעים מתקופתו עוד נקב אחר שבהאופן
למול הנקב m שבהצמיד, והאופן יקבל אז
דחיפה חדשה ובכלות האופן את תקופתו
כבר קבל ארבעים דחיפות בזה אחר זה
הנקב m נתכסה ונתגלה ארבעים פעמים
רצופות בזה אחר זה והרוח הנלחץ מהמפות



דרך החלל m צורה 491 תתפרץ לבוא (במשך תקופה אחת) ארבעים פעמים לתוך אוויר החלל שמממל להצמיד והאוויר שלמעלה מהצמיד נתעבה ארבעים פעמים בוו אחר זו במשך התקופה הזאת, הגלים שיולדו מהתעבות האוויר יתפשטו לכל רוח ויגיעו לאוזן השמיעה וירגישו לה קול דממה או קול רם לפי ערך מהירות התקופה שיקוף האופן, ואם נניח שגם בהצמיד ימצאו גם כן ארבעים נקבים כאשר ימצאו בהאופן לא יתוסף בזה הקול ברומו יען שכל הארבעים הנקבים שבהצמיד יתיצבו בזמן אחד תחת הארבעים נקבים שבהאופן ובהאוויר שמממל להצמיד לא נולדו או ארבעים גלים נפרדים רק כל גל וגל נולד בכח הגרול ארבעים פעמים מהכח שהוליד את הגל כאשר היה להצמיד רק נקב אחד, והוא: כאשר שהתעבות האוויר (הנולדת מהרוח היוצא בבת אחת דרך כל ארבעים הנקבים אשר בהצמיד B) יתגדל ארבעים פעמים ממדרגת המעבה שיתעבה האוויר אלו היה הרוח מתפרץ לבוא רק דרך נקב אחד.

§. 521. מדידת הקול בעזרת הזירענע של קאניארד דעלאמור Cagniard de Latur. דעת לנבון נקל אלו היתה לנו הכנה שתמנה מספר תקופות האופן A צורה 492, או היינו יכולים למצוא על ידי כפילות מספר פעמי התקופות (שיקוף האופן A צורה 492 בזמן קצוב) עם מספר הנקבים שימצא בו את מספר ההרעדות שנרעד האוויר שלמעלה מהצמיד, וכל נבון דבר לאשורו שקרא את דברינו § 441 בבארנו את מעשה מורה-שעות-ההלכת-האוויר (מזמן-מוחק) יבין מרעתו שכשם שצולחה לנו למצוא שמה מספר לתקופות התוף כן תצלה לנו גם פה למצוא מספר גם לתקופות האופן A אם נשתמש במוכנת המנין שנתבאר לנו § 438, ולמען הבין את מעשה מוכנת המנין פה תתבונן בהצורה 490 צד 339, והוא: בקצה העליון מהסדן הוקף T נחקקה שרויבע בלי-קץ (שרויבע קחנע מנדע) § 391 האוחות במקיפיה בשני האופן a, (השרויבע תקרא בלי-קץ יען שכל עוד שלא תפסק תנועת הסדן T לא תפסק גם אחיות מקיפיה בין שיני האופן a), מספר שיני האופן a הוא מאה, ובאשר שבכל פעם שיקף האופן A על סדנו תקופה שלמה יעתק האופן a רק במדת שן אחת, לכן ישלים האופן a בעל השיניים תקופה אחת אחר שכבר השלים האופן A מאה תקופות, במקיף האופן a קבוע המספר p אשר מדי כלות האופן a תקופה שלמה (והוא: אחרי שכבר כלה האופן A מאה תקופות כאמור) יאחו המספר n פעם אחת בשיני האופן b, על קצות סדני האופנים a גם b למעלה קבועים מורים (ייגעי), המורה של סדן a יורה על לוח הציגונים (ציגנבולס) המחולק על מאה חלקים שווים את מספר אחרית התקופות שהקיף האופן A והמורה אשר על סדן של b יורה על לוח ציגונים מיוחד (המחולק גם הוא לחלקים כמספר שיני האופן b) את מספר מאות התקופות שהקיף האופן A, על ידי שני השרויבען C D נוכל לקרב או לרחק את האופנים a b לאחוס איש באחיו או להפירר ביניהם ככל הנדרש לבחינתנו ומעתה נתבונן בצורה 492. אם במרם התחלת הבחינה עמדו שני המורים על לוחות הציגונים שלהם על החלק המצוין עם 1 ואחרי כן התנועה המוכנה ארבעה מינוטען והשמיעה לנו קול

בלתי משתנה והמורה אשר על סדר של a יעמוד אצל הציון 60 והמורה אשר על הסדר של b אצל הציון 90 או נמצא את מספר ההרעדות אם נחשוב לראשונה את מספר התקופות שהקיף האופן A ונמצא מספרן $(90 \times 100) \pm 60 = 9060$, ובאשר שבכל תקופה ותקופה שהקיף האופן A נרעד האוויר ארבעים פעמים לכן נכפיל את מספר התקופות 9060 עם המספר 40 שהוא מספר ההרעדות בכל אחת ואחת מהתקופות (יען שמספר ההרעדות הוא כמספר הנקבים שיקצאו בהאופן A לפי § 520) ויוצא לנו מספר ההרעדות בכל הארבעה מינוטען $40 \times 9060 = 362400$, ובאשר שכל ההרעדות האלה נשלמו במשך ארבעה מינוטען שהם 240 ועוקנרען לכן נמצא את מספר הרעדות הקול הזה שהשמיע לנו הזירענע אם נחלק מספר ההרעדות 362400 על מספר הזעקונרען 240 ויוצא לנו לכל זעקונרען $1510 = \frac{362400}{240}$.

§. 522. הקול לא ישתנה ברומו בהשתנות האמצעי שישימם בו. המשפט הנפלא הזה נודע לנו על ידי הזירענען שנתבארו לנו מעשיהם ופעולתם בהסימנים הקודמים, והוא: אם נביא את הזירענען של זאוארטה § 519 או של קאניארד דעלאמור § 520 במים אחרי שהשמיעו לנו קול קצוב ברומו בהתנועעם באויר הנשימה ונסכוב אותם בהררכים שנתבארו לנו בהסימנים § 519, § 520, או נשמע קול הבלתי משתנה ברומו כל עוד שלא תשתנה מהירות תקופות אופניהם כאלו שמענו אם היו הזירענען משמיעים את קולם עוד באויר הנשימה והוא הרין גם אם נביא את הזירענען באיזה גוף נוזלי אחר או באחד מגופים האוויריים השונים במדרגת מעבם ממעבה אויר הנשימה, הבחינות האלה תורונו די באר שרום הקול לא יתערך מאומה למבע חמרי האמצעים שישימם בהם, אמנם הגם כי רום הקול (כל עוד שלא נשתנה בו מספר הרעדותיו) לא ישתנה בהשתנות חמרי האמצעים הנרעדים, בכל זאת תשתנה מאד איכות הצלצול (קולאנסקט דם קולנסקט) בהשתנות איכות חמרי האמצעים הגם שלא ישתנו במספר הרעדותיהם, איכות הצלצול תקרא בפי חכמי דורנו גם בשם צבע הקול (קולאנסקט) ויתבאר לנו בפרק מיוחד.

§. 523. בעל מיתר האחד (וּסְכֵּסְכֵּר). כאשר נוכל לקצוב את מספר ההרעדות

לזעקונרען בעד כל קול על ידי הזירענען כן נוכל לקצוב אותו גם בעזרת ההכנה

צורה 494

הנקובה בשם

בעל מיתר

ה א ח ד

מ א נ א ר ד

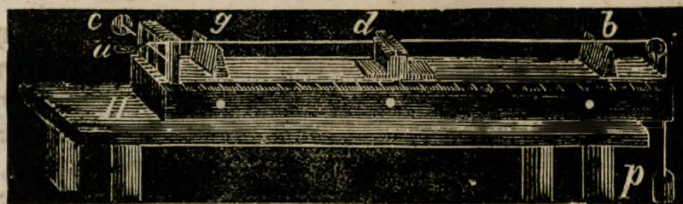
(Monochord)

אי מודד הקול

(וּסְכֵּסְכֵּר וְהוּא:

סמל לתיבה

צורה 494



ארוכה H העשויה מקרשים דקים וספוגיים נמתח מיתר חזק הקשור בקצהו האחד בהשרויבע c ובקצהו השני יתלה המשקל P , על התיבה לאורך המיתר יקצא קנהמרדה המחולק לאלף

חלקים ובעזרתו נוכל למדוד מרחקי המשענות (b, d, g זה מזה, והנה על ידי העתקת המשענת d הנה והנה נוכל לקצר או להאריך את החלק הנרעד מהמיתר, נם נוכל להחליף כפעם בפעם את המשקל P או להחליף את המיתר עצמו ולתת תחתיו מיתר מחומר אחר, ר"מ: מיתר ברזל תחת נחושת או מיתר של משי תחת מיתר של מעי-הצאן, או מיתר עב תחת מיתר דק, ובכל השתנות שנעשה באורך ועובי ובחומר המיתרים ובכמות המשקל המותחם ישתנה מספר ההרעדות לזעקונדע.

§. 524. ערך מספר ההרעדות למדת אורך המיתר. בחינה א) נקח לראשונה מיתר של מעי-בהמה ונמתח אותו במשקל ארבע ליטרות ונסיר המשענת d בהאופן שיהיה נשען אך על שתי המשענות a, b ונעביר בקשת-העוגב על המיתר, או ישמע לנו קול, ונביא זיזענע § 519 לקצוב את מספר הרעדותיו לזעקונדע, נניח שאחר שעשינו כל אלה היה מספר ההרעדות לזעקונדע 64, בחינה ב) נציג את המשענת d בחצי המרחק שבין a ובין b ונעביר בקשת-העוגב בין g ובין d או בין d ובין b או נמצא את מספר הרעדות הקול שישמע או $= 128$, בחינה ג) נקח המשענת d ונקריב אותה אל g באופן שמרחקה מן b יהיה פי שנים מכמות מרחקה מן a ונעביר את קשת-העוגב בראשונה בין d ובין g או נמצא את מספר ההרעדות מהקול $= 192$ לזעקונדע, ואחרי כן נעביר בהקשת על המיתר בין d ובין b ונמצא מספר ההרעדות מהקול 96 לזעקונדע, משלש הבחינות האלה יוצא לנו משפט צדק בחקי הרעדות קולות המיתרים, והוא: מספר הרעדות המיתר יתערך בערך מהופך לארכם, ר"ל: שני מיתרים א, ב שיתערכו זה לזה בארכם כערכי המספרים 1, 2 יתערכו במספרי הרעדותיהם כערכי המספרים 2, 1.

§. 525. ערך מספרי הרעדות המיתר לכמות משקלי ההמתחה. בחינה ד) אם כאשר היה משקל $P = 4$ ליטרות נרעד המיתר בחינה א § 524 הנשען על שתי המשענות a, b 64 הרעדות או נמצא כאשר נשים P רק משקל 1 ליטרא את מספר ההרעדות רק 32, ואם נשים p תשע ליטרות או יהיה מספר ההרעדות 96, הבחינה הזאת תורנו עוד משפט צדק, והוא: מספר ההרעדות במיתרים השונים במשקלי מתיחתם (פאנאנדרט גמאיוילסט) יתערכו זה לזה בשרשי מרובעי משקלי ההמתחה, ר"מ: אם יתערכו המשקלים כערכי המספרים 1. 4. 9. 16. 25 או יתערכו מספרי ההרעדות כערכי המספרים 1. 2. 3. 4. 5.

§. 526. ערך מספרי הרעדות המיתר לערך עובי המיתר. בחינה ה) אם נמתח לראשונה מיתר שאלכסון עביו הוא שני מיללעמעטער ונמצא את מספר הרעדותיו לזעקונדע 64 ואחרי כן נמתח תחתיו מיתר אחר שאלכסונו הוא 1 מיללעמעטער או נמצא מספר הרעדותיו 128, ואם נמתח תחתיו מיתר אחר שאלכסון עביו הוא 4 מיללעמעטער או נמצא מספר הרעדותיו אך 32 לזעקונדע, הבחינה הזאת תורה לנו משפט צדק שמספר ההרעדות יתערך בערך מהופך לעובי המיתרים, ר"ל שני מיתרים א, ב המתערכים בעבים כערך 1 אל 2 יתערכו במספר הרעדותיהם כערך 2 אל 1 כשם שישתנה מספר ההרעדות בהשתנות אורך ועובי המיתרים ובהשתנות המשקלים המותחים, כן ישתנו גם בסבת השתנות החומרים כמו שנבאר בהסימן הבא.

527. § ערך מספרי ההרעדות לפי השתנות חומר המיתר. בחינה ו) אם

נמתח לראשונה מיתר של משי ויתן לנו קול שמספר הרעדותיו הוא 64 ואחרי כן נמתח במקומו מיתר של נחושת קלל השווה לו בארכו ועביו, או יתן לנו המיתר של נחושת קלל קול שמספר הרעדותיו הוא גדול ממספר הרעדות קול המיתר של משי גם אם לא נשנה את תכונת המשענת ואת כווכ המשקל P צורה 494, הנסיון גם העיון הורונו למשפט צדק כי ערכי מספר ההרעדות של המיתרים השווים בכל סגולותיהם ומשתנים לפי טבע חומרם במדרגת מעבם יתערכו זה לזה כשרשי מרובעי מספרי מדרגת מעבם 63 §, ד"מ: ערך מדרגת המעבה של המשי אל מדרגת המעבה של הפלאטין הוא כערך 1300, אל 22500, ולכן יתערכו שני מיתרים, האחד של משי והשני של פלאטין במספרי הרעדותיהם כשורש המרובע מן 1300 אל השרש המרובע של 22500 או כערך 36 אל 150, או כערך 6 אל 25, אם נמתח על מורד הקול צורה 495 מיתרים אחרים השונים בחמרם, בכמות ארכם, בכמות עבים ובכווכ המשקל P

המותחם,

או נוכל

לנסות

בנקד כל

ארבעה

המשפטים

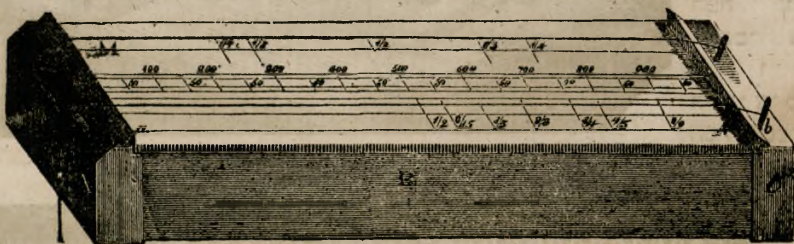
שנתבארו

בחסימנים

הקורמים

מבלי

צורה 495.



אשר יצטרך לנו להחליף כפעם בפעם המיתרים ומשקלי ההמתחה, הצורה 495 תורנו את מודד הקול עם קנה המדה המחולק לאלף חלקים ואשר שני מיתרים מתוחים עליו.

528. § הכנה המציירת מספר הרעדות הגופים המוצקים המשמיעים קול.

בכל ההכנות למדידות הקול יצא לנו מספר ההרעדות רק בחשבון, ופה נבאר הכנה שהצורה 496 תורנו תבניתה הנקובה בשם כותב־הקול (פֶּוֹנֹאוֹטוֹגְרַף Phonauto-graph), והוא: התוף T קבוע על הסדן A B אשר בקצהו A נחקק בו שרויבע וזכורית 137 § המתנועעת ררך אם השרויבע b, אל העמוד הנצב C יחובר מולג הקול G הנושא בקצהו עוקץ דק r, שטח התוף מסביב יושחר על ידי אשר נסבוב אותו מלפני הבחינה מעל לשלהבת מעלה־רעשן, על העמוד D קבועה ההכנה M אשר בכלות כל זעקונדע תשלח מפניה את המסמר s ואחרי ננעו בשטח התוף תאספחו שנית אליה עד תום הזעקונדע השניה אשר אז ינע שנית בהתוף (תנועת המסמר s תגלד בכח עלעקטרי אשר יאצול מרי רגע ברגע את כח המאגנעטי להתוף ויתבאר בספרנו המאגנעטיזמוס והעלעקטריציטאט, ולכן אם נעביר בקשת העוגב על המולג בידנו האחת ובידנו הדרכים

השנית נקיף את התוף בעזרת הנצב H או ירשים העוקץ r שביל בית גלגול (קלמקסון) *
הרצה ושבה כמרוצת הבוק והמסמר s ירשים בכל זעקונדע וזעקונדע קו חדש, תבנית

ה ק ו י

ש י ר ש מ ו

ה ע ו ק ץ

ו ה מ ס מ ר

ב ה ס י ר מ

(ב נ נ י ע ת מ

ב ה ת י ק א ת

ה פ י ת (מ ו

מ ע ל ש מ ו

ת ו ר נ ו

ה צ ו ר ה 497,

ר ק י מ a b

ה מ ה ק ו

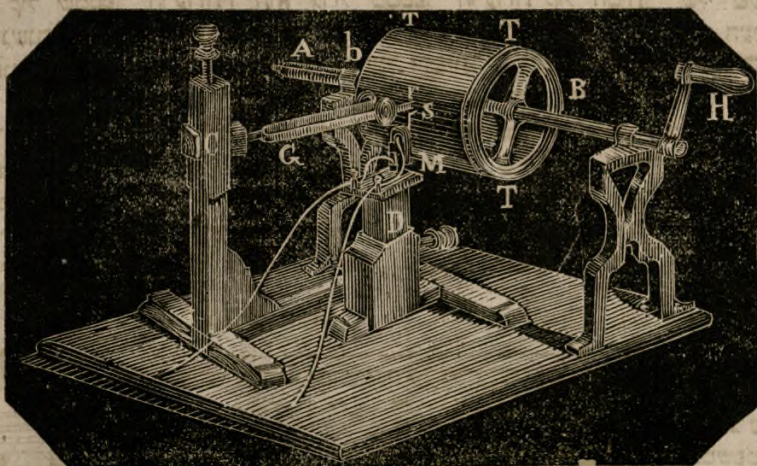
ה מ ס מ ר s

ו ק ו י

ה ת ר ו צ י מ

ה מ ה כ מ ס מ ר

צורה 496



צורה 497



התרעדות שהרעיר העוקץ r , אם יהיה מספר הרעדות המולג מאה לזעקונדע או תמצא
בין a ובין b מאה שנים כשני המגרה (זקסמקסון) *.

פרק עשרים וחמשה

חקי הרעדות גלי הקול בכלי התקיעה

(טאלוולנצוויקובסקי-גזעטלע חין בלזשעניסטרעווענטען)

§. 529. הדרכים השונים שנוכל להוליד הקול בכלי התקיעה. אם נתבונן

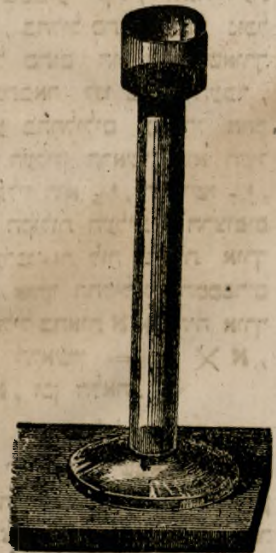
(* שכל המקף להער נקרא בלשון חז"ל שביל בית גלגול (עירובין דף כ"ב) ועי' בספרנו זה § 454.

על החרכים שנוכל על ידם להרעיר את האויר בעזרת כלי התקיעה, או נמצא אותם בארבעה אופנים: א) נוציא או נגרש את האויר מהר דרך פתח צר שמוזותו הנה דקות וספוגיות כמו בכלי-הקול (פסייווהקנגמס) של האדם ויתר החיים, ב) נרבה את מדרגת המעבה מעמודי-האויר הנסגר במ על ידי התקיעה (דונק הימיינגלמסון) בנקב צר כמו בהתקיעה בשופרות ובחצוצרות ובקרן (וולדקרו), ג) נעביר זרם-אוירי (וולס סטקס) מעל לשפתותיהם החרים (סמקס קנגדס) של פתחי פיהם כמו המחללים בחלילים (פאקס) ובמעש-החלילים אשר להמנים (בייל דפ פאקס-קאנסקס דפ קנגדו), ד) נעביר זרם-אוירי בין שני לוחות דקים וספוגים או בין לוח אחד ספוגי ובין פתח תעלה סגורה (פאקס קאמח) כמו בכלי השיר הנקובים בשם אָבָאָע פֶּאָנְאָטֶטֶע, קלארנעטע וקנות-המנים (קאחאנסקס דפ קנגדו), בכלל יקרא כל אחד מהכלים האלה בשם חליל (פאקס).

§. 530. אופן תולדת הקול בהחלילים. אם נחזיק את מולגה-הקול בידנו

צורה 498.

האחת ונעביר על שיניו בקשת העוגב או ישמיע לנו אך קול דממה דקה, אולם אם נחזיק אותו ממעל לכלי זכוכית עגול צורה 498 שרחבו הוא $4\frac{1}{2}$ אצבע וגבהו 1 רגל או אם נמלא את הכלי מים עד גובה ידוע ישמיע לנו המולג קול חזק מאד, והנה הקול יהיה בתכלית חזקתו כאשר יהיה מרחק פי הכלי משטח המים $7\frac{1}{4}$ אצבעות, ואם יהיה מרחק הריק שבהכלי קטן או גדול מהשיעור הזה או יהיה הקול חלש. סבת התגברות הקול נודעה לנו כבר § 507 שהיא תולדת הרעדת האויר שבהכלי, ופה נשאר לנו רק לבאר מדוע יתגבר הקול בתכלית חזקתו אך כשיהיה גובה עמודי-האויר שבהכלי בשיעור קצוב? ונאמר: כי בבוא גל האוירי לתוך השופרת דרך פיה הפתוח או יורק לאחור בפנשו בהרפון הסותם את הקצה השני מהשופרת, אולם הגל החוזר יפגוש בגל חדש שיבא גם הוא בהשופרת, ומה יולדו לפי § 477 גלים-עומדים, אמנם למען שיוכלו להולד גלים עומדים בהשופרת נצרך להיות להשופרת אורך קצוב ונערך לארך הגל, והוא: נניח שאורך השופרת הוא כרביעית אורך הגל הנכנס בהשופרת או יהיה אורך הדרך מפי השופרת לתושבתה ומתושבתה לפיה יחד, שזה למחצית אורך הגל, והנה הגל הנכנס והגל היוצא הנפגשים זה בזה בפתח השופרת יתרחקו זה מזה במהלכם בשיעור מחצית אורך הגל, ולכן יפגוש מקום היותר עב שבהגל הנכנס במקום היותר דק שבהגל היוצא, ולהיפך, ולכן ישוב האויר בפי השופרת והיה במדרגת מעבו המבטי (פסייווהקנגמס) והאויר שבתוך השופרת יתנועע בגלים-עומדים כגלי החבל שבארנו § 477, ובאשר שמספר ההרעדות ממולגה-הקול (פסייווהקנגמס) הוא על



הרוב 430 לועקונדע ומחירות תנועת הקול באויר-החדר שחמו הוא 15° תהיה לפי § 489 = 1054 רגל = 12648 אצבעות, לכן יהיה אורך הנלים הנולדים על ידי המולג = $\frac{12648}{430} = 29 \frac{89}{215}$ אצבעות ולכן יהיה אורך רביעית הנל $7 \frac{76}{215}$ אצבעות, אם יהיה אורך השפופרת $\frac{3}{4}$ או $\frac{5}{4}$ או $\frac{7}{4}$: $\frac{9}{4}$ פעם כאורך הנל אז יפגוש גם כן הר הנל הנכנס בעומק הנל היוצא והקול יתחזק גם אז, יען כי גם אז יהיה הנל הנכנס והנל היוצא מרוחקים זה מזה כשיעור אורך מחצית הנל.

§. 531. חלילים סתומים וחלילים פתוחים. החלילים (סטובס) המה שנים למינם :
 (א) חלילים פתוחים (פפסטסט פפסטסט) ששתי קצותיהם הנה פתוחות, (ב) חלילים סתומים או מכוסים (גפדקסטסט פפסטסט) שהקצה האחד מהם הוא סתום, אם נקח חליל סתום ונחזיק אותו בקצהו הסתום למטה ואת זר קצהו הפתוח נניע בהשפה התחתונה אשר לפינו ונעביר זרס-אוירי מפינו בנשיה נטויה לפי החליל, אז ישבר עמוד האוירי היוצא מפינו בעברו מלפני זר החליל וילחץ לבוא בתוך החליל עד תושבתו הסתומה ומשמה יוחזר לאחור ויפגוש בורם אוירי הנכנס בתוך החליל, ולכן יולדו בהחליל גלים-עומדים משמיעי קול, והנה דעת לנבון נקל שקול החליל יהיה יותר רם כל עוד שיקטן ארכו, בחליל סתום אחד נוכל להשמיע קולות שונים, הקול היסודי (דטג גרונדטון) מאוזה חליל סתום הוא הקול שאורך גליו הוא ארבע פעמים כאורך החליל, וזה מבואר לפי מה שנתבאר לנו בסמן העבר, אולם עוד קולות רבים נבחרים מהקול היסודי נוכל להשמיע בתחלילים על ידי חוזק התקיעה בהם והמה הנקראים קולות-העליונים (הפסטסטקט), הקול העליון הראשון הוא הקול שאורך גליו הוא $\frac{4}{3}$ פעם כאורך החליל, והשני הוא הקול שאורך גליו הוא $\frac{4}{5}$, השלישי $\frac{4}{7}$, הרביעי $\frac{4}{9}$, החמישי $\frac{4}{11}$ מאורך החליל וכן הלאה, או בכלל: הקולות העליונים הרצופים שנוכל להשמיע בחליל סתום אחד על ידי חוזק התקיעה, יתערכו זה לזה במדת אורך גליהם כערכי המנות היוצאות מחלוקת המספר השווה לארבע פעם אורך החליל על המספרים הבלתיריונים חסוררים בסדרם הטבעי, והוא: אם נסמן לאורך החליל בהאות A אז יהיה אורך גלי הקול-היסודי של החליל $A \times 4$, ומתקול-העליון הראשון $A \times \frac{4}{3}$, מהשני $A \times \frac{4}{5}$, מהשלישי $A \times \frac{4}{7}$, מהרביעי $A \times \frac{4}{9}$, וכן הלאה.

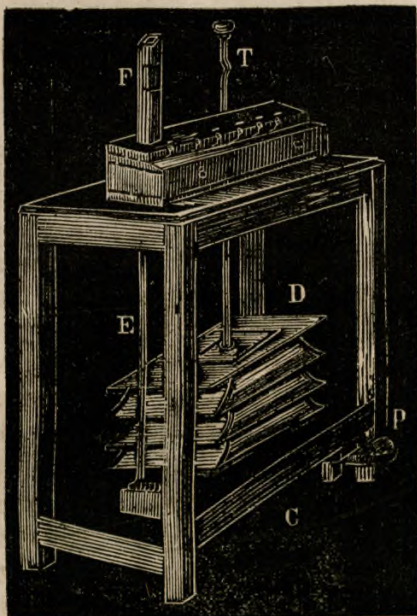
§. 532. החלילים הפתוחים. אם נעביר זרס-אוירי דרך חליל הפתוח משני עבריו, אז יתעבה האויר יותר באמצעיותו מאשר בשתי קצותיו, יען שהאויר שבאמצעיותו לא יוכל להתפרץ שמה לכל עבר כאשר יעשה האויר שבאחת הקצוות, כאשר יבוא החלק העב מהנל עד קצה האחרון מהחליל, אז יוצא חלק גדול ממנו החוצה בעוד אשר החלק הנשאר יורק יותר מהאויר התיצוני ויוורק ממנו לאחור ובכאן לאמצע החליל יפגוש בגל החוזר, הנלים ר"ל הרץ והשב יתאחדו ויתנועעו בתוך גלים-עומדים, ובמקום פגישת הנלים כאמצע החליל יולד קראנודה (קראנטוליינס), החליל יחלק לפי זה לשני חלקים שונים הרועדים איש איש לבדו, ולכן אם נרצה להרעיד את האויר בתוך החליל הפתוח על ידי מולג-הקול שמספר הרעדותיו הוא 430 לועקונדע, אז יצרך להיות אורך החליל הפתוח כמחצית אורך הנלים שיולדו על ידי הרעדות המולג, וכאשר שאורך הנלים מהמולג מצאנו

ירום קולם, ובאופן השני ישפל, והוא מבואר למי דברינו בתבנית מפתח החליל כמבואר § 535.

צורה 499.

§ 537. קציבת רום הקולות ומספר

ההרעדות בעזרת החלילים. כאשר נוכל למצוא מספר ההרעדות לכל קול, כן נוכל למצוא גם אורך המיתר או את אורך החליל שישמע הקול ההוא על ידו, אולם כאשר שקול המיתר ישתנה מלבד השתנות האורך גם בהשתנות עביו ובהתחלפות המשקלים המותחים אותו ובהשתנות החומר שמהם יעשו המיתרים, ולכן יותר נקל הוא לעשות הבחינות על השתנות רום הקול שנתבארו לנו שמה בחוקי רום הקול בעזרת חלילים מאשר בעזרת המאנכארד, לתכלית הזאת נעשה לנו נחילות או מנים (מנים) קטן צורה 499, ונקבע בו בפעם אחר פעם חליל סתום או פתוח המתערכים זה לזה בארכם בערך מהופך לאורך גלי הקול שנרצה להשמיע על ידם, ובאופן הזה נוכל להשמיע בזה אחר זה את כל הקולות השונים שישתמשו בהם בעלי הנגון, והוא: לראשונה נקבע בתוך מכסה המפוח D את החליל שארכו הוא שמונה רגל ואחרי כן נחליף כפעם בפעם את החלילים מארבע רגל, שתי רגל, רגל, חצי



רגל, רביעית הרגל, וכן הלאה, והנה כל קול מחליל A שארכו הוא פי שנים כחליל B יתערך ברומו לרום הקול הנולד מהחליל B כערך 1 אל 2.

§ 538. חוזק התקיעה (מסבךקע דפס חכבולומפס). הקולות ישתנו במדרגת רומם על

ידי חוזק התקיעה, והוא: אם בתקיעה חלושה יתחלק העמוד האווירי רק לשני חלקים נוכל לחלקו על ידי תקיעה חזקה לחלקים רבים כאשר שאז תתרבינה אנודות ההרעדות בהמה יותר כאשר תורונו הצורות 500, 501, 502, שלשה חלילים זה למעלה מזה, בהצורה 500 תקצאנה אנודות ההרעדות במרחק $\frac{1}{4}$ גם $\frac{3}{4}$

a	b	a'	b	a'			
a	b	a'	b'	a''	b''	a'''	
a	b	a'	b'	a''	b''	a'''	b'''

צורה 500

צורה 501

צורה 502

מארכו, ובהצורה 501 במרחק $\frac{1}{8}$; $\frac{3}{8}$; $\frac{5}{8}$, ובהצורה 502 במרחק $\frac{1}{8}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{7}{8}$

גם בחליל פתוח כלתי נקבים צדדיים (וייטסנלוקסטר) נוכל להרים ולהשפיל את הקול על ידי רפיון וחזקת התקיעה, וכל שאמרנו פה מחליל פתוח יצדק גם בסתום כשתורונו שלש הצורות 503, 504, 505, והוא: בהצורה 503 תהיה האגודה במרחק $\frac{1}{8}$ מקצה החליל ובהצורה 504 במרחק $\frac{1}{5}$. $\frac{3}{5}$ ובהצורה 505 במרחק $\frac{1}{7}$, $\frac{3}{7}$.



צורה 503

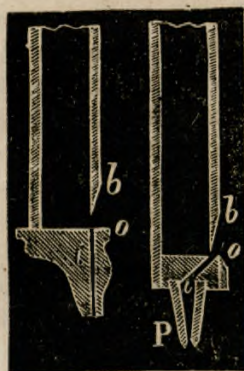
צורה 504

צורה 505

§ 539. חלילי השפתים (ויטסנלוקסטר).

החלילים המה רבים למיניהם, ובכלל נכנה בשם חלילי השפתים (ויטסנלוקסטר) לכל

צורות 506. 507.



החלילים שעמוד האוירי הנסגר בהם ירעד על ידי פגישת זרם אוירי צר (אוסטון = *oiston*) בשפתותיהם, הצורה 506 תתאר לנו את הבריתה הארוכה (ויטסנלוקסטר) מחליל-המנים (קסנלוקסטר), האויר הנתקע בה מהמפות דרך הנקב P יעבור דרך התריץ שבין השפתים o b ויתגנב לצאת בכל אשר ימצא, ולכן ינוס מקצתו דרך התריץ שבין b ובין o הנקובה בשם נקב הפה (ווינדלוק) בעוד שיתר האויר יבוא בתבנית זרם-צר בתוך חלל השפופרת וירעיד את עמוד האוירי הנמצא בה, אם רוחב שפופרת החליל הוא כלתי משתנה או ירעד העמוד האוירי בכל ארכו ולא יתחלק לחלקים שונים הרוועים לכדם § 478, בחלילים קטנים יעשה התריץ ישר כמו בצורה 507.

§ 540. חלילי הלשון (ויטסנלוקסטר). בהחלילים האלה יניע

זרם האויר הנתקע בהחליל את הלוח הספוגי ודק, הלוח הזה המכונה גם בשם לשון ירעיד בהרעדותיו את האויר הנסגר בהחליל, להמערבה הזאת יחשבו הקלארנעטא האבאיע והפאנאטע והחלילים שבהעוגב

הנקראים בשם מעשה-הדקנים (קסנלוקסטר = *oiston*) וחצוצרות התרועה הקטנים העשויים לתענוגות הילדים וקרני-הקריאה (כופה-הקריאה) ועוד כלים רבים כאלה שיתבארו לנו בפרק מיוחד.

§ 541. סגולות קול הנולד בחלילי הלשון. הקולות הנולדים על ידי החלילים

האלה המה מורכבים מהרעדת עמוד האוירי ומהרעדת הלוחות, אם מספרי הרעדות הלוחות והרעדות האויר ישוו זה לזה אז ישמיע החליל קול שידמה בכמותו לקול הנולד ממספר הרעדות הלוחות אלו היה נרעד לבדו, אולם אם לא יהיה שווי המספר בין שני מיני ההרעדות, או תשתנינה ההרעדות חליפות אשה מאת רעותה. אולם הקול היוצא מהן הוא מחובר משני מיני ההרעדות וישמעו לנו תמיד בפעם אחת ולא בזה אחר זה, ולכן יוכל הקול להתקטן או להתגדל במדרגת רוטו מכפי ערך הקול המתחם להרעדות הלוחות הכל לפי ערך הרעדות האויר המשתנה על ידי אורך החליל אם הנה גדולות או קטנות במספרן מהרעדות הלוח, בכלל ישתנו הקולות בהחלילים האלה לפי השתנות חומר כמות ותואר

הלוחות הספוגיות, ואך מעט מועד על ידי התחלפות האורך של החלילים עצמם.

פרק עשרים וישי

חכמת מערכת הקולות (טוןולוגיה (Tonologie

§. 542. נעימות ובלתי נעימות הקולות לאוזן שומעם. אם נפיל אבן בקרב יאור קטן שמימיו המה נחים אז נראה שגליו יתפשטו לכל רוח בתבנית טבעות עגולות המקיפות זו את זו והטבעות הקיצונות תגענה להחוף ותדחפנה בו, אם אחרי אשר הפלנו את האבן הראשונה הפלנו בסמך ההוא עוד אבן שניה שטבעות גליה תרצנה במהירות משנה מטבעות גלי האבן הראשונה אז לא יושבת בזאת שווי-המשמר (סטגמטוססינגליס) מתנועת טבעות הגלים שנולדו מהאבן הראשונה § 484, ולפני ולאחרי כל טבעת מהגל הראשון תדפוק גם היא על החוף, החוף יקבל בכל פעם ופעם שלש דפיקות רצופות, שתיים מהגל השני ואחת ביניהן מהגל הראשון, אמנם אם במשך הזמן שתפגושנה שתי טבעות מגלי האבן הראשונה תבאנה שלש טבעות מגלי האבן האחרונה, אז תתאחדנה כל הדפיקות על החוף מקץ כל שני גלים מהאבן האחרונה, יען שהטבעת השלישית מגלי האבן הראשונה תדפוק ברנע אחד בהחוף בעת אשר ידפק מהטבעת הששית אשר להאבן השניה, ובאשר שהטבעת השלישית מהראשונה תבוא בסוף הגל השלישי, וטבעת הששית מהאבן השניה תבוא מקץ הגל השני, לכן דעת לנכון נקל שהדפיקות תהיינה באופן הראשון יותר מסודרות מבאופן השני, יען שבאופן הראשון תהיינה הדפיקות אחת ושתיים, אחת ושתיים, וסדר הדפיקות באופן השני יהיה שתיים ושלוש, שתיים ושלוש, והנה כל הדברים שנתבארו לנו בדפיקות גלי המים על חוף היאור, יתאמת לנו גם בדפיקות גלי הקול על עור התוף שבאוננו צורה 447 צר 315, האוזן היא היא החוף שבו ידפקו גלי הקול כאשר ידפקו גלי המים בשפת היאור, וכאשר יקבל חוף היאור את הגלים במשמר יותר נאה בהיות ערכי גלי האבן השנית לגלי האבן הראשונה כערך 2 אל 1 מאשר יקבל בהיות ערכי הגלים כערך 3 אל 2, כן תרגיש גם אוננו הרגשה יותר מסודרת (ולפי זה גם יותר נעימה) כשיהיה ערך הגלים משני קולות רצופים בזה אחר זה כערך 2 אל 1 מאשר תרגיש בהיות ערכם 3 אל 2, התקירה הזאת שחקרנו פה על אופן ההרגשה שנתרגיש שני קולות רצופים היא תקירה נכבדה מאד ותוצאותיה תתווינה לנו דעת סבות חזיונות רבות ונעלמות, והוא להבין: א) מדוע ינעם לנו כל קול וקול (יהיה שפל או רם) בהשמע יחיד לברו? ב) מדוע תקוץ אוננו לפעמים בשני קולות רצופים בזה אחר זה אם כי שנעמו לנו הקולות אחד אחר כאשר נשמעו יחידים? ג) מדוע ינעם לנו קול אחד בהשמעו לפני או לאחרי קול שני, ומדוע תקוץ אוננו בו בהשמעו לפני או לאחרי קול שלישי? והוא: כל קול ינעם לנו בהשמעו יחיד כאשר שדפיקות כל

קול כשהוא יחיד לעצמו הנה מסודרות במשטר ישר, וכל קול ינעם לנו יותר בהתחברו עם קול שמספרי דפיקותיהם יתאחרו זה לזה בסדור נכון מאשר יתחבר עם קול וולתו שסדורי דפיקותיהם לא יתערכו זה לזה בערכים נאותים, הקולות הכתחברים בערכים בלתי נאותים יעוררו בנו הרגשות מדקירות אוזן כאשר יעוררו אור האבוקות על ידי השלהבת המרקת (סמלנסדרס = סולמוס) הרגשה מכאבת בהעין.

§. 543. קנה-מדת-הקול (סקססולו). אחרי שנתבארה לנו סבת ההרגשה הנעימה והבלתי נעימה שתרגיש אזננו בשמעה הקולות, נבקש הקולות המתערכים להרגשה נעימה בהתחברם זה לזה, ולתכלית הזאת נבחר בקול-יסודי (גנדרסון) שנסמן אותו באות C הוא הקול-היסודי שישמע לנו מחליל הסתום שבהמנים שמרת ארכו היא ארבע רגל (4 פיססיוג גרדקסס קרנסולפייט), והנה לפי הנסיונות עם הזירענען § 519 נודע לנו שמספר הרעדות הקול הזה לועקונדע הוא 64, הקול היותר נאות להתחבר לו הוא הקול שמספר הרעדותיו יהיה כפול, ר"ל 128 לועקונדע, ובאשר שהקול A שמספר הרעדותיו הוא כפלים כמספר הרעדות קול B יהיה אורך גליו אך כחצי אורך גלי הקול B, ויען שאורך החלילים יתערך בערך ישר לאורך גלי הקול שינלדו על ידם, לכן דעת לנבון נקל שלחוללת הקול שמספר הרעדותיו הוא כפול כמספר הרעדות הקול C נצרך לנו חליל שארכו הוא כחצי אורך החליל שהשמיע הקול C. ולכן יהיה אורך החליל השני $2 = 4 \times \frac{1}{2}$ רגל, ואת הקול שישמיע החליל שארכו 2 רגל נסמן עם האות e הקטן, אמנם שני הקולות האלה ר"ל C, e לא יושפיקו לרעות צמאון האזן שתכסוף לשמוע גם מערכות קולות אחרים בהתערכם בסדור נכון עם הקול C, ולכן בחרו חכמי המוזיקא עוד בקול אחד שיתערך במספר הרעדותיו להקול C כערך 3 אל 2, ר"ל כי בעת שישלים 2 הרעדות ישלים הוא 3 הרעדות או בהשמיע C 64 הרעדות ישמיע הוא 96 הרעדות ואת הקול הזה סמנו בהאות G, ואורך החליל הסתום אשר ישמיע אותו הוא $4 \times \frac{2}{3} = 2\frac{2}{3}$ רגל, ועוד בקול אחר בחרו שיתערך בערכי הרעדותיו להקול C כערך 4 אל 3, ולכן בעוד שישלים C 64 הרעדות ישלים הוא $85\frac{1}{3}$ וסמנו אותו בהאות F, אורך החליל שישמיע אותו הוא $4 \times \frac{3}{4} = 3$ רגל, ועוד בקול אחר בחרו שיתערך במספר הרעדותיו להקול C כערך 5 אל 4, ולכן בעוד שישלים C 64 הרעדות, ישלים הוא $64 \times \frac{5}{4} = 80$ וסמנו אותו בהאות E, ואורך החליל שישמע על ידו הקול הזה הוא $4 \times \frac{4}{5} = 3\frac{1}{5}$ רגל, אם נסדר לפנינו את הקולות האלה בסימניהם ומספרי הרעדותם ואורך חליליהם או יצאו לנו שלשה החרוזים האלה:

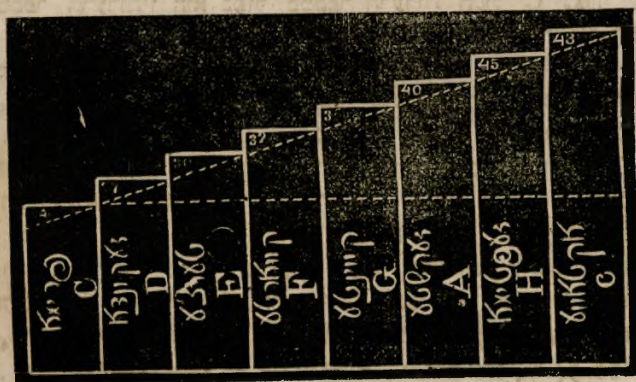
C ; E ; F ; G ; c
מספר הרעדות 64 ; 80 ; $85\frac{1}{3}$; 96 ; 128
אורך החליל 4 ; $3\frac{1}{5}$; 3 ; $2\frac{2}{3}$; 2

הקול היסודי C והקול E, וכן הקול G והקול C, יתאחרו יחד למקהלה (מקקסדי) נעימה הנקובה בשם מקהלת C הקשה (C דוק=מקקסדי), והנה דעת לנבון נקל שכמו שנוכל

חכמת מערכת הקול

למצוא קולות המתערכים להקול היסודי C, ואשר יתאחרו אתו יחד למקהלה נעימה, כן נוכל למצוא גם קולות אחרים שיתערכו בהרעדותיהם להקולות E, F, G, כהתערכות הקולות E, F, G אל C, ולמען הניע לתכלית הזאת בחרו בקול אחד שערך הרעדותיו אל הקול G, הוא כערך 3 אל 2, ר"ל שערך הקול ההוא אל G הוא כערך הקול G אל הקול C, ובאשר שמספר הרעדות G לזעקונדע הוא 96, לכן יהיה מספר הרעדותיו $96 \times \frac{5}{2} = 144$ וסמנו אותו עם האות d, ואת הקול שמספר הרעדותיו יתערך אל d כערך C אל c, סמנו בהאות D, ומספר הרעדותיו הוא 72 לזעקונדע ואורך החליל שישמיע את הקול d הוא $\frac{2}{3}$ מאורך החליל שישמיע את הקול G לכן $\frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{9} = \frac{8}{9} \times \frac{1}{2} = 1\frac{1}{2}$ רגל ואורך החליל שישמיע את הקול D הוא $2 \times 1\frac{1}{2} = 3$ רגל — וכן בחרו גם בקול אחד שיתערך במספר הרעדותיו להקול G כערך 5 אל 4, ר"ל שערכו יהיה להקול G כערך הקול E להקול C, מספר הרעדותיו לזעקונדע הוא $96 \times \frac{4}{5} = 76\frac{4}{5}$ ואורך החליל הוא $2\frac{2}{5} \times \frac{4}{5} = \frac{8}{5} \times \frac{4}{5} = \frac{32}{15} = 2\frac{2}{15}$ רגל, ואת הקול הזה סמנו בהאות H וכן היו צריכים למצוא גם

צורה 508.



5 הרעדות בעת שיעשה F, 4 הרעדות והקול הזה נסמן עם A, מספר הרעדותיו הוא $\frac{5}{4}$ $\times 103\frac{2}{3} = 85\frac{1}{3}$ ואורך החליל שישמיע על ידו הוא $3 \times \frac{4}{5} = 2\frac{2}{5}$ רגל. ועל האופן הזה יצא לנו סולם הקולות בעל שמונה שלבים הנקוב גם בשם סולם הקולות הכפול (דימטקסיסטר סקנולייסטר) יען שמספר הרעדות הקול העומד בהמעלה העליונה הוא כפול במספר הרעדותיו מהקול העומד בהמעלה התחתונה מהסולם, ומעתה נסדר את כל הקולות האלה זה בצד זה ואז יוצא לנו מהשמאל אל הימין שמונה שלבים כאשר תורנו הצורה 508, ולמען יתבאר לנו ערכי ההרעדות ואורך החלילים וסימני ושמות שמונת הקולות האלה נציגם פה בארבעה תרזוים שוכבים זה למעלה מזה, כמו שהמה סדורים בראש העמוד הבא

סמני הקולות C : D : E : F : G : A : H : c
 ערכי הרעדרם 24 : 27 : 30 : 32 : 36 : 40 : 45 : 48
 אורך החלילים 4 : $3\frac{5}{9}$: $3\frac{1}{5}$: 3 : $2\frac{2}{3}$: $2\frac{2}{5}$: $2\frac{2}{15}$: 2
 שמות הקולות : אקטאווע , זעפטימא , זעקסטע , קווינטע , קווארטע , טערצע , זעקונדע , פרימא .
 הצורה 508 תורנו את הסולם הזה בציור ובכתב .

§. 544. שמות הקולות . הקול c יקרא בשם שמינית (מקטוויס) בערך אל הקול C יען שהוא עומד במעלה הגבוהה ממנו שמונה שלבים, וכן יקרא הקול H שביעית (וספטימס) בערך אל C, הקול A הוא הששית (וסקסטס) והקול G החמישית (קווינטס), הקול F רביעית (קווארטס), הקול E שלישית (טערצלס), והקול D שנית (וסקונדס) מהקול C הנקרא קול יסודי (גבנדטקן) או ראשון (פרימס) . כאשר נוכל ליסד את סלם הקולות על הקול היסודי C כן נוכל ליסד סולמות על כל אחד משבעה הקולות הנותרים, ד"מ: אם נקח G להקול היסודי או יהיה g השמיני שלו, השמינית מן E הוא e ומן F הוא f, ומן G הוא g, ומן A הוא a, ומן H הוא h, ומן c הוא c¹ ומן c¹ הוא c² ומן c² הוא c³ וכן הלאה .

§. 545. התרחקות הקול (אינטרוואלן) . הערכים המספריים שיתערכו הקולות זה לזה במספרי הרעדרותיהם יקראו בשם התרחקות (Intervall), שני קולות יתאחדו למערכה נגזנית (וינד קאנזוניסנד) אם יתרחקו זה מזה במרחק מספריים פשוטים, ולא יתאחדו למערכה נגזנית (וינד דיזוניסנד) כאשר יהיו ערכי מספריהם היהומים בלתי פשוטים, התאחדות שני או הרבה קולות יחד תקרא בשם מקתלה (מקטלד), המקתלה היותר נעימה היא התאחדות שלשה קולות שמספרי הרעדרותיהם יתערכו זה לזה כערכי המספרים 4 ; 5 ; 6, והמה : או הקולות C E G או הקולות d H G, העליה שיעלה קול אחד גבוה במספר הרעדרותיו מקול שני יקראו חכמי המוזיקא בשם מעלות או סולם הקול (סקאליסטיק) ונתבאר לנו §. 543, אם נסדר לנו בשתי חרוזות את הקולות למעלה ואת ההתרחקות למטה בתבנית הזאת :

C , D , E , F , G , A , H , c
 $\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{16}{15}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{16}{15}$
 או נראה שלשה כמותים שונים למספרי ההתרחקות, והוא: מספר ההתרחקות שבין הזעקונדע ובין הקול היסודי ואשר בין הקווינטע והקווארטע ובין הזעפטימע והזעקסטע הוא $\frac{9}{8}$ וכמות ההתרחקות שבין המערצע והזעקונדע ואשר בין הזעקסטע והקווינטע הוא $\frac{10}{9}$, וכמות ההתרחקות שבין הקווארטע והמערצע ואשר בין האקטאווע והזעפטימע הוא $\frac{16}{15}$, ההתרחקות $\frac{9}{8}$ תקרא התרחקות הרבה (טריפל) וההתרחקות $\frac{10}{9}$ תקרא התרחקות הקטנה (מינר), אולם ההתרחקות $\frac{16}{15}$ תקרא בשם מחצית ההתרחקות הרבה (סמיטריפל) או בשם מחצית המאן הנדול, ההתרחקות שבין המאן והמינאר

היא כשיעור חלוקת $\frac{9}{8}$ על $\frac{9}{8}$: $\frac{9}{8} \times \frac{9}{8} = \frac{81}{64}$: $\frac{10}{9} \times \frac{8}{9} = \frac{80}{81}$: $\frac{16}{15} \times \frac{8}{9} = \frac{128}{135}$

השיעור הזה מן $\frac{81}{80}$ יקרא בפי חכמי המוזיקא בשם מפסיקהנגון (וויקיטופיקסיונס), ואם נתבונן עוד או נמצא שההתרחקות שבין D, ובין הקווינטע שלו לא תשוה לההתרחקות אשר בין C ובין הקווינטע שלו, והוא יען שההתרחקות בין D ובין הקווינטע שלו היא כערך $\frac{5}{3}$ אל $\frac{9}{8}$ או כערך $\frac{40}{24}$ אל $\frac{27}{24} = \frac{40}{27}$ בעוד שההתרחקות בין C והקווינטע שלו הוא $1\frac{1}{2}$ שהוא $\frac{3}{2}$, ההבדל שבין שתי ההתרחקות האלה הוא $\frac{81}{80}$ באשר כי $1\frac{1}{2} = 1\frac{1}{2} \times 40 \div (1\frac{1}{2} \times 40)$ וערך $\frac{1}{27} \times 40$ אל $\frac{40}{27}$ הוא כערך 81 אל 80, נמשך מזה שההתרחקות בין C והקווינטע שלו היא קטנה מאשר בין D והקווינטע שלו, ולכן תהיה המקהלה מן C והקווינטע שלו ערבה יותר לאוזן שומעה מהמקהלה הנולדת מן D והקווינטע שלו, ולכן השבילו חכמי המוזיקא להוליד עוד חמשה קולות ולתתם בין הקולות הנוטים בערכי התרחקותם ומספר ההרעדות שלקולות-הכינים האלה יהיה או גדול כערך $\frac{25}{24}$ או קטן כערך $\frac{24}{25}$ ממספר ההרעדות שהיה ראוי להיות על פי ערכי ההתרחקות $\frac{9}{8}$; $\frac{10}{9}$; $\frac{16}{15}$, הקול ירום או ישפל על ידי זה בשיעור מחצית הזעקונדע כאשר יתבאר לנו עוד מזה בהסימן 548, ההוספה שנוסיף על מספר ההרעדות בהשיעור $\frac{24}{25}$ נסמן עם ההברה (is) והגרעון עם ההברה (es), ויסומן בהאות B, ויפורש במאמר „בעמאל“ (Bemol), ולכן יהיה כמות ההתרחקות מהקול Des $\frac{24}{25} = \frac{216}{200} = \frac{9}{8} \times$

546. §. מספר ההרעדות הפשוט. במושג הזה נבין מספר ההרעדות מאיזה קול נערך (ספ), והוא מספר ההרעדות שירעד העצם המשמיע קול לעקונדע (§ 477) או גם מחיר השבר שיודיע לנו את זמן התמדת הרעדה אחת, כן ד"מ יהיה המספר 32 מספר ההרעדות הפשוט מהקול C_1 יען שלהולדת הקול הזה יצטרך העצם המשמיע קול לרעד 32 הרעדות לעקונדע, או נוכל לכתוב גם את המספר הפשוט בתמונת שבר $\frac{1}{32}$ יען שכל אחת מההרעדות תתמיד חלק אחד משלשים ושנים לעקונדע.

547. §. מספר ההרעדות היחסי. מספר ההרעדות היחסי (כפאסייוס סווינגונגס ^{חל}) היא המנה היוצאת מחלוקת שני מספרי ההרעדות הפשוטים (משני קולות) זה על זה, ד"מ: אם נחלק את מספר ההרעדות מהקול $c = 128$ על הקול $C = 64$ או יהיה $\frac{128}{64} = 2$ המנה והוא מספר ההרעדות היחסי ביניהם ותקרא גם בשם מנת ההתרחקות.

548. §. סולם הקלול (בכאסיטופס סקנייטסר). אם ניסר את סולם הקול על F אז תהיה תבנית הסולם בהתרווה הזאת.

סולם א F, G, A, H, c, d, e, f

32, 36, 40, 45, 48, 54, 60, 64

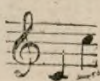
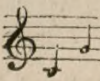
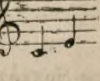
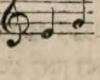
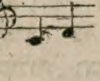
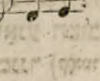
והנה ערך H אל A הוא כערך 45 אל 40 והוא גדול מערך F אל E שהוא כערך 32 אל 30, והנה $\frac{9}{8}$ יגדל מהשיעור $\frac{16}{15}$ בשיעור $\frac{7}{120}$, נמצא שההתרחקות תגדל פה יותר מדי, ואם ניסר את סולם הקול על G אז תצא לנו מערכת הסלם בתבנית הזאת.

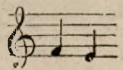
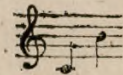
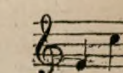
סולם ב G, A, H, c, d, e, f, g

36, 40, 45, 48, 54, 60, 64, 72

§. 551. ההתרחקות אשר לסולם הקול Intervalle. הקולות הנעימים לאון השומע המה אלה שמספרי התרחקותם המה בערכים היותר פשוטים, וכבר בארנו זאת בדרך העיון § 543 ולכן נציג פה את ההתרחקות האלה בשמותיהם וערכי מספרם וציוניהם (קססן) ובאותיות המורות עליהן כאשר המה מסודרים לפנינו פה בהלוח אשר לפנינו.

לוח לשמות ומנת ההתרחקות ולאותיות וציוני הנגון אשר לסולם הבלול

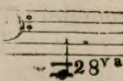
שם הקול	מנת ההתרחקות	נאמטען
שמינית (Octave)	$e^2 : c^1 \frac{2}{1} =$	צורה 512 
חמישית (Quinte)	$g^1 : c^1 \frac{3}{2} =$	צורה 513 
רביעית (Quarte)	$f^1 : c^1 \frac{4}{3} =$	צורה 514 
שלישית הגדולה (Grosse Terz)	$e^1 : c^1 \frac{5}{4} =$	צורה 515 
שלישית הקטנה (Kleine Terz)	$g^1 : e^1 \frac{6}{5} =$	צורה 516 
השניה הגדולה (Grosse Secunde)	$d^1 : c^1 \frac{9}{8} =$	צורה 517 
השניה הקטנה (Kleine Secunde)	$c^1 : d^1 \frac{10}{9} =$	צורה 518 

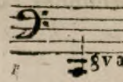
519 צורה		$f^1 : e^1 \frac{16}{15} =$ (Grosse halbe Ton) מחצית הקול הגדול
520 צורה		$cis^1 : e^1 \frac{25}{24} =$ (Kleine halbe Ton) מחצית הקול הקטן
521 צורה		$h^1 : e^1 \frac{16}{9} =$ (Grosse Septime) שביעית הגדולה
522 צורה		$b^1 : e^1 \frac{15}{8} =$. (Kleine Septime) שביעית הקטנה
523 צורה		$a^1 : c^1 \frac{5}{3} =$. . (Grosse Sexte) ששית הגדולה
524 צורה		$c^2 : e^1 \frac{8}{5} =$. . (Kleine Sexte) ששית הקטנה

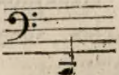
§. 552. ציוני הנגון לקולות ידועים שונים. לדעת החכם זאווארט יהיה הקול

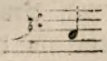
היותר שפל שישמע לאזן האדם

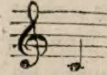
8 = C₈ הרעדות לזעקונדע .

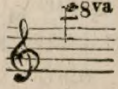
525 צורה  16 = C₂ } הוא הקול שישמע חליל הפתוח אשר להמנים
שארכו 32 רגל והוא היותר שפל שבכל
הקולות המוכשרים לנגון והנאמטען שלו
תורנו הצורה 525.

526 צורה  32 = C₁ } הוא הקול היותר שפל שישמע לנו הפארטא
פיאנע הטובה (קלמטטפויגל) ויקרא בשם C
המגד (קלמטטפויגל) את ציונו תורנו הצורה 526.

צורה 527.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{הוא הקול הנקוב בשם C הגדול ואשר} \\ \text{ישמע לנו מהחליל הפתוח שארכו הוא 8} \end{array} \right\} 64 = C$
רגל, ציונו תורנו הצורה 527.

צורה 528.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{הוא הקול הנקוב בשם c הקטן ואשר} \\ \text{ישמע לנו מהחליל שארכו הוא 4 רגל} \end{array} \right\} 128 = c$
וציונו תורנו הצורה 528.

צורה 529.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{c בעל-קורה אחד (מיינוחולגסטריוססססס) אשר} \\ \text{ישמע מהחליל שארכו הוא 2 רגל ואת ציונו} \end{array} \right\} 256 = c^1$
תורנו הצורה 529.

צורה 530.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{הקול היותר רם מקולות העליונים של האדם} \\ \text{(אולם יש גם נשים שתוכלנה להגביה קולן עד} \end{array} \right\} 1024 = c^3$
(ואת ציונו תורנו הצורה 530) $(1534\frac{1}{4} = g^3)$

§ 553. השנית הסולם (ספספספספס). אם נתבונן על מדת מנת-ההתרחקות בהסולם הכלול § 548 או נמצא שמדותיהן הן בלתי שוות, ולכן השכילו חכמי המוזיקא האחרונים להשפיל מעט לאיש איש מהקולות למען שתהיה מדת מנת-ההתרחקות שוה בכלן, ביחוד תעשינה ההשפלות בכלי השיר אשר לכל קול וקול יש להם כלי מיוחד כמו בהמנים (קרגס) והפיאנעפארטא, השתוות מנת-ההתרחקות תקרא בפי חכמי המוזיקא בשם השנית הסולם (ספספספספס), והסולם הנולד אחרי ההשניה יקרא בשם השפלת שיווי הרחיפה (גוייטסווספספספס), והוא: אם יתוקנו הפיאנען והארגעלן באופן שישימיע לנו את הקולות על ידי ההשוויה הזאת, אז תהיה ההתרחקות מכל הקולות שבהסולם (מלבד האקטאווע) בלתי-שווים (מוכילין), ולכן ישנו את ההתרחקות במדת מפסיקה-הנגון שהוא $\frac{81}{80}$ לפי § 545, ההשוויה הזאת יקראו בשם השויה המרחפת בשווי המדה (גוייטסווספספספס), ואם יעזבו את הקולות שנשתמש בהם יותר בהתרחקותם האמתית וישנו את מדת ההתרחקות רק בקולות הבאים בהנגונים לעתים רחוקות מאד אז תקרא ההשוויה בשם רחיפה המשתנית (מונגויטסווספספספס).

§ 554. באור הסימן העבר. לתוספת באור הסימן העבר נאמר: אם נתבונן על מספרי-ההתרחקות שבין קולות הסולם-הכפול או נמצאם שלשה, והמה: $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$, $\frac{16}{15}$ ההתרחקות $\frac{9}{8}$ תקרא בשם מאן שלם הגדול, וההתרחקות $\frac{10}{9}$ תקרא בשם מאן שלם הקטן, וההתרחקות $\frac{16}{15}$ תקרא בשם מחצית-המאן, ההבדל שבין המאן הגדול והקטן הוא המנה היוצאת מחלוקת $\frac{9}{8}$ על $\frac{10}{9}$ שהוא $\frac{81}{80}$ והוא המפסיקה-הנגוני § 545, והנה כבר נתבאר לנו § 548 שאם נתחיל את סולם הקול מקול יסודי אחר וולת C ר"מ G, אז תצאנה לנו ההתרחקות במספרים אחרים עד שבמקום המאן הגדול

נשיג רק מחצית-הקול, ואם ניסר את הסולם על הקול F אז תצא לנו התרחקות גדולה יותר מראי, ד"ל: במקום מחצית הקול יוצא לנו הקול השלם, באופן הראשון נצרך לנו להרים את הקול על ידי הכפלת מנת-התרחקותו בהשיעור $16/15$ ובאופן השני נצרך לנו להשפיל את הקול על ידי התחלקות מנת-התרחקותו בהשיעור $16/15$, ומוזה תגלד בהסולם הכפול התחלפות מרת ההתרחקות שבכל פעם תתחלפנה ההתרחקות הרצופות והוא: קול-שלם וחצית-הקול יבואו חליפות זה אחר זה, אולם בהסולם הבלול יבוא אחר כל קול שלם עוד מחצית הקול, ובוה יתהפך הסולם הכפול בעל שבעת השלבים והיה לסולם בעל שנים עשר שלבים שמדת כל אחד מהם תגלד יותר מאשר תחתיו במדת מחצית הקול, אמנם גם בזאת עוד לא הגענו עוד להתרחקות שיות-המדה בין כל שלבי הסולם, כי לפי משפטי הערכים שנתבארנו לנו § 543 נצרך להיות אם ניסר את סולם הקול על e שוה מספר הרערות מהקול e^2 למספר הרערות של e, אולם אם נבקש חשבון נמצא שהקול e^2 יתערך במספר הרערותיו להקול e^3 כערך $(5/4 \times 5/4 \times 5/4)$ אל 2 שהוא $128/64$ נמצא שהקול e^2 יקטן מהשיעור הראוי במדת $(128/64 - 125/64 = 3/64)$ וכן לא ישתוו גם שתיים עשרה רביעיות למספר המשי שמיניות או שתיים עשרה חמישיות למספר שבע שמיניות כאשר היה ראוי להיות וכאשר כבר נתבאר לנו כל זה § 548 ברחבה, את המעוות הזה יבקשו חכמי המוזיקא לתקן על ידי ההשואה את ההתרחקות למען שלא נצטרך לרלג על סולסר הקולות במצעים בלתי שוים בארכם, ולכן חלקו את ההתרחקות שבין כל קול ובין האקטאווע שלו לשנים עשר חלקים שוים, ועל ידי החלוקה הזאת תצאנה לנו מנות-ההתרחקות לשנים עשר השלבים שבהסולם בהמספרים שיתבארנו בהלוח אשר בסוף הסימן והיא היא הנקראת בשם השויה שיווי הרחיפה (גויילטשוועבנדס טענשעפראטור) יען שבה נשתנה כל קול וקול בהתרחקותו בשיעור שוה, ולכן אין בכל אחד מהקולות (בלעדי האקטאווע) שנשאר לו ההתרחקות האמתית, ולכן מאנו רבים מחכמי הנגון בהשויה הזאת רק בחרו בהשויות אחרות שעל ידן לא ישתנו רק הקולות הבאים לעתים רחוקות במערכת הניגון, אבל בהקולות הבאים תמיד השאירו את ההתרחקות האמתית והיא השויה המרחפת (על הסולם) מבלי שווי המדה (אונגלייטשוועבנדס טענשעפראטור). רבות הנה ההשויות מהמין האחרון אולם אנחנו לא נביא פה רק אחת מהנה והיא ההשויה של החכם קירענבערגער. בהלוח שלפנינו המחולק לחמשה עמודים יורנו העמוד הראשון לצד ימין את אותיות הקולות והשני את ערכי מנת-ההתרחקות בההשויה שיווי הרחיפה והעמוד השלישי את ערכי אורך המיתרים המולידים את הקולות האלה בהשויות שיווי-הרחיפה, והרביעי את מנת-ההתרחקות בהשויות החכם קירענבערגער, והחמישי את ערכי אורך המיתרים המשמיעים את הקולות לפי השויות קירענבערגער. והנה במדה הזאת שתעלה בעזרת השויות שיווי הרחיפה בכלי השיר אשר לכל קול מיוחד יקצא בהם חליל או מיתר מיוחד, במדה הזאת טובה הרחיפה המשתנית בכלי השיר שתליל או מיתר אחד ישמיע בהם קולות שונים כמו בהעוגב (פייגלינג) וההצוצרה (טקטשעס).

לוח* לערכי מנת ההתרחקות ולערכי אורך המיתרים

השווית קירענבערגער

קירענבערגערס טעמפערטור

השווית שיווי הרחיפה

גלייטעבענדע טעמפערטור

אורך המיתרים	מנת ההתרחקות	אורך המיתרים	מנת ההתרחקות	אותיות הקול
1	1	1	1	C
949/1000 . . .	1 55/1000 . .	944/1000 . . .	1 595/10000 . .	des או Cis
889/1000 . . .	1 125/1000 . .	891/1000 . . .	1 1225/10000 . .	d
844/1000 . . .	1 185/1000 . .	841/1000 . . .	1 1892/10000 . .	dis או es
4/5	1 95/100 . . .	794/1000 . . .	1 2599/10000 . .	e
5/4	1 353/1000 . .	749/1000 . . .	1 3348/10000 . .	f
711/1000 . . .	1 406/1000 . .	707/1000 . . .	1 4142/10000 . .	fis או ges
667/1000 . . .	1 1/2	667/1000 . . .	1 4983/10000 . .	g
653/1000 . . .	1 58/100 . . .	650/1000 . . .	1 5874/10000 . .	gis או as
605/1000 . . .	1 677/1000 . .	591/1000 . . .	1 6818/10000 . .	a
565/1000 . . .	1 778/1000 . .	561/1000 . . .	1 7818/10000 . .	ais או b
535/1000 . . .	1 875/1000 . .	550/1000 . . .	1 8877/10000 . .	h
1/2	2	1/2	2	c ¹

§. 555. חשבון ההרעדות בעזרת ידיעת כמות ההתרחקות. בעזרת ידיעת

כמות ההתרחקות שבין קול לקול מקולות הסולם וידיעת מספר ההרעדות הפשוטי לקול אח נוכל למצוא בחשבון את מספרי ההרעדות לכל קול שנרצה, ד"ס: אם ידוע לנו בקלאוויר (Klavir) בעלת שבע שמיניות (שמיניות) שמספר ההרעדות להקול היסודי (הוא הקול היותר שפל שתוכל להשמיע) הוא $C_1 = 32$, אז נמצא בחשבון גם את מספרי ההרעדות לכל השמונים וארבעה קולות הנשארים שתוכל הקלאוויר הזאת להשמיע, והוא: נכפיל את מספרי הרעדות מהקול היסודי עם מספר ההתרחקות שבינו ובין הקול היותר קרוב אליו בהסולם ויוצא לנו מספר ההרעדות בעד הקול השני, ושוב נכפיל את מספר ההרעדות הקול השני עם מספר ההתרחקות שבינו ובין הקול השלישי ויוצא לנו מספר הרעדות של הקול השלישי, ועל האופן הזה יצאו לנו מספרי ההרעדות מכל הקולות אשר תוכל הקלאוויר הזאת להשמיע בכל שבעת שמיניותיה כאשר המה כתובים פה בהלוח שלפנינו.

(* משעם קולות מן dis עד h המה גדולים ככל שבעת השמיניות בשיעור קטן למאד (הקטן מן 1/1000 הרעדם) מערכם האמיתי ולכן הכנו על ידי מספרי הרעדותם כוכב קטן כזה *) לסורות על יתרוכם, הכוכבים האלה יתאלצו אך בחמשם הקטנות הראשונים אבל גם בשני הקטנות האחרונים הים הקולות אשר מן dis עד h גדולים מעט כמספרי הרעדותם ועזבונו את הכוכבים מפני שלא הים מקום לסיגנם.

לוח למספרי ההרעדות מהשמונים וארבעים קולות (ט"ז)

שִׁשְׁמִיעַ הַקְּלָאוּר בַּעַל שֶׁבַע שְׁמִינִיּוֹת

[1 te 8 ve] השמינית הראשונה [1 טע קטלוח]

*53 $\frac{818}{1000} = A_1$	*45 $\frac{255}{1000} = Fis_1$	*38 $\frac{544}{1000} = Dis_1$	32 . . . = C ₁
*57 $\frac{18}{1000} = B_1$	*47 $\frac{946}{1000} = G_1$	*40 $\frac{317}{1000} = E_1$	33 $\frac{903}{1000} = Cis_1$
*60 $\frac{407}{1000} = H_1$	*50 $\frac{797}{1000} = Gis_1$	*42 $\frac{714}{1000} = F_1$	35 $\frac{92}{100} = D_1$

[2 te 8 ve] השמינית השניה [2 טע 8 ס]

*107 $\frac{656}{1000} = A$	*90 $\frac{51}{100} = Fis$	*76 $\frac{109}{1000} = Dis$	64 . . . = C
*114 $\frac{56}{1000} = B$	*95 $\frac{891}{1000} = G$	*80 $\frac{634}{1000} = E$	67 $\frac{806}{1000} = Cis$
*120 $\frac{814}{1000} = H$	*101 $\frac{894}{1000} = Gis$	*85 $\frac{428}{1000} = F$	71 $\frac{84}{100} = D$

[3 te 8 ve] השמינית השלישית [3 טע 8 ס]

*215 $\frac{27}{110} = a$	*181 $\frac{2}{100} = fis$	*152 $\frac{218}{1000} = dis$	128 . . . = c
*228 $\frac{72}{1000} = b$	*191 $\frac{782}{1000} = g$	*161 $\frac{268}{1000} = e$	135 $\frac{612}{1000} = cis$
*241 $\frac{628}{1000} = h$	*203 $\frac{188}{1000} = gis$	*170 $\frac{856}{1000} = f$	143 $\frac{68}{100} = d$

[4 te 8 ve] השמינית הרביעית [4 טע קטלוח]

*430 $\frac{54}{100} = a^1$	*362 $\frac{4}{100} = fis$	*304 $\frac{456}{1000} = dis$	256 . . . = c ¹
*456 $\frac{144}{1000} = b^1$	*383 $\frac{565}{1000} = g^1$	*322 $\frac{556}{1000} = e^1$	271 $\frac{224}{1000} = cis^1$
*483 $\frac{256}{1000} = h^1$	*406 $\frac{276}{1000} = gis^1$	*341 $\frac{512}{1000} = f^1$	287 $\frac{36}{100} = d^1$

[5 te 8 ve] השמינית החמישית [5 טע קטלוח]

*861 $\frac{8}{100} = a^2$	*724 $\frac{8}{100} = fis^2$	*608 $\frac{872}{1000} = dis^2$	512 . . . = c ²
*912 $\frac{288}{1000} = b^2$	*767 $\frac{180}{1000} = g^2$	*645 $\frac{72}{1000} = e^2$	542 $\frac{448}{1000} = cis^2$
*966 $\frac{512}{1000} = h^2$	*812 $\frac{730}{1000} = gis^2$	*683 $\frac{24}{1000} = f^2$	574 $\frac{72}{100} = d^2$

[6 te 8 ve] השמינית הששית [6 טע קטלוח]

1722 $\frac{8}{100} = a^3$	1448 $\frac{16}{100} = fis^3$	1217 $\frac{744}{1000} = dis^3$	1024 . . . = c ³
1824 $\frac{586}{1000} = b^3$	1534 $\frac{270}{1000} = g^3$	1290 $\frac{72}{1000} = e^3$	1084 $\frac{896}{1000} = cis^3$
1933 $\frac{24}{1000} = h^3$	1625 $\frac{46}{1000} = gis^3$	1366 $\frac{24}{1000} = f^3$	1149 $\frac{24}{100} = d^3$

[7 te 8 ve] השמינית השביעית [7 טע קטלוח]

3444 $\frac{16}{100} = a^4$	2896 $\frac{32}{100} = fis^4$	2435 $\frac{188}{1000} = dis^4$	2048 . . . = c ⁴
3649 $\frac{152}{1000} = b^4$	3068 $\frac{54}{1000} = g^4$	2580 $\frac{48}{1000} = e^4$	2169 $\frac{792}{1000} = cis^4$
3866 $\frac{48}{1000} = h^4$	3250 $\frac{92}{1000} = gis^4$	2732 $\frac{48}{1000} = f^4$	2732 $\frac{48}{100} = d^4$

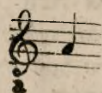
4096 = c₅

את מספרי ההרעדות לכל הקולות שיוכל איזה כלי שיר להשמיע נוכל למצוא גם אם ידוע לנו מספר הרעדות הפשוטי מקול אחר וזאת הקול היסודי, ד"מ: אם נודע לנו שהמיתר השלישי לצד שמאל מהעוגב צורה 532, ישמיע מבלי נגיעת האצבע עליו את הקול a^1 בעל 430 הרעדות שלמות לזעקונדע או נוכל למצוא את האקסמאוווע c^2 שאחריו על ידי כפילת מספר ההרעדות של הקול a^1 (הידוע לנו) עם מספר מנתי-ההתרחקות אשר לאקסמאוווע הבאה אחריו ואת המכפלה היוצאת נחלק על מנתי-ההתרחקות של הקול a^1 הידוע לנו והמנה היוצאת תורנו את מספר ההרעדות של הקול $c^2 = 512$.

556. §. קציבת הקול a^1 . בהסימן העבר יצא לנו מספר

צורה 531.

ההרעדות בעד הקול $a^1 = 430$ אשר הצורה 531 תורנו הנאמטע שלו, אולם החכם פישער מצא בבחינותיו בשנת 1821 כי רוב המנצחים-בנגינות בארץ אשכנז הרימו אותו עד 437 הרעדות כפי אשר ינגנו המנגנים בבית המנצחים-בנגינות (קספסכטנחוי) בבערלין, בפאריז היה אז רובו 431, אולם באיטאליע הורד עד 424 הרעדות, אבל מן אז והלאה נתעלה הקול a^1 בפאריז במדרגת רובו עד 449 הרעדות, ולכן פקדה



צורה 532.



הממשלה לעשות בשנת 1858 מולני-הקול (פסיפון גאבסון) חדשים ומיוחדים להקול a^1 ומספר הרעדותיהם הוא 435, ובארצות אשכנז הורד מטעם הממשלה עד 427 הרעדות. הקול a^1 הוא הקול שישמיע לנו המיתר השלישי מהעוגב (פיקויט) צורה 532 מצד שמאל, ר"ל מארבעה מיתרי העוגב יתן המיתר הראשון לשמאל את הקול $g = 191$ הרעדות שלימות לזעקונדע והמיתר השני לימינו את הקול $d^1 = 287$ והמיתר השלישי $a^1 = 430$ והמיתר הרביעי $c^2 = 512$, במה דברים אמורים כשהמנגן לא יגע באצבעו בהמיתר אבל על ידי נגיעתו באצבעו בהמיתר יחלוק את המיתר לחלקים שווים הרועדים-לברם, ועל ידי זה יקצר את המיתר ויוכל להרים את הקול כשישה אקסמאוווען כאשר תורנו הנאמטע שממל להעוגב.

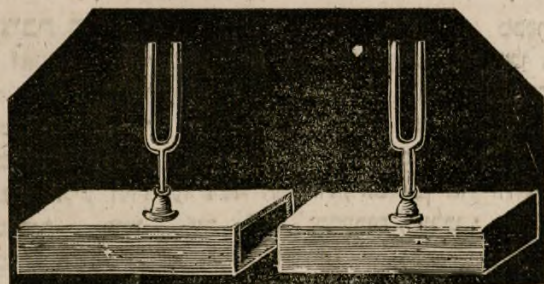
557. §. מודדי-ההתרחקות (דיספסאון). אופן נקל מאד

למצוא מספרי ההרעדות לכל קול מכלי השיר המציא החכם מארלאן Marloy על ידי הכנה פשוטה למאד הנקובה בשם מודדי-ההתרחקות (דיספסאון Diaspason) שתורנו הצורות 533, 534, והוא: שני מולני-הקול הרועדים איש איש בדיוק 256 הרעדות לזעקונדע והנצבים על שתי תיבות קטנות העשויות מדפי עץ רקים ושני הצדדים הפתוחים בשתי התיבות המה מכוננים זה למול זה והתיבות תרוחקנה זו מזו במרחק אצבע אחת, ובאשר שאורך גלי הקול שיגלרו, על ידי מולג בעל 256 הרעדות הוא $\frac{1024}{256} = 4$ רגל, לכן יעשה אורך כל תיבה $\frac{1}{4}$ אצבע באופן שהמרחק מקצה הימני של התיבה הימנית עד קצה השמאלי מהתיבה השמאלית הוא $11 \pm 1 \pm 11 = 24$ אצבעות $= 2$ רגל והוא כחצי אורך גל הקול

שינלר על ידי הרעדות המולג, שתי התיבות תוצגנה על שדרה עבה מנייר בלתי רבוק (פז סמטי), והנה אם נמשוך בקשתי העונב על המולג הימני או יתלזה המולג השמאלי גם הוא בהרעדותיו אל המולג הימני ויגביר את קולו של המולג הימני שעברה עליו הקשת, התלוות הקולות האלה תשמע משך מינוטען אחרים בעוד אשר קול מולג יחיד ישמע אך זמן קצר מאד, את ההכנה הזאת נביא בקרבת המאנכארד (צורה 495, § 527)

צורה 533.

צורה 534.



ונשים בהמאנכארד את המשענת בתכונה הזאת באופן אשר המיתר שעליו ירעד גם הוא 256 הרעדות לועקונדע על פי המשפטים שנתבארו לנו § 524, והנה את אורך מיתר המאנכארד שירעד 256 הרעדות לועקונדע נחלק על ידי קנה-דמרה אשר נשים בצדה לאלף חלקים שוים, והנה אם למען השמיע על ידי המאנכארד קול הרומה ברומו להקול שנרצה

לקצוב את מספרי הרעדותיו היה נצרך לנו לקצר את מיתר המאנכארד עד שיהיה ארכו כמספר חלקים אשר נסמן אותו בהאות n , אז יהיה מספר הרעדות הקול הנחקר שוה להמנה היוצאת מחלוקת המספר 256 ; 000 (ר"ל מספר הרעדות המיתר השלם מוכפל על ארכו) על המספר n , ר"מ: אם יהיה נצרך לקצר את המיתר 100 חלקים עד שישמיע לנו את הקול-הנחקר, אז נרע שמספר הרעדותיו לועקונדע הוא $\frac{256000}{900} = 284.44$, המיתר ישמיע לנו אז קול הקרוב מאד במספר הרעדותיו להקול e^1 , וכן אם היה נצרך לקצר המיתר 400 חלקים עד שישתנה ברומו להקול-הנחקר אז יהיה מספר הרעדות הקול שישמיע לנו $\frac{256000}{800} = 320$ והוא הקול שמדרגת רומו היא בתוך בין הקול $a^1 = 430$ ובין הקול $b^1 = 456$.

פרק עשרים ושבעה

צבע הצלצל

(קולאנג פארבע (Klang farbe))

§ 558. צבע הצלצל (קולאנג פארבע). מכל מה שבארנו מראש דברינו בחכמת השמע

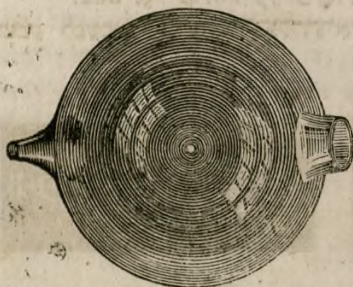
עד כה, נודעו לנו סבות הולדת הקול, אופן מידת רומו וחוקתו, והסבות המרימות המשפילות, המגברות והמחלישות את הקול, אולם עוד לא הגדנו מאומה מאיכות הקולות,

בהמושג איכות או צבע הקול נבין את ההרגשה המיוחדת (ספלייטסטר מיינרוק) שנרגיש משני קולות השונים ברומם וחוקתם ומשתנים בכל זאת בהרגשות שתלדנה באוזנינו מהם, ד"מ: אם ינגנו שני מנגנים לפנינו, האחד על העוגב (פיקאייט) והשני על התליל והקולות משניהם ישו זה לזה גם ברומם גם בחוקתם, בכל זאת תכיר כל אוזן להבדיל בין הרגשות שונות שבין איכות הקולות האלה, את שינוי האיכות הזאת קרא החכם העלעמהאלץ (Helemholz) בשם צבע-הצלצל, החכם הזה מצא בבחינותיו המדויקות שמרבית הקולות המה רובא רובא (גנפטסן טהילוס) מורכבים מקולות פשוטים רבים ומשונים מיסודות-ההרכבה שהקול הורכב מהם ולכן יבאר החכם הזה כי סבת הבדל האיכותי שבין קול אחד לקול אחר השווה לו ברומם וחוקתו הוא השינוי שישתנו זה מזה ביסודות ההרכבה. ולכן הבדיל החכם הזה בין קולות פשוטים לקולות מורכבים, להפשוטים (הם אלה אשר לא יתפרדו לקולות רבים) קרא בשם קולות נערכים מאַנע (Töne) ולהמורכבים קרא בשם צלצל (Klang קלאנג).

§. 559. כדור-המתלול. למען הבדיל בין הקולות הבודדים שמהם הורכב הצלצל, בחר העלעמהאלץ בכדורים נבובים של זכוכית אשר בשני ציריהם תמצאנה שתי שפופרות: האחת ארוכה וצרה, והשנייה קצרה והולכת ומתרחבת כתבנית משפך הפוך ואותה נתן בתוך האוזן, ובמסרם הבחינה נשעין את קצה הארוכה יוצרה על תושבת המתלול של כלי-הזמר המשמיע הצלצל שנרצה לבחון אותו ואז נשמע קול אחר חזק והוא הקול שמספר הרעדותיו הוא כמספר ההרעדות שנוכל להרעיד את האוויר בתוך הכדור המתלול בקולו (טונקמסטר) (כן יקרא העלעמהאלץ להכדורים האלה) בעוד אשר כל יתר הקולות שהקול הנערך הורכב מהם ישמעו אך בקול דממה דקה מאד, ובאשר שלפי משפטי הרעדות האוויר הנסגר בכלים § 530 נוכל לעשות הכדורים מדויקים במדתם באופן אשר יתלול הקול רק לקול-נערך-קצוב אחד, יען כי כל קול יתלול בהרעדותיו יותר בנקל להקול הדומה לו במספר הרעדותיו כמו שנתבאר לנו § 506, לכן הלא לא יבצר מאתנו לתקן לנו כדורים נבובים לכל אחד מקולות הסולם, ובאופן הזה נוכל למצוא בכל צלצל וצלצל את הקולות הבודדים שמהם הורכבו כי נחקור על הקולות שישמעו לנו בו כאשר נבחן אותו בכדורים מתלולים שונים, את תבנית כדור

צורה 535.

המתלול תורנו הצורה 535.



§. 560. ערך כמות אלכסון כדורי מתלולי הקול (טונקמסטר) למול כמות אלכסון נקביהם. מלבד כמות מכילת הלל כדור-מתלולי-הקול הנצרך להיות מדויק בשיעור נערך לכל קול וקול עוד נצרך להיות ערך קצוב וידוע בין כמות אורך אלכסון הכדורים ובין כמות אורך אלכסוני נקביהם. הכדור אשר יתלול בקולו להקול אשר וסימן בהאות g^1 ימור באורך אלכסונו שבעים ותשע מיללעמעמטר (עין § 21) ובאלכסון נקבו ± 20 מילל"ם וכמות מכילת הללו הוא 235 צענטימעמטר מעוקבים

§. 561. הולדת הקולות הרומות באיכותן לקולות תנועות המבטא (Vocale)

ומושג הקול העליון לפי מובן חכמי הנגון. כל איש יודע שמלבד ההבדל הגדול שימצא באיכות הקולות השונים שהמה נולדים מכלי שיר שונים כמו בין קולות הכנור והחליל, המנים והעוגב, אף כי ישמיעו קול אחד, ד"מ a או b ימצא עוד גם הבדל רב בהקולות אם ישמעו לנו בהתנועה (ט) או (י) או (י') או (י'') או (י''') או (י''''), ר"ל בהשמיענו ההברה a, או a, או i, או u, או e, עוד לפני שנים אחדות נעלמה סבת השתנות ההרגשה הוואת מכל חכמי הטבע ולפני זמן לא כביר גלה החכם העלעמאליץ גם את הצפונות האלה וירא ויתבונן שהבדל ההרגשות האלו גם הוא תולדת הקולות העליונים הוא אשר יתלוו להקול היסודי, בהמושג קול-עליון (סבסטקן) יבינו חכמי הטבע את הקולות הנולדים על ידי הכפלת מספר הרעדות מהקול היסודי, בהמספרים 2, 3, 4, 5, ... או (אשר אחת הוא אם נאמר) את הקולות שישמיע לנו אם נרעיד רק $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ מהמיתר אשר אם ירעד על פני כולו ישמיע לנו את הקול היסודי C או יהיו הקולות העליונים שלו, $e^2, g^2, i^2, c^3, e^3, g^3, i^3$; הקול e^2 אשר מספר הרעדותיו הוא שבע פעמים כמספר הרעדות C הוא רק שפל מעט מוער מהקול b^2 , והנה החכם העלעמאליץ הראה בבחינותיו המדויקות (א) שהקול שישמע לנו בההברה a ו ילד כאשר יתלוו להקול היסודי בקול רממה דקה גם הקול העליון השלישי, ר"ל בהתלוות אליו הקווינטע מהאקטאווע שלמעלה הימנו, (ב) שהקול a ישמע לנו בהתלוות להקול היסודי האקטאווע שלמעלה הימנו בחזקה ושני הקולות שאחרייו יתלוו להם רק בקול דממה דקה. ג הקול a ישמע לנו כאשר יתלוו להקול להקול היסודי הקול העליון בהתלוות בלתי חזקה והשלישי בהתלוות חזקה מאד, (ד) הקול i ישמע לנו בהתלוות להקול היסודי החלש והאקטאווע שלו יתחזק בערך להקול היסודי והקווינטע של האקטאווע תהיה חלושה בו והאקטאווע השניה של הקול היסודי תעמעע בקול חזק מאד, (ה) a ישמע לנו בהתלוות להקול היסודי הקולות העליונים החמישי והשביעי, אמנם העלעמאליץ לא הסתפק במציאת הקולות העליונים בההברות אך גם השכיל להוליד את ההברות בכלי שיר מיוחדים לזה והמה בשמונה מולגי הקול הנותנים איש איש קול מיוחד, והמה $B, b, f^1, b^1, d^2, f^2, as^2, b^2$

§. 562. קולות עליונים. של המיתרים. אם נפרוט על מיתרים ארוכים או

ישמע לפעמים בלעדי הקול הראשי (הויסטקן) עוד קול מתלווה (סבסטקן) הרם

מעט או הרבה

מהקול הראשון,

לכן נוכיח מזה

בצדק שהמיתר

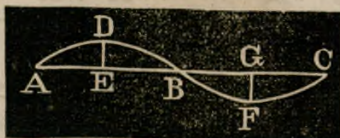
ירעד שני מיני

הרעדות כאחת,

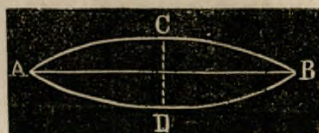
והוא: הרעדה

בתור מיתר

צורה 537.



צורה 536.



אחת בתור מיתר שלם כמו בצורה 536, והרעדה שנית

מתחלק כמו שתורנו הצורה 537, ולכן ירעד בהרעות המורכבות משני מיני ההרעות, את ההרעה המורכבת הזאת שתורנו באר היטב הצורה 538.



§. 563. ערכי קולות העליונים של המיתרים לקולם היסודי. אם נכנה להקול שהמיתר הבלתי מתחלק יתן לנו בשם קול יסודי או נשמע כשיתחלק המיתר על שני חלקים שווים את האקטאווע שלו והוא מבואר לפי (§ 553), ומנסבה הזאת בעצמה נשמע אם יתחלק המיתר על שלשה חלקים את הקווינטע של האקטאווע, ועל ארבעה חלקים את האקטאווע הכפולה, על חמשה חלקים את המערצע של האקטאווע הכפולה, על ששה חלקים את הקווינטע של האקטאווע הכפולה, ועל זה נוסד חזיון השמעת קולות העליונים (קבעת קדש פלמנטוס סקנט) על מיתרי הנועמארי ויתר כלי-המיתרים גם תיקון כנור-אמאל (קולסחכסס) או כנור-דוד כמו שיתבאר לנו בדברנו מכלי השיר.

§. 564. קולות עליונים של החלילים. אם נסמן להקול היסודי מהחליל הפתוח (ר"ל להקול היותר שפל שיוכל החליל להשמיע) בהאות C_1 , או תורה לנו החרוזה הבאה פה את סדר וערכי הקולות העליונים שיוולד בהחליל הזה על ידי חוזק התקיעה, והוא:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, C_1 C G e c g ais c^1 d^1 e^1 fis^1 g^1 as^1 ais^1 h^1 c^2

17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, וכן הלאה, c^2 d^2 e^2 fis^2 g^2 as^2 ais^2 h^2 c^3

באופן הזה יוכלו התוקעים בשופרות והמושכים ביובלות להשמיע בכלים הפשוטים האלה על ידי שינוי חזקת תקיעתם את הקולות הנצרכים להם לשירים ולזכרם באשר שכל הקולות אשר יוכלו להשמיע בכלי אחד נוסדו כולם על הקול היסודי אשר להחליל, ובגלל זה לא יסבנו להוליד קולות שנוסדו על קול יסודי אחר, לכן השכילו חכמי המוזיקא לעשות חלילים בעלי קולות יסודיים שונים הנקובים בשמותם על שם קולם היסודי, ד"ס: בקרני היובלות יבדילו קרן C; קרן F; קרן E, וכן גם בחלילי הקלארינעטען יבדילו קלארינעטע C קלארינעטע B, וכן גם בהחצוצורות נמצא חצוצורת E; וחצוצורת E S, ועל כן נראה במקהלות השיר את המנגנים מחליפים לפרקים את כליהם לפי טבע הקולות הנצרכים להם במנגינתם, אטנם חכמי המוזיקא חשבו תחבולות וכמעט השיגה כעת ידם לכוון כלי תקיעה אשר יוכלו להשמיע בהם קולות מקולות שונים שנוסדו על קולות יסודיים רבים ומשתנים, ועל ידי זה הרימו את שלמות כלי התקיעה במעלותם מאד כאשר יתבאר לנו בדברנו מתבנית כלי השיר באור הומיב ושום שכל.

פרק עשרים ושמונה

באורי החזיונות המתבארים לפי חקי פנישת גלי הקול זה בזה

(טאלו-וולטנ-לינטערפערענץ-ערשיינונגען)

(Interferenzerscheinungen)

§. 565. חזיונות המתבארים לפי חוקי פנישת גלי הקול. כבר נתבאר

לנו חוקי פנישת הגלים § 484 ופה נבאר חזיונות אחרים בחכמת השמיעה שיתבארו על ידי חוקי פנישת גלי הקול, והוא: אם יצלצלו פעמונים או נשמע את הקול לפעמים חזק מאד ולפעמים חלש עד מאד ולפעמים נשמע גם קול זר מתערב בין קולות הפעמונים המשתנה מקול הטבעי אשר להם, וסבות החזיונות האלה מיוסדות כולן על חוקי פנישת הגלים כאשר יתבאר לנו בהסימנים הבאים.

§. 566. צבית הקול (אנטוואן דע סקס). כבר נתבאר לנו § 484 כי מפנישת שני

גלים זה בזה כהריהם או בבקעותיהם יתגדל ההר או הבקעה פי שנים, ולכן אם יפגשו שני גלים כהריהם או בבקעותיהם זה בזה ונקודת הפגישה תהיה באוון השומע או יתגבר הקול למאד ברגע הפגישה, החזיון הזה יקרא בפי חכמי המוזיקא צבית הקול (אנטוואן דע סקס).

אולם אם יפגוש הר הגל האחד בעומק הגל השני באוזניו או לא נשמע כל קול יען שהר הגל ימלא את בקעת הגל והאזיר ישוב למנוחה ברגע ובמקום הפגישה, החזיון הזה יקרא בשם האלם-דומיה (פערסטווינג), את החזיון הזה נרניש בהרגשה ברורה מאד אם נסבב את מולג הקול על קוטרו קרוב לאוזניו או נמצא שהקול יתגבר ויחלש חליפות ובין רגעי ההתחלפות תקרה גם רגעים שהקול יאלם דומיה ולא נשמעו ואחרי כן ישוב להשמיע קול המתגבר זמן קצוב ואחרי כן ישוב ויחלש עוד הפעם, כה יתגבר ויחלש וידום הקול חליפות פעמים רבות כל עוד שלא פסקו שני המולג מלהתנועע.

§. 567. דפיקת הקול. אם יצלצלו לפנינו שני פעמונים א ב, באופן אשר

הפעמון א ישלים מאה הרערות במשך הזמן שישלים הפעמון ב מאה ואחת הרערות, אז נשמע את הקול הולך ומתגבר וישוב ויתקמן מהרף עין להרף עין, ובהרף עין קצוב אחד יתחוק הקול מאד, ההתחזקות הזאת תהיה אחרי שהשלים א מאה הרערות וגם ב מאה ואחת הרערות, יען שאז תבאנה שתי הרערות כאחת באוזנינו ותרעדנה את עור התוף שבאוזנינו וזמן אז והלאה תתרחקנה פגישות ההרערות זו מזו עד אשר יתום א שנית מאה הרערות גם ב מאה ואחת הרערות, החזיון הזה מתשובות התחזקות הקול בתקופות ימנים קצובים (פערטיקס) יקרא בשם דפיקת או רחיפת הקול (סטקסס פערט טאעבונג דע סקס).

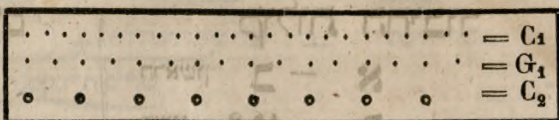
§. 568. קולות החבור. אם יהיו זמני תשובות תקופות התחזקות הקול

בשיעור $\frac{1}{16}$ ועוקנרע או הלא נרניש 16 פעמים בזעקונרע אחת את התחזקות הקול כי 16 הרערות לזעקונרע יעוררו בנו את הקול C_2 הקול היותר שפל שישתמשו בו חכמי

הנגון, לכן נשמע מלבד הקולות הטבעיים שישמיעו הפעמונים עוד את הקול C_2 המתלקט מההרעדות של פגישת גלי-הקול אשר לשני הפעמונים, כל שנתבאר לנו עד כה נוכל לצייר על ידי הצורה 539, והוא: נציג שתי חרוזות

צורה 539.

נקודות זו למעלה מזו, בהחרוזה העליונה 24, בהשניה 16, ומתחתיה נציג 8 טבעות קטנות, או נראה באר היטב את התלכדות ההרעדות (בעת שתורעדה יחד)



להרעדות כפולות שנצייר אותן בטבעות קטנות תחתיהן, ולכן אם נפרוט כאחד על שני מיתרים א' ב שמספר הרעדות של א' הוא 64 ושל ב' הוא 96 ולכן ישמיע לנו א' את הקול היסודי בעוד אשר ב' ישמיע לנו את החמישית, יען שבעוד אשר יען יתקבלו שתי הרעדות ישרים ב' שלש הרעדות, והנה ההרעדות הראשונות של א' ושל ב' תחלינה בזמן אחד, ובין כל שתי הרעדות שירער א' ירעד ב' הרעדה אחת בנתים וההרעדה השלישית של ב' תהיה בזמן אחד עם ההרעדה השנייה של א', ולכן יהיה מספר פעמי התאחרות הרעדות המיתרים כחצי מספר הרעדות המיתר א', ולכן תרגיש אוננו מלבד שני הקולות הטבעיים של א' ושל ב' (שהמה קול היסודי והחמישית הגבוהה ממנה) עוד קול שלישי בעל 32 הרעדות והוא C_2 , והוא הקול היסודי שהמיתר א' ישמיע את השמינית ממנו, ורעת לגבון נקל שנוכל למצוא חשבון ולקרא שמות לכל הקולות שיגלדו מההרעדות המתאימות מכל שני קולות הנשמעים כאחד בכל השתנות ערכי הרעדותיהם.

§. 569. חשבון הרפיקות. התכם האלשטראם הורה לנו למצוא חשבון למספר הרפיקות לזעקונדע, והוא: אם נסמן למספר ההרעדות לזעקונדע של הקול האחד (משני הקולות הנשמעים כאחד) עם א' ושל הקול השני עם ב' ולמספר הרחיקות הנעלם עוד מאתנו נכנה ז', והנה בזמן (1 : ז') תהיה רחיקה אחת ובמשך הזמן ההוא ירעד הקול שמספר הרעדותיו הוא א', הרעדות שמספרן הוא א' : ז', והקול השני ירעד הרעדות שמספרן ב' : ז', יען כי א' גם ב' יורנו מספר ההרעדות בזמן 1 זעקונדע, והנה למען שתגלד רפיקה אחת מהתחברות שני קולות כאחד נצרך הקול הרם לרעד הרעדה אחת יתרה על הקול השפל כפי שנתבאר לנו בהסימן העבר, ולכן יחויב להיות (א : ז') — (ב : ז') = 1, ולכן גם א' — ב' = 1, מהחשבון הזה יוצא משפט צדק, והוא: מספר הרפיקות לזעקונדע ישווה להבדל מספרי ההרעדות של הקולות הנשמעים כאחד וזוה נדע שגם מספר הרעדות הקול הגולד בחבורם (קולות החבור) הוא כמספר הבדל ההרעדות של שני הקולות המולידים אותו

§. 570. חרוזות קולות החבור הנולדים משני קולות הנשמעים כאחד. עד כה בארנו רק מקול אחד שיגלד מחבור שני קולות, אבל באמת יגלדו קולות הרבה מחבור שני קולות, והוא: יען שגם הקול-החבורי הנולד מהתחברות שני הקולות הראשונים יוליד קול-חבורי שני ובהתחברו עם הקול השפל משני הקולות הראשונים (פניווקס טקס) יוליד קול-חבורי שלישי

והקול הזה בהתחברו עם הקול הרם מהקולות הראשונים יוליד קול-חבורי רביעי והקול החבורי השלישי בהתחברו עם קול החבורי הראשון יוליד קול-חבורי חמישי וכן הלאה, באופן הזה תהיה תרונת קולות-החבור הנולדים מהתחברות שני קולות שספפר הרעדוניהם הוא א ב בהכנית הזאת:

קולות החיבור

הראשון ב — א

השני 2 א — ב

השלישי 2 ב — 2 א

הרביעי 3 א — 2 ב וכן הלאה.

קולות הראשונים

א עם ב

ב — א עם א

2 א — ב עם ב

2 א — ב עם ב — א וכן הלאה.

בין ארבעה קולות החבור האלה היה ראוי לפי החשבון שיתלכו עוד שני קולות-החבור, הוא: מהתחברות קול השני ב (משני קולות הראשונים) עם קול-החבור הראשון ב — א היה נולד קול-חבורי א, ומהתחברות הקול הראשון א (משני קולות הראשונים) עם קול-החבורי השני 2 א — ב היה נולד קול החבור ב — א, אבל כאשר ששני קולות כאלה נמצאים כבר בהחרוזה והמה קול הראשון (משני קולות הראשונים) א, וקול החבור הראשון ב — א, לכן יתאחרו עם הקולות האלה ולא יורגשו לברם. אמנם הנסיון הורנו כי לא כל קולות-החבור ישמעו לנו במדרגה אחת, ולפעמים לא נשמע ברור כי אם אחד או שנים מהם, והוא: במרבית ההערכות השונות אשר למרבית הקולות תלדנה הרגשות מסוכסכות אשר לא תורגשנה בהרגשות ברורות בתור קול קצוב ונערך, כן התבונן החכם האללשטראם כאשר השמיע את שני הקולות $e^2 : c^2$ כאשר אשר במספרי הרעדוניהם יתערכו זה לזה כערכי המספרים 8 אל 9 ואשר לפי החשבון היה ראוי שישמעו חמשה קולות-החיבור האלה, והמה: א $9 - 8 = 1 = G$, ב $8 - 1 = 7$ והוא הקול הגדול מעט מן a^1 והקטן מעט מן b^1 ג $9 - 7 = 2 = c$, ד $7 - 1 = 6 = g^1$ ה $7 - 2 = 5 = e^1$, ומכל חמשה הקולות האלה לא נשמע ברור כי אם הקול האחרון e^1 , וכאשר השמיע האללשטראם שני קולות שיתערכו זה לזה במספרים אחרים או שמע לפעמים רק את הקול הראשון ולפעמים רק את הראשון והשני ולפעמים השלישי לבר, או הרביעי לבר, או השני והשלישי או השלישי והרביעי או הרביעי והחמישי יחד, חכמת השמע כפי מדרגתה אשר עלתה עד היום הזה לא תוכל לבאר עוד החזיונות הנפלאים האלה בחוקים קצובים, אמנם תקותנו חזקה כי לימים יוצרו תבארגנה גם הפלאות האלה עד קצן כאשר נתגלו סבות השתנות איכות הקולות הנקוב בשם צבע-הקול § 558 על ידי החכם העללעמחאלץ.

571. §. נקחלות הקולות. התחברות שלשה או יותר משלשה קולות כאחר

אשר יתערכו מפאת (ערכי התרחקותם הפשוטים) למערכה נעימה (מכוננחמש חמיוחסיים) תקרא בפי חכמי הניגון בשם מוקהלה (מקקקדי Accord), ואם יתחברו קולות כאלה יחד אשר מערכתם היא בלתי נעימה לאוזן-השומעת יקראו בחבורם בשם קולות מרוחקים (דיווקניכנדש סקקס)

כלי שיר משוה הקול

המקהלות היותר נעימות הנה המקלה-השלישיה-הקשה (דו דייקאנג) והמקהלה-
השלישיה-הרכה (טו דייקאנג) אשר יושלמו על ידי התאחדות האקטאווע של הקול
היסודי עמהם, המקלה הקשה מחוברה מארבעה הקולות האלה:

מאניצא מעדיאנטע דאמיניצאנטע אקטאווע
קול-היסודי שלישיית-הגדולה חמישית שמינית
שלישיית-הקטנה רביעית

ששית-הקטנה

מספרי יחוס למקהלה הזאת הוא 4 : 5 : 6 : 8, המקלה הרכה מחוברה מארבעה הקולות האלה:

קול-היסודי שלישיית-הקטנה חמישית שמינית.

שלישיית-הגדולה רביעית

ששית-הגדולה

מספר היחוסים להמקהלה הזאת הוא 10 : 12 : 15 : 20

ר ה י ט מ י ש ע
א'ינשטרומענט'
אונד שווינגענדע
מעמבראנען אונד
שטאבע



מקהלת מנגנים

Rhythmische
Instrumente

פרק עשרים
ותשעה

כלי שיר משוה
הקול ומהרעדות
עורות מתוחים
והמומות

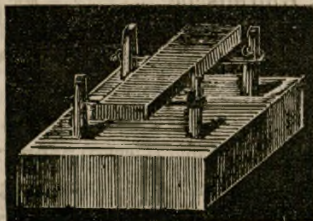
§ 572. כלי שיר משוה הקול. כאשר ישרו בעיני העמים הקדמונים מליצות מהרוזים
קצרים ושיווי המרה, כן נעמו גם לאזניהם אך מנגינות בשיווי המרה (ההישווע גמקנגס), ועל כן
הכינו להם גם כלי שיר נותני קול המולה לפרקים ירועים שיוור להם זמני דפיקת כף
רגליהם (טקט) בעת המחול, והוא: יען שהעמים בהחילם לצעור על המדרגה הראשונה
מההשכלה ידמו להילדים שיטעמו להם רק כל הדברים המעוררים רגשות נעימות לרגעים
ויקוצו בכל הדברים אשר רק אחרי שום לב עליהם תורגש נעימותם, ובאשר שהכמות
הוא אחד מהמושגים שמבלי כל התבוננות יוכל האדם לדמותו ולהבדילו ובכלל להעריכו
(בדברים שוי התואר) למול כמותים אחרים אבל להערכת האיכות יגיע האדם רק אחרי שום
לב והוכחות רבות להשיג השגה נאמנה מאתו, לכן גם בהרגשות קולות הזמרה נעמו
להעמים לראשונה רק הקולות השווים בכמותם, ר"ל במדת זמנם ורומם ולא ידעו עוד

להתענג מנעימות הקולות המתאחדים למערכה נגונית. ולכן המציאו להם גם כלים מכלים שונים מולידי קולות השוים זה לזה בחזקתם ובירומם, את הכלים האלה נכנת בשם כלי-משוה-הקול (כחישויס מניסכרוואנסקס) והמה כל כלי התופים והמחולות (פויקטנווסקט חונד סקטוואנסקט), ובטרם שנבאר מעט מכלי השיר האלה נקדים לבאר חוקי הרעדות העורות המתוחים והרעדות המוטות כמו שיתבאר בהסימנים הבאים.

§. 573. הרעדות עורות המתוחים. גם נסיונות מהרעדות עורות מתוחים לא יחסרו לנו, כי כל התופים הקטנים עם הגדולים יתנו את קולם רק על ידי הרעדות העורות המתוחים עליהם, העורות האלה יתחזקו ויחלשו בקולם על ידי שרויבען או חבלים שימעיטו או יוסיפו את מדרגת מתיחתם, קולם יתרומם אם יתחלקו על ידי קוי אנודות לחלקים רועדים לבדם (מיוקטט סחיוס), קוי האנודות האלה המה עגולים המקיפים את המרכז וזה את זה, ובכלל קרובים המה יותר להמרכז מאשר למקיף העור המתוח, מסבת התחלקות עורות התופים לחלקים רועדים לבדם יולדו קולות החיבור שונים אשר לפעמים לא יתערכו למערכה נעימה, ולכן יולידו על הרוב רק קול המולה ולא קול נערך קצוב (100), התחלקות העורות המתוחים לחלקים רועדים לבדם נוכל לראות בחוש אם נפזר חול דק על עורות התופים בעת אשר נכה עליהם להשמיע קולם.

§. 574. משפמי הרעדות המוטות והפצלות (סקטב חונד סטרייטס). בהמובן מוטות משפמי-קול נבין פה גופים מוצקים וספונים שארכם יגדל בערך-גדול לעומת רחבם ועבים, ואשר בכל זאת יהיה עבים ורחבם בשיעור-גדול כזה שיוכלו להעדר ולהשמיע קול מבלי כל כח שימתח אותם. מספר ההרעדות מהמוטות יתיחס לערך אופני קביעתם (דיח מטט חונד ווייוס מיהטכט סטפסטיגנג), והוא: המטה ירעד על פני כל ארכו מבלי כל קוי אנודות כאשר יהיה קבוע אך בקצהו האחד וקצהו השני יהיה חפשי כמו שיוורנו המטה האחוז בין שפתי הצבת (לנגט) צורה 420 עד 304, ובאופן הזה ירעד כל אחד משני מולג הקול צורה 533 עד 364, אם נשים את המטה מעל לשני חבלים מתוחים כמו שתורנו הצורה 540 ונכה עליו בפמיש של עץ, אז יתחלק המטה לחלקים רועדים לבדם § 506 כמו שתורנו הצורה 540 ואת קוי נקודות האנודות נוכל לראות בחוש אם נפזר חול דק על המטה המוכה, ועל היסוד הזה נוסדו צלצלי הזכוכית (גלמו זינבסל קדס גלמו הלכטניקס) המורכב מפצלות זכוכית שונות בארכם ועבים כמו שיתבאר בסימן 580.

צורה 540



§. 575. משפמי הרעדות המוטות. בהמוטות

שנתבאר לנו בהסימן העבר על ידי הצורה 540 תערכו מספרי (הרעדות: ה) בערך מהופך למרובעי ארכם. (ז) בערך ישר לעבים. (נ) בערך ישר לשורש-מרובע מדהספוגיות (עלאסמיצימאט מאדול) של חומר המוטות

577. §. הרעדות המוטות בארכם. הקולות שישמעו לנו על ידי הרעדות המיתרים

צורה 547.



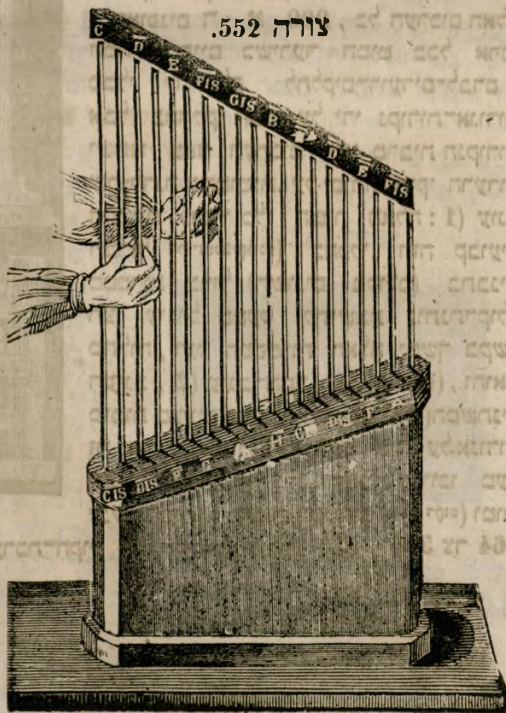
צורה 548.

צורה 549.

צורה 550

צורה 551.

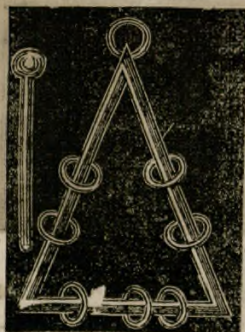
צורה 552.



והאותיות אשר למעלה ולמטה מהקנים תורנו את הקולות שיוכלו הקנים להשמיע, שתי הירות המצוירות בהצורה 552 תורנו את אופן שפשוף הקנים בעת אשר ינגן עליהם המנגן, המנגנים אשר הרגילו את נפשם לנגן בהכלי שיר הזה יוכלו להשמיע נגונים שלמים אשר קול מנגינתם ינעם מעט לאוזן שומעם.

§. 578. התופים והמחולות. התופים מבול-העץ שהכושני (נעגס) יכה עליו במקלות עץ עד התוף והמצלתים (קמסמאגנסס) והשלישים (מכילאנגס) וצלצלי-שמע' שישתמשו בהם גם המנגנים באיראפע, כולם בשם תופים יקראו תבניתם היא משונה למד מאד עד כי לצייר על כולם יצרך לנו ספר מיוחד, אמנם בכלל נוכל לאמר: שבכל מרביתם לא יכלו כל בעלי השיר לשנות בהם לטובה מה בתבניתם שנתן להם בימי קדם, ונהפוך הוא: רבים מחכמי הנגון ירבו שהתופים בימי קדם היו יותר כלולים במלאכתם מאשר הם כהיום הזה. כל כלי מלאכת התופים למיניהם יעמדו כעת במדרגה התחתונה בערך לכלי המזמרות הנותרים (מספודים מוכסמאגנסס) יען שהתופים לברם מבלי כלי זמר אחרים לא יוכלו להוליד כל הרגשה נעימה באזני השומעים, אמנם באשר כי בכל שיר נעים נצרך לנו שלשה דברים: א) הערכה ידועה בקולות הזמרה שישמיעו יחד (הסכאגיס), ב) סדר נאות מהקולות בבחינת המוקדם והמאוחר (מספודים), ג) מדה נכונה להתמרת אישי הקולות (כחיסאוס), לכן לא נוכל להחרים את כל התופים מקרב ערת כל יתר כלי השיר, יען שגם המה יתנו את חלקם בנעימות הניגון בהתחברם עם יתר כלי השיר. מלבד התוף (סוקס) והמחול (קמסמאגנסס) צורה 553 והמענעים צורה 554 והמצלתים (קמסמאגנסס) צורה 556.

צורה 556



צורה 554



צורה 555



צורה 553

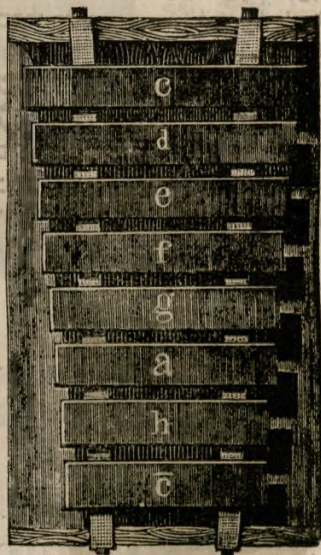


צורה 555 והשלישים (מכילאנגס) צורה 556 יקצאו עוד המון כלים מכלים שונים שכולם למלאכת התופים יחשבו, הקולות שיווליד כל אחד מהכלים האלה והרומה להם המה בלתי נערכים, ולכן לא נוכל לקצוב בדיוק את מדרגת רומם, ולכן לא נוכל לבנות את קולם אשר

ישמיעו בשם קול־נערך (סוף) רק בשם המולה (גמ'ים) וזה יתאמת לפי הגדרים שנדרנו § 462 .

§. 579. הפעמונים . גם הפעמונים (גוקקקין) יתיחסו למשפחת כלי-שיר-משה-הקול, ולכן לא נעלים המה בערכם אל כלי הפזמרות מותר כלי ההכאה (סלחגס ח'ינסטרוכנסט) בעלי שמחים רחבים, איכות הקול ישתנה בהפעמונים מאד לפי ערכי הרכבות המתכות שהותכו מהם. הקול היסודי יתערך בהם : א) לאלכסון חלליהם , ב) לעובי דפנותיהם , ג) לכח ספוגיותם , ד) לכמות משקלם הפשוט והמיוחד . להקול היסודי יתלכדו קולות-עליונים רבים ולפעמים יולירו בחיבורם עם הקול היסודי קולות מוזרים מאד , והוא : אם קולות החבור (קאמבוינסליקס סקס) הנולדים מדפיקות הקול עיין § 578 בהתחברם להקול היסודי לא יתאחדו למערכה נעימה (וינד דיוקניכסד). על ידי סידור פעמונים רבים ושונים בקול-היסודי נוכל להוציא שיר נערך למענהו, מנגנים רבים הצליחו לנגן בפעמונים גם את השירים היותר מורכבים וקולות מנגינותיהם התאחדו באזני השומעים לניגון שלם בלתי נפסק .

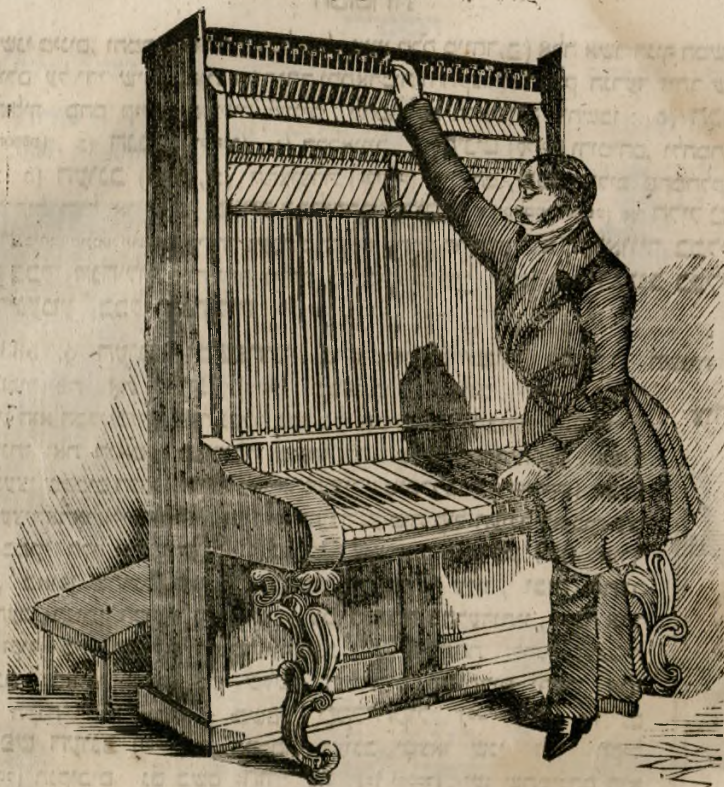
צורה 557.



§. 580. צלצלי התבן . הכלים היותר כלולים במנגינתם מהמערכה הזאת המה צלצלי התבן (סטקס) (ג'יבס), הכלי הזה הוא מורכב מקנה עצי שמים שונים בארכם המחוברים איש לאחיו בחושים , הקנים האלה ישענו על אנדרות קש יבש (סטקס בינדס), ואם כי נפלאות היא בעינינו ובעיני כל רואי המלאכה הנעלה להוציא יקר מוולל נגונים שלמים מהכלי הפשוט הזה *) על ידי ההכאות הרצופות הנמהרות והנערכות בסדר נכון, בכל זאת לא נוכל לפזר גם להם מלא חפנים תהלה, יען שהקולות באיכותם המה בלתי נקיים ככל קולות ילירי יתר כלי ההכאה, לשיר הכלי הזה יכנו תושבי בעהעמען בשם שחוק העצי (הקלזכרעס=גוקלכטער) גם בקני מתכות ובקני זכוכית, גם בלוחות-זכוכית שונים בעבים וארכם ינגנו מנגני השקקים (ומרקס=קיסטוס), אולם בנועם שיריהם לא יוסיפו על נעימות שחוק העצי, הצורה 557 תורנו

את צלצלי הזכוכית (ג'ומו ז'יובס).

*) וכן השכילו גם מנגני השקקים לסדר ללוחות רכות זו בצד זו ולמלאות מים בכל אחת מהנה כנוכה משונה, באופן אשר אורך המקוס הריק שלמעלה מהמים יתערך צעדך נכון לאורך גלי הקול שילדו מהרעדות דוסי הלוחות והאוויר הנסגר מעל המים, עיין בסיומן 530 ותבין שנקל למצוא על ידי החשבון או גם על ידי הסיון אח גובה המקוס הריק מכל ללוחות צעדך להקול שתשמיע, והנה דעת לנכון נקל כי בשמונה ללוחות יתקן לו המנגן כלי שיר שיוכל לנגן עליו על השמיעות השלימה (נקלם קסמאוס).



פרק שלשים

כלי שיר בעלי המיתרים (וייטענאיסטרומענטע Saiten Instrumenter).

§. 581. המזמרות (ריח ופוקדיטען מינסטרומענטע). כלי המזמרות הן המה הכלים שהסגנון יוכל לנגן בהם כרצונו נגונים שלמים ונערכים, ובבחינה הזאת נוכל לחשוב גם את הפעמון ואת צלצלי-התבן § 580 להכלים היותר פשוטים מהם, אמנם באשר שבהפעמון ישתמשו המנגנים להולדת הניגון רק בעתים רחוקות, וגם בצלצלי התבן לא ישתמשו כי אם המנגנים-יבשנקים (אסכקס טייפוסער), לכן הצגנו גם את שניהם בסוף הפרק הקודם על המפתח העובר ממערכת כלי משהיה הקול אל המזמרות להורות כי ממלאכת התופים המה נכבדים (באשר שיכולים לנגן בהם ניגונים שלמים) ואל כלי-המזמרות המזכים עוד לא באו.

§. 582. התחלקות כלי-המזמרות (מינסטרומענטע דעך ופוקדיטען מינסטרומענטע). כלי המזמרות

יתלקו לשני מינים, והמה: א) אלה שלכל קול ימצא חלק מיוחד, ב) אלה אשר הנוף המשמיע קול הוא אחד אולם על ידי שינוי כחות המתיחה והתארכות והתקצרות החלק הנרעד ויתר שינויים רבים וכל להוליד בהם קולות מקולות שונים, להמחלקה הראשונה יחשבו: ה) הכנור הפשוט (גפויינס המרפס), ה) הנבל (גיסהפס), ג) הקלאוויר, ד) מינים (סרגו) ודומיהם, ולהמחלקה השניה יחשבו: ה) העוגב (גייגט), ז) החצוצרה (פסווייט) ודומיהם, בכל הכלים מהמחלקה הראשונה היה לכל קול וקול או מיתר מיוחד בכלי-המיתרים (וייטסמיויטסכרוויטסס) או חליל מיוחד בכלי הנחילות (בארוס מינסכרוויטסס), היותר נעלה בהכלים מהמין הראשון הוא הקלאוויר בכלי המיתרים והמנים בכלי הנחילות, והיותר נעלה בהכלים מהמין השני הוא העוגב בכלי המיתרים והקלארינעטע בכלי הנחילות.

§. 583. העוגב ומשפחתו. מהמזמרות הנחשבות למחלקה השנית שבהסימן

צורה 558.

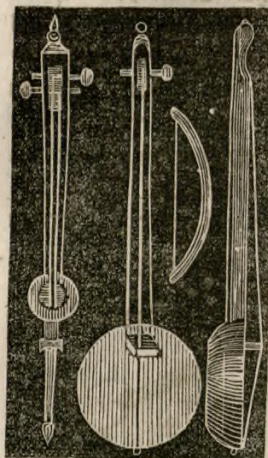


העבר נזכיר פה את העוגב (גייגט) ומשפחתו, העוגב (גייגט) וביחוד הפיאלינע הוא הכלי שיר היותר נעלה בכל כלי המיתרים, הצורה 558 תורנו את תמונתו ואת הנאטע המורגלה שינתן לו, מכסה המקורה של העוגב תעשה מעצי שקמים הלזוי (המסופיט) או מעצי-שטים-לבנה (ווייסטלנכן) וארוננו (למרגט) מעצי-אהארן (הקסכט-הקלן), וביחוד יתערך נעימות קול העוגב לאיכות עצי מכסיהו בתוך חלל ארון-העוגב ירובק קנה עצי-שטים בדבק (וייט) לאורך המכסה, באופן שהרגל השמאלי מהמשענת תדרוך עליו, ובוה יתחבר המיתר העב (הנותן הקול היותר נמוך) עם המכסה בהרעדותיו, וקנה אחד העומד זקוף בין תושבת ומכסה העוגב יוצג מתחת לרגל הימנית מהמשענת, באופן אשר כל שלשת המיתרים הנותרים ירעדו אתו יחד, הקנה הזה יקרא בשם מקל-הקול (סטייוויטססק) או גם בשם נפש העוגב (נפסול), במכסה העוגב ימצאו שני חורי הקול (פמול-הקסכט) הנקובים גם בשם חורי-עף (טף וספס), יען שתמונתם היא

כמין f רומית, גם כמות תואר ומקום החורים ישנו את קול העוגב לרעה או לטובה, מעל למשענת העגולה מלמעלה כקשת יתהיו ארבעה מיתרים הקשורים איש איש בקצם האחד אל לוח קטן, ובקצם השני המה כרוכים איש איש מסביב לחוליא מיוחדת (בעקסדרינסט ווייטס) התקועה בנצב (גייג) העוגב הנקוב גם בשם צנאר העוגב, המיתרים יתנו בהיותם חפשי איש איש קול קצוב נערך, ברוב מיני העוגב יהיו קולות מותריהם כמות המתיחה (פסמנונג) הוא בער $e^2 = 17^{15}/19$; ובער $a^1 = 13^{3/4}$; ובער $d^1 = 12^{5/4}$; ובער $g = 12^{1/2}$ ליטרות, ובמשקלם הפשוט יתערכו המיתרים e^2 , a^1 , d^1 , g כערכי המספרים: $13^{36}/100$; $16^{96}/100$; $20^{74}/100$; $25^{42}/100$, אמנם גם באופנים רבים ושונים יערכו את קולות מיתרי העוגב, המנגן הנעלה בארבעללא ערך אותו בסדר הזה $a . d . fis . cis$ והמנגן לאלי $e^1 . d . a$, ובאנאניי המהולל ערך את עוגבו בסדר $a . s . e . s . b . f$, ועוד רבים וולתם שנו את מערכת קולות המיתרים,

אמנם קולות היסודיים האלה אשר לכל אחד מארבעת מיתרי העוגב יוכל להתרוסס

בהתקצר החלקים הנרעדים
בהמה על ידי נגיעת אצבע
צורה 559.
המנגן בהמיתרים.
560. 561. 562.



§. 584. פיאֶלֶאנְצֶלֶלֶא.

הצודה 559 תורנו
כלי שיר אחד ממשפחת
העוגב והוא הידוע בשם
פֶּאֶלֶאנְצֶלֶלֶא, גם לו יש
ארבעה מיתרים וערכו
קולותיהם המה $C = 64$,
 $G = 100$, 95° , $d = 215$,
 $a = 143$, 100
וגופה גדול הרבה מגוף
הפֶּאֶלֶינֶע המורגלה.

§. 585. כלים

הדומים להפֶּאֶלֶינֶע. בלעדי
הפֶּאֶלֶאנְצֶלֶלֶא

צורה 569.

ימצאו עור המון כלי זמר אשר
כולם למשפחת העוגב
יחשבו, ואף כי שונים ומשונים
המה זה מזה בתבניתם ובתאדם
ובמספר המיתרים, ככל זאת



באופן פעולת המנגן בהמה ישו כולם זה לזה, והוא: הקול ינלד
בהם על ידי חכוך קשת בהמיתרים המתוחים על גוף העוגב,
והשתנות הקולות בכמותם ואיכותם תנלד בהמה על ידי נגיעת



צורה 563.

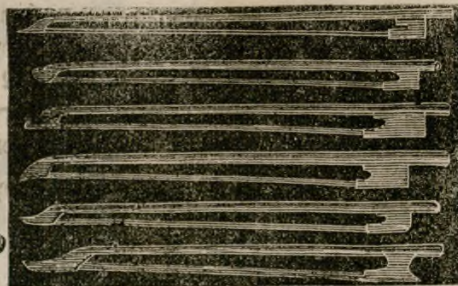
צורה 564.

צורה 565.

צורה 566.

צורה 567.

צורה 568.



אצבעות המנגן בהמיתרים, הצורות 560 561 תורנו את העוגב הערבי (מחברים גיגס) בעלת מיתר אחד, והצורה 562 תורנו את תמונת העוגב הערבי בעלת שני מיתרים, ששה הצורות מן צורה 563 עד 568 תורנו ששת תמונות מקשות העוגב, התבנית הנחסרה אשר להעוגב צורה 558 צד 378 עולה על כולם, בימינו אלה ישתמשו בהפִּיאֵלינען לנגן נגונים שלמים והפִּיאֵלאנצעללא גם הבאָסס Bass יתערכו עמם אך למקהלה מתלוות (מחברים גיגס) בעגויסונג), העוגב הגדול או הבאָסס הוא הכלי שיר היותר גדול שבכל מיני העוגב. חכמי המוזיקא שברורנו יגעו ועמלו לעשות כלי שיר ממשפחת העוגב מחומרים מתכותיים, גם נסו לשנות את תבנית הפִּיאֵלינע לתמונות כדוריות עליפויות וכדומה, או למתוח עליה מיתרים מתכותיים, ואם אמר כי המציאו בדרך הזה כלים מכלים שונים ויגדילו את מספר כלי המזמרות, בכל זאת לא הצליחו בזה להעלות את הפִּיאֵלינע עצמה, למדרגה יותר גבוהה, כי כל הכלים החדשים האלה ישתנו תכלית שנוי מהפִּיאֵלינע ונפלים המה הרבה בתועלתם ובנעימות קולם מהפִּיאֵלינע הירועה, הצורה 569 תורנו את העוגב ואת מנגנו לפני שמונה או שבע מאות שנה.

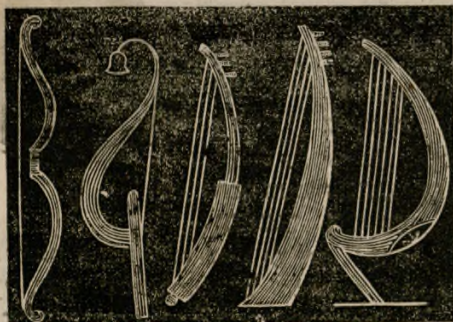
§. 586. הכנור. הכנור (יום המכסס) Harfe הוא הכלי שיר היותר פשוט (מיינסטכסטס)

שבכל כלי המיתרים, כל קול וקול יש לו בהכלי הזה מיתר מיוחד שלא ישתנה לא בארכו ולא בכח המתחתו על

צורה 570.

ידי המנגן
ב ע ת
א ש ר
ינגן בו,
ה ק ו ל
י ו ל ד
בהכנור
על ידי
א ש ר
י פ ר ו ט
ה מ נ ג נ
באצבעו
על פני

צורות 571. 572. 573. 574. 575.



המיתרים הבלתי שווים בארכם, תושבת הכנור היא חלולה ונותנת קול מתלחה, הכנור הוא אחד מכלי השיר היותר עתיקים, אולם גם הוא לא יצא בתכלית השלמות בשנים קדמוניות, הצורות 571. 572. 573. 574. 575. תורנו את תבנית הכלי הזה בימים הקדמונים, הצורה 570 תורנו כהן מצרי המנגן בכנור והוא העתקה נאמנה מהציורים העתיקים אשר להמצריים הקדמונים.

§. 587. כנור המצעדי (מפרסון חקיסט). בשנת 1822 המציא האֶכְבְּרוֹקְקֶר הכנה

למחזה על ידי רריכת הרגל על דף-המצעד (סיניסנגס) את מיתרי הכנור עד שיתרוממו בקולם איש איש בשני חצאי מאנען בזה אחר זה רצופים, ובוה נשתלם מאד כלי השיר הנפלא הזה עד שנוכל לחשוב כעת את הכנור הזה לאחד מכלי השיר היותר נעלים ומחירי כנור המצעד הוא יקר למאד, בעד המובים שבהם ישלמו גם 1500 ר"כ, הצורה 576 תורנו את תבניתו.



§. 588. כנור דוד או כנור הרוח (Aeols' Harfe).

והוא כנור בעל ששה עד שנים עשר מיתרים המתערכים בקולם זה לזה בערך נאות, המיתרים יפתחו זה בצד זה על תושבת מתלזה בקולו וכשהרוח בא ומנשב עליהם ינגנו המיתרים מאליהם וישמיעו לנו או את קולם-היסודי או גם קולות-עליונים (קבססנגס), כי בהיות הרוח חזק או יתחלקו המיתרים לחלקים רועדים לבדם (הויקווסס סחייס), גם הכנור הזה הוא המצאת בני קדם, בהארצות אשר נמיות הרוחות (כיסמונג דמס ווינדס) הנה מסודרות בהנה לפי זמני היום, ר"ל במקום אשר בבוקר ינשב רוח קרים, ובערב רוח ים, בצהרים רוח תימן, ובחצי הלילה רוח צפון, אז אם יוצג הכנור הזה לנמיה ידועה נוכל לדעת על ידי הכנור הזה רגע התחלת אחת מתפופות היום, ובאופן הזה היה הכנור שהיה תלוי למעלה ממפתחו של דוד מלך ישראל (לפי עדות חז"ל), קול הכנור הזה הוא ערב מאד וידמה להשומע כאלו ישמע שיר מקהלת משוררים המזמרים מרחוק מאד.

§. 589. הנבל לכל מרבית מיניו.

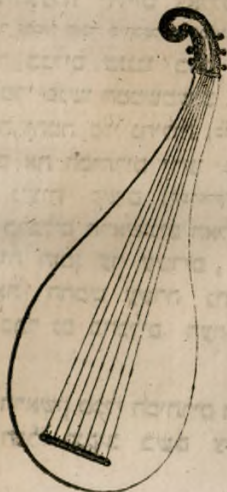
הגואיטארען והציטהערען המה כלי שיר בעלי מיתרים אשר המנגן יפרוט עליהם או באצבעותיו או במסמר של מתכת, תבנית כלי השיר

ה א ל ה היא משונה מאד בכל הארצות, שלשת הצורות 577, 578, 579, תבניות שונות מהם, בארצות איראפע ימערסו חסננגים בכלי השיר האלה, אולם לעומת זאת רבים מהם חסננגים בהם בארצות

צורה 579



צורה 578

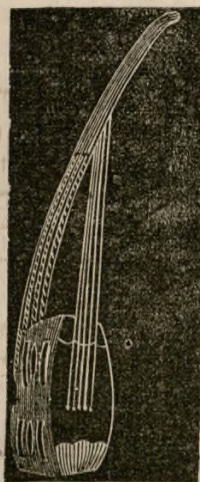


צורה 577



הודו פרס וערב, הצורה 580 תורנו אחד מהם אשר ינגנו בו אנשי הודו, למשפחת הגואיטאררע יחשבו גם כלי הנבל (Lauten); הראשונים היו בעלי חמשה מיתרים המשמיעים חמשת הקולות האלה d, f^1, a, e ואחר כן נתוספו עליהם עוד ארבעה מיתרים, שנים מן G ולמטה, ושנים מן f^1 ולמעלה, ר"ל fis^1 גם g^2 , ומן אז והלאה נתוספו עוד חמשה מיתרים עד שימצאו לויטען שמספר מיתריהם הוא ארבעה עשר.

צורה 580.



590. §. הקתרום והגואיטאררע. גם שני הכלים האלה

נוכל לחשוב למשפחת הנבל, הגואיטאררע תעשה כעת בעלת ששה מיתרים, והקולות שישמיעו המיתרים המה A, d, g, h, e^1 , E , תבנית הקתרום היא כתיבה משולשת (דכייט מקקייגס קיסטס) ומס ר מיתריו הוא משונה מאד מן שנים עד שלשים ואחד.

591. §. הממשמש (דויטשעס קלאוויר). בשם ממשמש נקרא

להכנה (פאקטוריאטור) הנמצא ברבים מכלי המיתרים (וייטנאמיסכרוואטעס) אשר ברחוק המנגן עליהם באצבעו ירעידו בקצם השני את המיתר, כמו הלוחות של שן אשר בהקלאווירען שהמנגן ידחק אותו למטה או גם ההכנות שברבים מכלי הנחילות כמו במרבית כליי-המערכות (המכאניקע) אשר על ידי דחיקת המנגן באצבעו עליהם יפתחו איזה נקב אשר דרכם יוכל זרם הרוח לעבור בתוך

החלילים או דרך סדקים אשר לשונות-דרועדות (וייטנאמיסכרוואטעס) תקצאנה בהמה.

592. §. קלאוויר (Klavier). ההכם הנעלה יוליוס צאללנער (J. Zöllner) מזכיר

בספרו בחות הטבע ושמוש (דויטשעס דשק נאטור מוזיקה פאקטוריאטור), את דעת חכמי תולדות השיר שהיהודים הקדמונים השתמשו כבר בכלים שנגנו בהם על ידי גופים ממשמשים (קלאווים, טאסטען Klavis Tasten) אשר מדי פגשו הממשמשים בכלי הנגון הרעידו אותם, לרעתו היו כלי השיר האלה משרוקיתא ומגרפת, והמה כלי נחילות (באזיס מיינסטרוואטעס) שנגנו בהם היהודים על ידי כלי המשמוש (קלאווים), וגם את המיתרים ידעו כבר היהודים להרעיד על ידי כלי משמוש אשר נתחבו בהם חלקי נוצות קשים (פאקטוריאטור = פאקטור). באיראפע לא נודעו הכלים האלה עד המאה האחת עשרה, בהכלים הראשונים האלה היה מספר הממשמשים (קלאווים) רק שמונה, ואחרי כן נתרבו ברבות הזמן עד עשרים, מחצית-הקולות is גם fis נתוספו במאה הארבע עשרה, ובמאה החמש עשרה נתוספו גם מחצית-הקולות gis ; dis , אולם מחצית הקול b היה כבר גם בהכלים העתיקים, הכלים האלה היו נקראים אז קלאוויכאָרד.

593. §. לוח המוכה (המקאבסט). הראשון מכלי המיתרים הנותנים את קולם על ידי

הכאת איזה גוף מקשי היה בלי ספק הכלי הנקוב בשם צימבאל או לוח המוכה

המה מוזיקה
העתיקה

(הסקבסט), כלי שתבניתו וסדרו מיתריו ידועה בארצנו לכל אס כי שכבר שכחו אותו יושבי איראפע המערבית אשר שם יתראה אך לעתים רחוקות ורק ביד המנגנים המחזירים על הפתחים, על ידי הכלים האלה נוכל להשמיע שלש שמיניות (קסטיון), ויש מהמנגנים אשר השתלמו מאד לנגן בכלי הזה.

594. §. פיאנאפארטע. מהצימבאל עד הפיאנאפארטע פשטו ולבשו כלי השיר האלה צורות רבות וספרנו זה קטן הוא מהכיל מעשה כולם, ועל כן נדלג עליהם ונבאר רק את הפיאנאפארטע (רפה וחזק), שמו זה יורה על הדרגת הקול בכלי שיר האלה אשר המשכיל בנגינתו כלי השיר האלה יוכל להשמיע לאזניו כשמונים וחמשה קולות רצופים ממטה למעלה מהקול C_1 עד הקול c^4 במשך 10 ועוקנדען וגם לדרת 85 מעלות אחורניות במשך עשר ועוקנדען מהקול c^4 עד הקול C_1 ורגשות און השומע סוערות בעלותן הרים וברדתן בקעות בין משברי גלי-הקול הסוערים מהכלי הנפלא הזה והמרעישים את כל קאוויר שבהחרים, ועל כן לא נתפלא לראות שהכלי הזה בכל יקרת מחירו נתפשט מאד מאד בכל חלקי תבל עד שכמעט אין בית עשיר שלא יתחשב הכלי הזה לה לאחר מההכרחיות ככל יתר כלי הבית, מטה, כסא ושולחן. בלאנדען לבד יעשו מדי שנה בשנה 23000 כלי שיר שמחירים יעלה כחמש עשרה מיליאן רובל, בוויין, בערלין, לייפציג, יעשו שבעה עד שמונה אלפים שנה שנה ובבעלניען 1300 מדי שנה, בשנה גם באמערקא יעשו עשירות אלפים בכל שנה ושנה.

595. §. מתבנית ובנין הפיאנאפארטע. ביחוס לתכונות הכלים האלה יחלקו לשוכבים וקופים, את הפיאנא הוקופה תורנו הצורה שלפני התחלת הפרק הזה, וביחוס לתוארם יחלקו לאלה שתוארם מרובעים-ארוכים ויקראו בשם פיאנא-השולחן (טאפאסולאט)

צורה 584.



צורה 584, ולאלה אשר צדם האחת היא רחבה מהשנית ויקראו בשם כנף (פליג), ברבר בנין התיבה שלהפיאנע אין לנו להתעכב כי הוא אינו מעלה ומוריד באיכות קולות השיר. ועל כן נתחיל מתבנית הכלי הזה פנימה והוא החלק הראשי אשר הוא הארון או המסגרת (סאמג קאס כאהטן) שעליו ימתחו המיתרים, המסגרת הזאת צריכה להיות חזקה מאד למען תוכל להתנגד בחזקתה (מבלי להכפף פנימה) לכח מתחת המיתרים הרבים (שמספרם יהיה בהקאנצערטפליגעל 225), ואשר אם נבקש חשבון נמצא כמות כח מתחתם הוא כעשרים אלף ליטורות, ולכן יכספו שני צדי המסגרת המנגנים (שהמיתרים מתוחים בהמה) להתקרב זה לזה איש איש בכח ששה סוסים, והנה אלו יכספו צדי המסגרת ויתקרבו איש לאחיו רק כמלא רוחב השערה ככר היה הקול מהמיתרים משתנה בכמותו, המסגרת תעשה מעצים יבשים מאד ועל הרוב לא תעשינה רפנותיה מבוילעץ אחד רק מנסרים דקים המרובקים איש לרעהו בדבק טוב (ויין), ולתכלית הזה יוקחו נסרים ממיני עץ שונים, קשים ורכים, ויורבקי חליפות, קשה ורך,

קשה ורך, המסגרת תתחזק עוד על ידי מטילי ברזל (מיומן ספייטל) ואך למותר תהיה לנו להגיד פה להקורא אשר ראה את דברינו בפרק עשרים ושלושה כי לבנין התושבת-המתלזה להכלי היקר הזה נצרך ידיעה רבה, והוא: התושבת תעשה מנסרי עץ דקים אשר חוטיהם ישתרעו בהם בתכונה ישרה, מלמטה תתחזק התושבת על ידי מוטות עץ המדובקים בה בתכונות שונות, ועל פני התושבת פנימה ידובק מוט עץ אחד גבנוני לעומת המטיל המשתרע לרוחב המסגרת, ואשר המיתרים יעברו על המוט הגבנוני הזה, ולכן ברעם ירעירו גם את התושבת, התושבת לא תשוה על פני כולה בעביה רק היא עבה לעומת המיתרים המשמיעים סולות הרמים ודקה לעומת המיתרים המשמיעים הקולות השפלים, באופן הזה תתחלף התושבת בעביה מן $2\frac{1}{8}$ עד $5\frac{1}{4}$ ליניע, כל אחד מהמיתרים הרבים שבהפיאנע יוכה על ידי פטיש מיוחד אשר יתנועע בעזרת המשמוש הדחוק על ידי שיטת-נושאים (המפאליסטים) מיוחד (362 §), אף אם שיתראה הפיאנע לעיני האיש המביט עליה להכנה פשוטה, בכל זאת מה ישתומם לשמוע כי בפיאנע גדולה ימצאו הרבה יותר משלשת אלפים חלקים בודדים אשר נעשו כולם אנודה אחת להוציא מערכה נגונית אחת, ואיש איש מהחלקים הבודדים האלה שחמרם הוא: נחשת קלל, ברזל עשות, נמטא (פיו), בנר צמר (סור), עור (לופי) קלף, ומכל מרבית מיני העצים: אלון, ברוש ותהרר, לבנה, לוז וערבה, שקמים, שישים, עצני תפוח ועצי אנסים (ביסנגבויק הקוף), גם מכל העצים אשר לא יגדלו בארצנו יוקחו למלאכת הכלי היקר הזה, כמו עצי הארז אשר בלבנון, עצי מאהאנאניע עצי בראזיליען ועערנאמבוק, כי איש איש ממרבית מיני העצים האלה יש לו סגולה מיוחדת (70 §) אשר לא תמצא במין אחר, זה קשה וזה רך, זה מתלכד וזה נכפף ודומיהם, והחכם בבנין כלי השיר האלה יורע את כל סגולות החמרים האלה וידע לפי זה לבחור לכל פעולה חומר הנאות לה. רגש נפלא יחזור את המתבונן לראות תבונת חכמי בוני כלי השיר האלה אשר יתחבטו לחבר גופים נפרדים ושונים ומשונים בסגולותיהם ולהכריחם לפעולה מסודרה אחת כפעולת הנגון, לפעולה אשר אם יחקר תנאי אחד מתנאי חכמת השמע בהבנין הזה תתחלף ההערכה הנעימה והיתה להמולה מדקרת אופן.

596. § צבע הקול אשר להפיאנע. כבר נתבאר לנו פרק עשרים ושבעה שאיכות הקול ישתנה לא לבד בשינוי החמרים הנרעד והמרעיד רק גם בהשתנות נקודות פגישת הכת המרעיד בהעצם הנרעד, ר"ס: אם נסתח מיתר מאורך שלש רגל על המאנכארד צורה 495 צד 343 ונכה עליו בעצם קשה במרחק $1\frac{1}{2}$ רגל משתי קצותיו או יחסיו מהחרוזה של הקולות-העליונים הקול: השני, הרביעי, הששי, והשמיני, שהיינו שומעים אותם עם הקול-היסודי אלו היה המיתר מוכה קרוב לקצהו האחד, ר"ל את הצלצל C לא יהיה נשמע לנו או כהרכבת הקולות C, e^1 , g^1 , e^2 , e^3 , g^2 , b^2 , e^3 רק היה נשמע לנו בהרכבה מהקולות C, g^1 , e^2 , b^2 , אבל אם נכה על המיתר במרחק רגל אחת מקצהו ואז יחסר מהרזות הקולות-העליונים רק הקול השלישי, הששי והתשיעי, והקול C ישמע לנו או מורכב מהקולות העליונים C, e^1 , e^2 , e^3 , b^2 , e^3 , ובאשר שהקולות העליונים שלמעלה מהשמיני המה קולות שלא יתערכו בהמקהלה הקשה (דינקקאדי) 571 § עם C, לכן לא די שלא נפסיד על ידי העלמת הקולות האלה אך

גם נרויה במדרגת צלילת הקול (כִּינְחִיט דַּסֵּס סְטִיווּס), ולכן ישמע לנו כאשר נרעיד את המיתר בתוך קול בלתי צלול כקול איש היוצא דרך נחיריו (נְסוּסְטִיד), והקול שישמיע לנו המיתר אם נרעידהו בשליש מרחקו יהיה צלול מאד, ומעתה דעת לנבון נקל שלכל קול וקול נצרך למצוא בנסיון ובחשבון את המקום היותר נאות ששמה יגיע הפטיש המתנועע על ידי רחיקת אצבע המנגן על המשמוש (סֶסְסֶס), ולכן בלי ספק היו הכלים האלה עולים בשלמותם מיום ליום אם היו בונים אנשי מביני מדע בחכמת השמע לפי המדרגה שהעלה אותה החכם העללעמהאֵלץ בימינו אלה.

פרק

שלשים ואחד

כלי הנחילות וכלי
המערכות וכלי שיר
המנגנים על ידי
הכנות מעכאניות

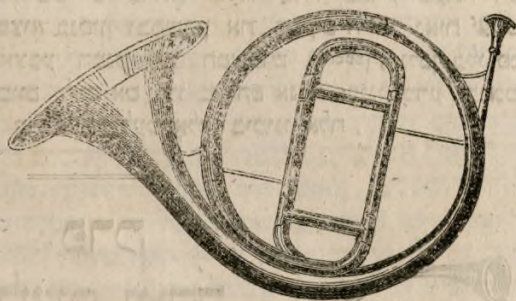
(בלאזע-אינשטר ומענטסע,
הארמאָניקא, מזויק-שפיעל-
ווערקע)



§. 597. תקוני החלילים. מעת אשר החלה חכמת הנגון הנערך (האֶקֶסֶטֶטוּוִיק) לעלות במעלותיה לפני לא אמרה חון בהסולם הכפול § 543 ולכן התחכמו חכמי המוזיקא מני אז ועד עתה לשנות את תבנית כלי הנחילות מעת אל עת, והוא: לראשונה המציאו תחבולה להאריך או לקצר את אורך החלילים על ידי הרכבות או הסרות חלקי שפופרת (קֶהֶקְטֶהִיוּוִיפּ) להכלים הידועים, ד"מ: אם חפצו להחליף את הקרן שהקול היסודי שלו (גִּבְדִּי 100) הוא G בקרן שישמיע את הקול היסודי E S, הרכיבו עליו קשתות עקומות מתחת לשפופרת הפה (מוֹנְטֶסֶכֶר דַּסֵּס ווִוִיטֶסִיק) ובזה האריכו אותו, ולפי § 543 נקל היה למצוא חשבון לאורך הקשתות האלה וכן להפך אם רצו להחליף הקרן שישמיע את הקול היסודי E S בקרן המשמיע את הקול G, או הסירו שפופרת מהקרן, ועל ידי זה נתקצר הקרן בשיעור הראוי, ועל ידי על יד התחכמו להרכיב את כלי התקיעה משפופרות תחובות זו בזו ומתנועעות הנה והנה (סִיטֶכֶקְהֶסֶס) ועל ידי העתקתם למעלה או למטה האריכו או קצרו את החלילים

ככל הנצרך להם להרים או להוריד הקול על ידם בשיעור טאָן שלם או מחצית הטאָן ,
לראשונה חברו השפופרת המתנועעת
רק אל החצוצרה ואחרי כן נסו
לחברן גם להקרן-היערי (וולד-הקן)
צורה 582 ומוזה יצא הקרן שהמציאו
העמפּעל בדרעזדען 1754 הנקוב
בשם (ליכטנשטיין'ס הקרן) , כששים
שנה השתמשו חכמי המוזיקא בהקרן
הזה עד שהמציאו חכמי הנגן לחבר
בשנת 1815 להקרן עוד שפופרות
קבועות אשר יוכלו להסתם ולהפתח
בידי המנגן על ידי שתי דלתות
מתנועעות (בסוּפּוּלִיט ווֶסֶטְוִילֵס) , ואחרי

צורה 582.



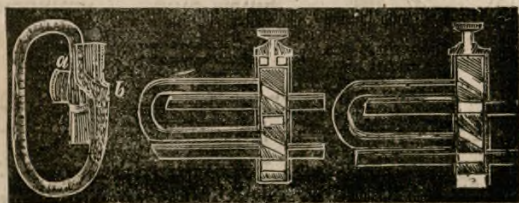
כן השכיל החכם מיללער במאנענצא (Mainz) לחבר בשנת 1830 עוד דלת שלישית, ובוה
נשלם מלאכת הקרן בעל הדלתות (ווסטויל' הקרן) , הדלתות היו נפתחות ונסגרות בו על
ידי ברזות מנוקבות בשני מקומות (דקספּסּט דורכבאָהנטס הקהנט) אשר מדי תסוב הברזא על
צירה תפתח את השפופרת האחת ותסגור את השניה, אולם אחרי כן בשנת 1833
השכיל החכם אדאלף זאקש בבריסעל (כעת בפאריז) לעשות במקום הברזות שפופרות
זקופות או צילינדער בעלי נקב אחד ואשר על ידי דחיקת אצבעות המנגן עליו יעלה ויורד
הצילינדער ויתיצב בפתחי הפתוחה למול פתחי השפופרות השונות אשר הקרן הורכב מהנה ,

הצורה 582 תורנו תמונת
הקרן היערי אשר להחכם
זאקש , ולמען יבין הקורא
את פעולת השפופרות
האלה תורנו הצורות 583 ,
584 , 585 את בריתת
הצילינדער הזקוף בתכונתו
שתהיה לו בעת אשר יסתם
ויפתח את השפופרות
הצדדיות (נסבמנקהנט)

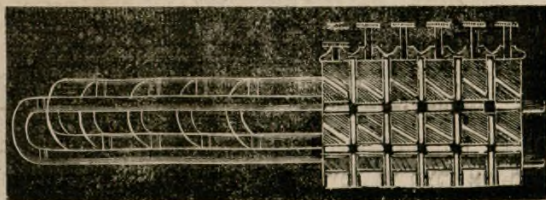
צורה 585.

צורה 584.

צורה 583.



צורה 586.

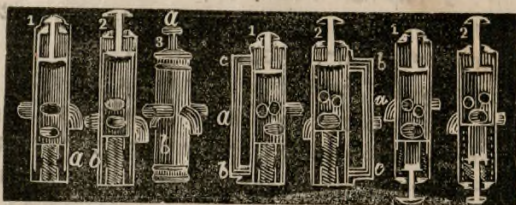


ויפריס או יחברם עם
השפופרת העקרית (הוּסֶטְוִילֵס)
והצורה 586 תורנו את
מעשה שישה שפופרות
כאלה והתכונות השונות
אשר להשפופרות הסותמות
הצורות האלה תורנו די באר מבלי אומר ודברים את אופן התקצרות והתארכות

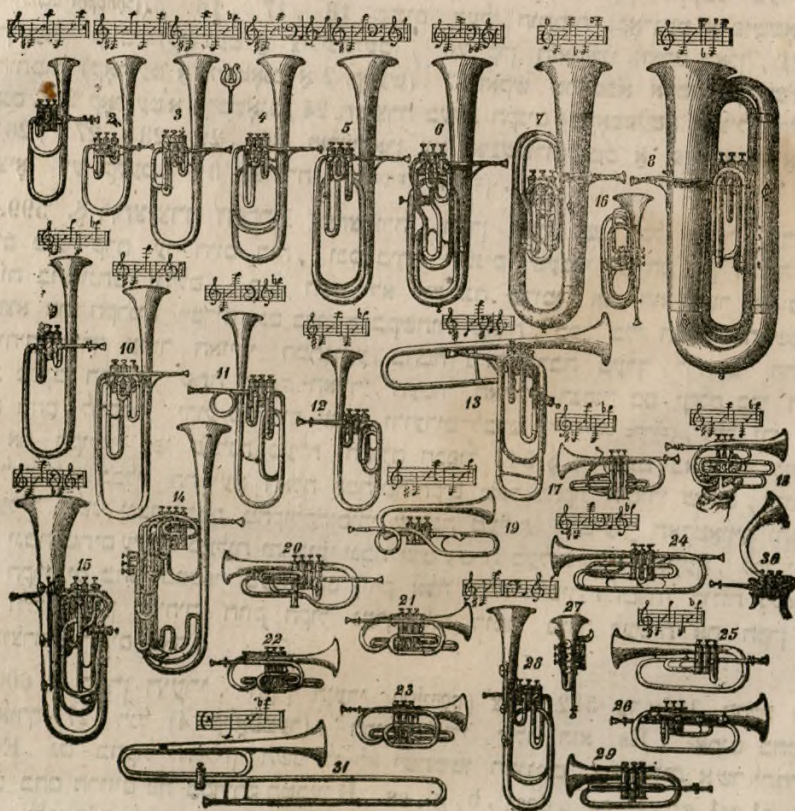
כלי השיר על ידם, אולם חשבון עליית וירידת צורות 593. 592. 591. 590. 589. 588. 587.

אורך שביל הקול יבין כל משכיל מדעתו לחשוב כאשר יחזור בשום לב על הדברים שנתבארו לנו § 543, שבע הצורות מן 587 עד 593 תורנו שבע תמונות שונות משופרת-המתיכה כשהיא נראית מכל עבריה ובערך מצבה לקני כלי התקיעה שהיא קבועה בה.

כלי השיר על ידם, אולם חשבון עליית וירידת צורות 593. 592. 591. 590. 589. 588. 587.



צורה 594.



§ 598. תבניות שונות מכלי התקיעה. הצורה 594 תורנו את תבנית שלשים ואחד

כלי-תקיעה-רמתכותיים (אסטובלואוס מינסטרוומנטס) אשר להחכם אדאלף זאקש כפי אשר הוצנו לנס עמים בלאנדען בבית אסיפת חרושת המעשה (לאנדענער אינדוסטריאויששטעללונג) בשנת 1862 להראות את טובם ויפים לכל מביני מדע בחכמת המוזיקא, ועל יד כל ציור וציור כתובה גם הנאמע אשר תורנו את סדור הקולות אשר יוכלו על ידי הכלי הזה להשמע, הכלי המצוין עם הציון 1 יקרא בשם קרן-זאקש (ומקשהקין) קולו חר (פסון), 2 זאפראנהאָרן, קולו רם, 3 אַלטהאָרן, קולו שפל, 4 אַלטראַמבא, 5 באַריטאָנטראַמבע, 6 באַסהאָרן, 7 קאָנטראַבאס, 8 קאָנטראַבאס הכבר (טומברס קאָנטראַבס), 9 קאָנטראַ-אלט; 10 חצוצרה בעלת החותמות (טראַמבאָן ס פיסטאָנס Trombone a Pistons); 11 חצוצרה בעלת הקנים (טראַמבאָן ס צילינדערס), 12 קרן בעל החותמות (קאָרנאָט ס פיסטאָנס), 13 חצוצרה קטנה בעלת חותמות (טראַמבאָן ס פיסטאָנס), 14 קרן-זאקש בעלת שבעה חותמות (ומקשהקין ויט 7 פיסטאָנס) 15 קרן הזאקשני בעל קול השפל (באָסס-ומקשהקין), 16, 17, 18 קרנים בעלי חותמות (קאָרנעט א פישטאָנס), 19 קרן בעלי קנים (קאָרנעט א צילינדערס), 20 קרן הזאקשני (זאקש האָרן), 21 קרן בעל חותמות (קאָרנעט א פישטאָנס א 2 קלעש), 22 זאקש טראַמבאָן אלטא אקלעש א עט פישטאָנס, 23 קאָרנעט א פישטאָנס, 24 חצוצרה בעלת הקנים (טראַמפּעט א צילינדערס), 25, 26, 27, 28, 29, 30 זאקשהאָרן עט אינשטרומענטס א פישטאָנס אַוועק אַרדיטציאָן דע קלעס, 31 חצוצרה (טראַמבאָנס, סקווינט).

§. 599. החצוצרה והקרן. החצוצרה המה שני כלי שיר ידועים ונאהבים מימי קדם עד היום הזה, וכמרבית השנים שעברו עליהם כן תרבה גם ההשתנות בתמונתם וגדלם, קול הקרן לא ישתנה ברובו אם הוא ישר או כפוף לכן נמצא את הקרנים ישרים גם כפופים בקשתות שונות, בכל כלי השיר מהמשפחה הזאת יהיה אורך עמוד האוירי המתנועע בהמה גדול הרבה בערך לרחבם ההולך ומתרחב מנקב הפה עד פתח יציאת האויר, העמוד האוירי הנסגר בס יתלק כפי חוזק התקיעה בהם למספר ידוע מחלקים שווים ורועדים-לברם (מיקוֹסֶס סהיִיט), ועל ידי זה ישמיעו את הקולות כפי מדרגת מעלת הסולם הכפול § 543, אמנם באשר שהקולות שנוכל להשמיע בכלי התקיעה האלה המה מרוחקים מאד מהקול היסודי שלהם, והוא: הקול-העליון השני יגבה כבר מהקול-היסודי שמונה מעלות (בשיעור האקטאווע) והקול השלישי יגבה שתיים עשרה מעלות והרביעי יגבה שש עשרה מעלות (2 אקטאווע), לכן יהיו הקולות הקרובים בהם במספר מעלותיהם (ורק אלה יצלחו לשיר ולזמרה) קולות נשאים למאד, ולכן למען שיהיה חוזק הקול נערך לפי רובו נצרך לעשות את הקרן או את החצוצרה ארוכים מאד.

§. 600. הקרן היערי. הקרן היערי (מאָדֶהקין) צורה 582 צד 386 יגשה על הרוב מאורך 27 רגל (4 קלאַמטר), הקול היסודי שלו הוא Es, אמנם בהקול היסודי Es גם בהקול העליון השני לו לא ישתמשו המנגנים, והקולות אשר יתחילו להשתמש בהם חרוזים פה בסדורם הטבעי B, G, Es, b, g, es², f², es¹, g², a², b¹ וכן הלאה, ולכן בכדי להשמיע בהקרן על ידי חוזק התקיעה קולות רבים יגשה ארוך מאד.

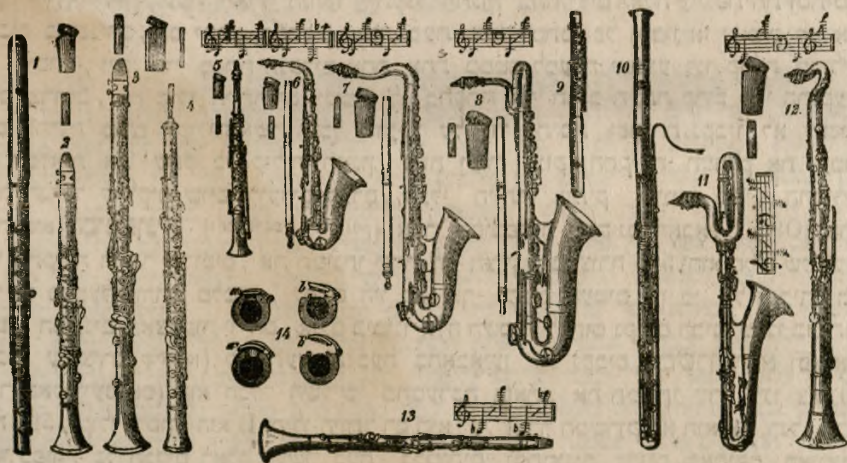
601. §. כפיפת הקרן. כאשר שהקרן והחצוצרה צריכים להיות ארוכים מאד כמו שנתבאר בסימן הקודם לכן יכפפו, וכאשר שעל ידי הכפיפה יולדו בהם בהכרח קמטים, והקמטים האלה או החטוטרות יפסידו את נעימות הקול לכן השכילו עושי כלי המזמרות למלאות את השפופרות החלולות בעורן ישרות בעופרת מהותך ולכפוף אותה אחרי שיצטנן בהן העופרת, ואחרי שתשיג השפופרת האטומה על ידי הכפיפה את תמונתה הנאותה יחממו אותן באש עד אשר תותך החוצה כל העופרת היצוק בהן, הצורה הימנית שבראש הפרק הזה תורנו את התוקע בחצוצרה ישרה כפי שנמצאה בפסילי הרומים, והצורה השמאלית תורנו את התוקע בחצוצרה עקומה גם היא תמצא מצוירת בפסילי הרומים הקדמונים.

602. §. הקלארינעטע והפאנאָמֶע. הגוף הרועד שירעיד את האויר בהקרן והחצוצרה והשוֹאֵר ודומיהם הוא שפתי פי התוקע בהם, אולם שונים המה הכלים אשר יתבארו פה, כי בהם תרעדנה שפתי הכלים עצמם בהולידם את הקול, והוא: במפתח הקלארינעטע ממעל ימצא לוח ספוגי הנקוב בשם לשון החליל והיה כאשר יעבור ורם האויר מפי התוקע ויגע בור (כסדי) הלשון וירעיד אותה ממקומה, אז תרעד הלשון מנסבת ספוגיותה פעמים רבות ובהרעידה תרעיד את האויר וישמיע קול נעים, לשונות כלי התקיעה האלה יעשו מנסרים דקים מקנה הצוקרי (קֶסֶרֶטֶסֶטֶס), עמוד האויר הנרעד יתקצר ויתגדל בהחלילים האלה ע"י פתיחת וסתימת הנקבים ברופניהם, אם יתקע בהחליל הזה בעת אשר יסתמו כל נקביו אז ישמיע לנו את קולו היסודי, ועל ידי מפתח הנקבים אחת אחת מטמא למעלה ישמיע לנו קולות מקולות שונים ברומם, את קולו היותר רם ישמיע לנו בהקפתה אך הנקב היותר קרוב לפי התוקע, אמנם הדרגת סולם הקולות אשר תוכל להגדל על ידי סתימת ופתיחת נקביו לא ישפוק עוד למלאות את שפק כל קולות הניגון, ולזה יעזור חוֹק התקיעה המחלק את עמוד האויר הנרעד לחלקים שוים רועדים-לבדם, הכלי היותר עתיק לימים ממיני החלילים האלה הוא הסומפֶּוֹנִיָה (סומפֶּוֹנֶס, דודסֶוֹנֶס) אחרי הסומפֶּוֹנִיָה יהיה גם האָבֶּאָע (Oboe) אחד מכלי התקיעה היותר קדומים, את תמונתו יורה לנו הציון 4 בהצורה 595 והוא חליל של עץ ארוך צר מלמעלה ורחב מלמטה, לפניו היו לה אך נקבים מעטים יען כי כל נקביהם היו סותמים המנגנים באצבעות ידיהם, אולם בימינו אלה השכילו לסתום נקבים רבים ממנו בדלתות סובבות על צירים (סֶסֶסֶס) לכן תעשינה כעת בהאָבֶּאָע 16 נקבים, משרוקיתא (פֶּאָנֶאָט אָדער סאלמייענבאם) הוא הכלי השלישי בהמערכה הזאת, את תמונתו יורה לנו ציון 10 צורה 595, קולו היסודי הוא B וקולו היותר רם הוא g^2 , אורך המשרוקיתא הוא $8\frac{1}{2}$ רגל, ולכן יעשו כפוף, כל הכלים האלה יעשו כעת בכמותים ובתמונות שונים באסיפת האומנים ומלאכת ידם הנפלאים בלאנדאן הוצג למראה עיני הנועדים משרוקיתא (קָאָנֶטֶרֶא-פֶּאָנֶאָט) שבה היו יכולים לנגן שמונה אקטאווען שלמים.

603. §. קלארינעטע. קלארינעטע היא צעירה לימים הרבה משלשה החלילים הראשונים כי המנגן דעננער המציאה בנירענבערג 1696 ובהקלארינעטע ימצא אך לשון רועדת (וויבסריכטס לונגס) אחת, תחת אשר בהאָבֶּאָע תמצאנה שתי לשונות-רועדות, לשון הקלארינעטע היא ארוכה ועבה מלשון האָבֶּאָע, גם ברוחב אלכסון חללה יגדל הקלארינעטע

מהאבאיע, ולכן משונה קולה מאד מקול האבאיע, הקול היסודי ישתנה בהכלי הזה על ידי הרכבות שפופרות מנוקבות בו, המגנן איוואן מיללער תקן גם בהקלארינעטע שלשה עשר דלתות לסתום הנקבים (קלסס) שעל ידם נוכל להשמיע בכלי הזה את כל הטאָנע אולם רבים מהטאָנע בלתי נקיים בו והוא מְעוֹת הצריך לתיקון — לפנים השתמשו המגננים בקלארינעטען רבים כאחד השונים בקולם היסודי, בימינו אלה לא ישתמשו כי אם בקלארינעטען שקולם היסודי הוא A, D, C, ביוחד ישתנה קול הקלארינעטע מהאבאיע בסדור הטאָנע שישמעו בה עם הקול היסודי כי יחסו לו כל הטאָנע העליונים שמספרם הוא זוגי (גערלדס = גמח'יגס קבסטקנט) כי לפי הסדר הטבעי היה ראוי שישמע הקלארינעטע שקולו היסודי הוא C את חרוזות הקולות מהשמאל להימין $e^5, d^5, c^5, b^5, g^5, e^5$, יהיו אך חלושים בערכם אל הטאָנע הבלתי זוגים, אולם בהקלארינעטע לא ישמעו כלל וסדר הקולות בהכלי הזה יהיה מהשמאל אל הימין d^3, b^2, e^2, g^1, C . החלק העליון מהקלארינעטע יקרא בשם חרטום, בימינו אלה הרכיבו את חרטום הקלארינעטע אל כלי תקיעה מתכותיים וזה נתרבו מאד בימינו כלי שיר התקיעה נותני קולות שונים בכמותם ואיכותם, הצורה 595

צורה 595.



תורה לנו 13 כלים, והמה: 1 פֿלאַטע, 2 גם 3 קלארינעטע, 4 אָבאָיע, 5 זאקשאַפֿאַהנע זאָפּראַן, 6 זאקשאַפֿאַהנע אלט, 7 זאקשאַפֿאַהנע טענאַר, 8 זאקשאַפֿאַהנע באַריטאָן, 9 פֿלאַטע, 10 פֿאַנאַט, 11 קאָנטראַבאַסקלאַרינעטע, 12 באַסקלאַרינעטע, 13 קלאַרינעטע זימטעס זאקש, 14 תורה לנו את אופן פתיחת וסגירת הדלתות (קלסס = טערטיוס), כל הכלים האלה הציג החכם זאקס בלאנראן באסיפת חרושת המעשה שנת 1862.

§. 604. פֿלאַטע. המסומן בהמספר 1 צורה 595 הוא חלל של עץ אשר

האוויר לא ירעד בו על ידי לשון רוערת כי אם על ידי הכאת האוויר בור (כסיד) פתח החליל, באורך החליל הוה ימצאו שמונה עד שלושה עשר נקבים הסגורים בדלתות סובבות על צירים, בהפלאטע יוכל המנגן להשמיע יותר משלשים מאָנע לפי סדור הסולם הכלול (בִּינְדִּיגְסְטֶס סִיגְנַלִּיזַט) עיין 548.

605. §. הסומפּוֹנִיָּה. היותר עתיקה שבכל כלי התקיעה ממין הוה היא כלי ספּה הסומפּוֹנִיָּה (דוּפּלּוּמֶק קְרֶסֶר וּמַקְסִיפֶסֶט) והוא חליל מנוקב התחוב בשק של עור אשר דרך שפופרת צרה ינופת האוויר בו, ועל ידי אשר ידחק המנגן בזרועו את השק יצא האוויר החוצה דרך החליל וישמיע קולות שונים המשתנים ברומס לפי אופן פתיחת וסגירת נקבי החליל באצבעות המנגן, הכלי הוה בא מאת היהודים והיונים אל הרומיים ובימינו אלה נשאר הכלי הוה למורשה להפלאנים והרומסן הלבנים והשאַמְעֶן, השאַמְעֶן הובילו מרחוק אתם גם בארצות אמעריקא ואויסטראליען, הכלי הוה הוא אך כלי שיר לרועים (הִיִּסְטֶסן אִינְסִטְרוּמֶנט) ולא יצלה להמנגנים במקהלות.

606. §. כלי-המערכות. כלי-המערכות (המִיִּזִּיקָה Harmonika) חמה כלי שיר המורכבים מחלקים רבים וברובם יולד הקול על ידי הרערת לשונות-רוערות (וִיבֶסְטִיטֶטֶדֶנֶטֶלֶנְגֶּסן) בכח זרם אוויר העובר עליהם או מפי המנגן או על ידי מפותים (גִּבִּלֶטֶס) הנמתחים והנלחצים ביד או ברגל, הטוב שבכלי המערכה הוא הכלי שיר הנקוב בשם הארמאניאום Harmonium והוא כלי-זמר גדול בעל שני מפותים הנדרסים בשתי רגלי המנגן בעוד אשר יפרוט באצבעותיו על משמושים של שן (מֶלֶטֶטֶבִּיין סִיסֶטֶסן קוֹמוֹיס) כאשר יעשה הפורט על פי הקלאוויר, כלי-המערכה-הנמתח (ציהארמאניקא) הוא כלי ידוע לכל, מפותו ימתח ביד השמאלית מהמנגן בעוד אשר בידו הימנית יפתח חליפות את החותמות הסגורות את נקבי הרוח שבמכסהו, בענגלאנד היטיבו את מעשה הכלי הוה עד כי יכולים לנגן בה שלש שמיניות שלימות במדת סולם-הבלול ויקראו את שמו קאַנְצֶרְטִינֶע והוא בעל שמונה צלעות, הקטן שבכל הכלים האלה הוא כלי-המערכת הפה (וִוִּידִי המִיִּזִּיקָה) המשמיע קולו על ידי תקיעת הפה בנקביו שמספרן כמספר הלשוניות הרוערות, בכל הכלים האלה הרעדה הלשוניות גם בהלחץ האוויר פנימה גם בצאתי מהם החוצה, ולכן לא יפסק הקול כל עוד שלא תפסק תנועת המפות בכלי המפותים, והכלים שינגנו בהם על ידי התקיעה ישמיעו קולם גם כאשר ישאף המנגן את רוחו אל קרבו, הלוה של מתכות שהלשוניות הרוערות קבועות בו ישתמש בכלים האלה בתור תושבת-מתלוי-הקול (כֶּסֶטֶמֶלֶן בֶּקֶסֶן) § 505 להחזיק את קולם.

607. §. מניס-התקופה (דֶּקֶהֶטֶקֶנֶט). בכל כלי השיר שנתבאר לנו עד הנה היה נצרך להמנגן עליהם ידיעה בניגון כאשר שהוא פרט על פיהם להוציא כל קול וקול מיוחד ולחבר מהם נגון שלם, אמנם יש כלי שיר רבים שהוכנו מידו המכונן באופן שהמנגן בהם יצרך אך לסבב סרֶדֶכֶפּוּף (קוֹכֶטֶס) והנגון יוצא מאליו, בהכלים האלה הנקובים בשם מניס-התקופה (דֶּקֶהֶטֶקֶנֶט) בלשונו המורגלה יקראו גם בשם (וִוִּידִי קֶסֶטֶמֶלֶן קְרֶסֶר קֶסֶטֶמֶלֶן) תמצא מעגילה (עִלֶּה) אשר מסמרים תקיעים בה באופן הוה אשר כל מסמר ירעיר לשון מיוחד

כלים המנגנים על ידי הכנות מעכאניות

או יפתח חותם מיוחד, המסמרים מסודרים מסביב להמעגילה בגלילות (ויינגטן) בסדר הנאמץ שהנגון הורכב מהם, ועל ידי הכנות מיוחדות תקיף המעגילה על צירה ותרעיד בכל מסמר ומסמר לשונות שונות או תפתח בכל מסמר ומסמר נקב־רוח שונים שמהם יוצא האוויר להשמיע קולות כפי סדר הנאמץ שהנגון הורכב מהם, כנגון ארוך תחזיר המעגילה תקופות אחדות ומסמרות הנאמץ תקועות בה בעגולים מגוללים אחדים (ספירולייטין) כתבנית מקיפי השרויבע ובכל פעם שתקיף המעגילה תקופה שלמה תצתק המעגילה כמלא הרוחב שבין שתי גלילות (ויינגטן) ותרעדנה או הלשונות בפניעתן בהמסמרים שבהגלילה השניה, בכלים כאלה שהקול יוצא מהם על ידי פתיחת חותמות הסותמות את נקבי הרוח ויכל המנגן להשמיע גם קולות ארוכים וקצרים ומשכים משך זמן הנאות להתמדת אישי הקולות שהנגון הורכב מהם, והוא: אורך התמדת הקול ישתנה בהם לפי רוחב המסמר ולפי זמן הנצרך לתקופת המעגילה ולפי גודל אלכסון המעגילה, ד"מ אם יהיה זמן תקופת המעגילה ששה מינוטען והוא 360 ועקונדען ואם ירצה המנגן שהקול C יתמיד 1 ועקונדע והקול G שלש ועקונדען, אז יעשה את רוחב המסמר שהוכן לפתוח את החותם הסותם את נקב הרוח המשמיע את הקול C ברוחב מעלה אחת, והמסמר להקול G ברוחב שלש מעלות, לכן אם יהיה אלכסון המעגילה 1144 ליניען או יהיה אורך מקיפו 360 ליניען (30 אצבעות 2½ רגל) ולכן יעשה המסמר להקול C ברוחב ליניען אחת ושל G ברוחב שלש ליניען, לפעמים ירעידו המסמרים גם לשונות רועדות וגם יפתחו נקבי הרוח ויניעו גם כלי מצלצלים (קומפוננטקט) ואז יהיה הנגון היוצא מהם כהנגון הנולד מכלי שיר רבים המתחברים למערכה נגונית נעימה, במעגילה אחת יוכלו כלי השיר האלה לנגן נגונים אחדים, יען שבהיות גלילות אחדות להמעגילה נוכל לקבוע בה מסמרים להנאמץ של נגונים אחדים ובהשלים את תקופתה ליניען אחד תצתק מעט להצר ואז תבאנה גלילות הנאמץ של הנגון השני למול החותמות, האיש אשר ראה בבית הדפוס את אופן סדור האותיות המתכוניים לצרף מקן תיבות שורות ודפים שלמים להאיש ההוא יהיה הנקל לתת מושג נכון לנפשו מהתחברות הנגון מאחרי הקולות המתאחדים לנגון שלם על ידי תקופות המעגילה ויצויר לנפשו שהנגון הוא מורכב מציוני הנאמץ וכל מסמר ומסמר יקח ציון אחד לסדרם וחד לנגון שלם, ההבדל בין צרופי האותיות בדפוס ובין צרופי הקולות בכלי שיר האלה הוא זה, כי מסדר אותיות הדפוס יסדר צרופי אותיות הנראות להעין והמסמרים יסדרו צרופי קולות הנשמעים לאוזן.

§. 608. כלים המנגנים מאליהם. (Automatische Spielwerke) כלי השיר שנתבאר לנו בהסימן העבר אם כי שלא היו צריכים ליד איש יודע נגן להשמיע את קולם, בכל זאת היו צריכים לפעולות אדם בכל משך זמן הנגינה, אמנם חכמי המוזיקא והמעכאניק השכילו להמציא כלים מכלים שונים שישימיעו את מנגינתם מבלי פעולת אדם, רק בעזרת כח הספוגיות אשר לנוצת עשת ברזל מגוללה (ספירולייטין) או על ידי כח כובד משקלים שיתלו בהם לסבב את המעגילים, אופן פעולת הכח הספוגי והכח הכובד בהמה הוא כאופן פעולתם להולדת התנועה בהמורה שעות האמתתית ובמורה שעות בעלי המסומלת (ספירולייטין) שנתבאר לנו בפרק שבעה עשר, הכלים האלה המה רבים למינם, מהתיבה המנגנת (ספירולייטין) הקטנה עד שתתפש ביד עד המיכונות

המנגנות (קלמסטריון, ספיטו והקסן) שגדלם הוא כחדר קטן, מוכנות רבות כאלה נמצאות בבתי המשתאות שבהערים הגדולות וביחוד במאסקווע, היותר נעלה מהמוכנות האלה בנה הארון וועלמע ואשר הוצנה לנס עמים באסיפת חרושת המעשה שבלאנדען בשנת 1862 (קלמסטריון וינדוסטריאליסטס וולג), להמוכנה הזאת היו שתי שיטות-ראפנים (קלמסטריון) שהתנועעו בכח משקלים כבדים, מסביב לכל אחת משלשים ותשע המעגילות שבה היו סדורים המסמרות בשמונה גלילות, המעגילות נעתקו להצר בכל תקופה ותקופה באופן אשר כל מסמר ומסמר לא פתח כי אם חותם אחד ממאה ושמונים וששה החותמות הסותמות 186 שערים, שמהם יבוא האוויר שבהמפוחים להרעיד האוויר אשר בכלי-תקיעה שמספרם יעלה למאות, ומדי דחקו המסמרים על המשמושים (סמסטן, קלמסטריון) הרעידו גם כלי שיר משמיעים קול באופנים מאופנים שונים, סוף דבר, המוכנה היתה מנגנת שלשה עשר נגונים מהיותר נעלים שבעולם, והנגונים נשמעו במערכת כל הקולות שיוכלו כל כלי השיר הנמצאים עד היום להשמיע אם יתערכו למערכה נגונית אחת, נפלאים מאד הכלים האלה בנגנם מאליהם ואשר מבלי עזרת כל אצבע הפורשת עליהם ישמיעו לנו מנגינות נפלאות כאלו נגנו לפנינו קבוצת מאות מנגנים היותר נעלים בכלי שיר היותר טובים, והיה כנגן המוכנה ידמה להשומע כאלו נתהפכה המוכנה בפתע פתאום והיתה לנפש חיה משכלת בשיר ומנצחת בנגינות, אמנם אם כי נעלים המה הכלים האלה בנועם מנגינותם ובעדותם אשר יעידו על עומק מחשבת מכוונם, אשר ידע לצרף אלפים ורבבות צרופים (קלמסטריון) מתכמת המוזיקא והכמת המעכאניק למען הוציא את הכלי הנעלה הזה למענהו, בכל זאת אם נתבונן היטב נראה כי צרים מאד גבוליו, והכלי לא יוכל לעבור במנגינותיו אף כמלא רוחב השערה מכפי אשר קצב לו מכונו, ובבחינה הזאת נופלים המה הרבה הכלים האלה המנגנים-מאליהם מהחלילים והעוגב אשר אצבע המנגן החכם תוכל להוליד על ידו נגונים בלי ספורות ואשר פעולות מנגינותיו הנה בלתי מוגבלות בהם, ותחת אשר כל המנגינות שישמיעו הכלים המנגנים-מאליהם יצא ילרי מחשבת מכוונם, תהיינה מנגינות החלילים והעוגב תוצאות פעולת המנגן, ברוח פיו יוציא המנגן שיר נפלא מהחליל ובמעשה אצבעותיו ויוליד מנגינות נעימות מהעוגב, ואין מעצור לרוחו לנגן בהם נגונים חדשים לרנעים בעוד שהכלים המנגנים-מאליהם ישמיעו רק הנגונים שעליהם כוננו.

609. §. התיבה המנגנת (ספיטו והקסן). הגופים המשמיעים הקולות בהכלי הזה הנה

לשונות של ברזל-עשות הנרעדות מבלי-אמצעי מהמסמרים שעל פני המעגילה, לשונות הרועדות מחוברות כולן זו לזו בשרשן, תבנית הלוח שהלשונות קבועות בו היא כתבנית המסרק שהלשונות הנה שנינו, המסרק ההוא הוא רחב בהקצה האחת וצר בהשניה, ולכן תהיינה גם הלשונות הולכות וקצרות מתקצה הרחבה להקצה הקצרה, בהתיבה המנגנת ישתנו הקולות על ידי השתנות אורך ועובי הלשונות, ולהלשונות אשר כוננו להשמיע קולות השפלים ירובקו מתחת מסילי עופרת למען הרכות בהן את החומר-הנרעד ובוה יקטן מספר הרעדותיהן, המסמרים קבועים גם פה על מעגילות וסדר מקיפים מגוללים (ספיטו והקסן), ולכל תוכל המעגילה האחת בהם לנגן נגונים אחרים על ידי אשר תעקנה המעגילות בכל

תקופה ותקופה אל הצד מעט, ובוה יסובב (וויכד פסכמוכוסט) שגלילת-מסמרים אחרת תפוש עתה בהשנים ותרעיר אותן בעור אשר מסמרי הגלילה הקודמת יעברו מבינות להשנים ולא יגעו בהם, ולכן דעת לנכון נקל כי כל אשר תתרבינה הגלילות המגוללות (וויכדונגן) על המעגילה, כן תעשינה שיני המסרק יותר רחוקות זו מזו, למען אשר יוכלו גם מסמרות של שתי או שלש גלילות לעבור ביניהן מבלי להרעידן, הכח המניע את התיבות המנגנות הוא נוצה של עשת ברזל מגוללת (מסמחה-ספירמאז) צורה 373, צד 267 ולמען שישוו בה זמני התקופות בכל משך התנועה יתובר לה גם צודר-הרות (וויכדפאנגט) צורה 280 צד 215 שנתבאר לנו אופן פעולתו להישיר התנועה בסימן 321.

פרק שלשים ושנים

כלי הקול וכלי השמיעה אשר להאדם ויותר החיים, ומוכנה לדבר מרחוק

(סטיאן-לונד געהארטרגאנגן דער זעכסטן לונד טהיערע, לונד טעלעפאן).

§. 610. הכנות כלי הקול אשר לחיים. אם נתבונן על מרבית מיני הקולות שישמיעו החיים בפיהם ובגרונם, או נמצאם שונים ומשונים רבוא רבבות מונים, בראשית השקפתנו ידמה לנו כי להולדת מרבית מיני קולות השונים ברומם, בחזקתם ובאיכותם, מקול שריקת העכבר עד שאגת הארי, מומרת צפרים עד נהמת השחל, יצטרך להמצא גם רבוא רבבות הכנות מהכנות שונות שעל ידן יצאו קולות השונים האלה, אפסם מה נתפלא לראות אם נתבונן בינה יותר עמוקה בתקוני כלי הקול אשר לחיים? ומה נשתומם לדעת כי האלהים עשה את כל כלי השיר של החיים ישר (מיינסן) מבלי לבקש חשבונות רבים, כלי השיר אשר לכל החיים וגם של האדם המה פשוטים מאד בתבניתם ככלי החלילים (פלייטן) אשר יעשה לו האדם, קול האדם יולד על ידי הכנה פשוטה הנפעלת מכח שריריו (וויכדפאקטוס), השרירים ירעידו עורות מתוחים המשתרעים לרוחב קנים חלולים ומההרעדות האלה ירעד גם האויר שבחלל הפה, ומההרעדות האלה ינלד הקול כאופן הולדו בחליל הלשון (וויכדפלייט) §. 540.

§. 611. פעולת הריאה להולדת הקול. הריאה אשר לחיים תפעל כפעולת המפוח אשר להמנים (סקנעבולמוס בחוג) והיא מתפשטת ומתצמצמת בכל נשימה ונשימה משאיפת הרוח, בהביאנו את הרוח דרך נחירינו ומפתח פינו פנימה תתרחב הריאה ואתה יתר גם חלל החזה, וכאשר נוציא את האויר הנשאף לחוץ תתצמצם הריאה גם חלל החזה, הרוח הנשאף ילחץ או לעבור דרך קנה-הקול (סטיאן-וויכדפאקטוס) המחבר את הריאה עם הלוע (קפאס) וכשיעבור הרוח הנלחץ דרך הפתח אשר בראש-הלוע (קפאקטוס) יפגוש בעורות דקים וירעיד אותם, ולפי ערך מתיחת העורות האלה ישתנה הקול שיוליד האויר בצאתו מראש-הלוע בכמותו ואיכותו.

612. § תבנית ראש-הלוע. ראש-הלוע הוא הכלי שיר העצמי המוליד את קול החיים, הצורה 596 תורנו את תבנית ראש-הלוע אשר להאדם, והוא מורכב מחלקים תנוכיים שונים, והמה: (א) תנוך-הטבעתי (כינקקספס) a, (ב) תנוך-המגן (פידקספס) b, (ג) תנוך-המזרק (גיסמקנקקספס) c, ראש-הלוע מדובק מבפנים בעור-רירי (פיוהויס) והעור הזה יקמט לפני פתח ראש-הלוע לשני קמטים ויתואר בתבנית שתי תקוות (בגידס) מזה אחת ומזה אחת הנקובות בשם תקוות-הקול (סיווובקנדס) המסומנים בהאותיות e e בהצורה 596, אשר ארכן נערך תמיד בערך ישר לגודל הטבעת החיצונית מתנוך המגן הנקוב גם בשם כפתור-הקנה (סדוסמספס), בתוך ראש-הלוע ימצא שריר (יוסקפ) מיוחד שפעולתו למתוח (ספסלנס) או לרפות (נמלחמספס) את התקוות (בגידס) ובוה יתגדל או יתקמן היות שביניהן, מעל להקמטים e e יקצאו עוד שני קמטים d d הנקובים בשם תקוות-הקול העליונות, המקום הפני שבו ארבעת תקוות-הקול יקרא בשם חריץ-הקול (סיווובקנדס), החריץ הזה יסתם בעת האכילה והשתיה על ידי מכסה-הלוע (קפה דסקפס) e ויפתח בעת הרבור, ומנסכה הזאת סכנה עצומה היא להשמיע קול או לדבר בעת האכילה או השתיה, יען שבעת השמעת קול זמרה או הרבור יתרומם המכסה מעל הלוע והמאכל או המשקה אשר ירדו לבית-הבליעה לבוא משם אל הוושט והקיבה יוכלו לבוא דרך חריץ-הקול בתוך הקנה הפתוח אז, והאדם יסתכן להחנק, ולכן הזהירונו חז"ל וגם הרופאים שלא להשיח בסעודה שמא יקרים קנה לוושט.

צורה 596.



613. § אופן הולדת קול האדם ויתר החיים היונקים (וינגסה'ספס). כל זמן שהאוויר היוצא דרך הקנה מתוך הריאה (איוס) יוכל לעבור דרך ראש-הלוע בפתח רחב, אז לא ירעיד בחוקה את התקוות (בגידס) הרפויות, ולכן ישמע לנו אז אך קול נשימה כמו בעת השנינה, אולם בהתכווץ שרירי הלוע וימתחו את תקוות-הקול אז ישמע קול המתנשא ברומו כל עוד שתגדל המתיחה ואשר יתחזק כל עוד שתהיה ההעברה יותר נמהרה. הכמי המוויקא יבדילו בקול האדם שני מיני קולות, והמה: קול-הראש (פסקספסיוס פאלס) (Falset) וקול החזה (בוסספסיוס) קול-הראש יולד כאשר תרעדנה תקוות-הקול אך בנריתן (פגידס) הקיצונים בעור שקול החזה יולד בהרעידן על פני כל רחבן, ולכן נצרך להמשורר כח יותר חזק להשמיע איזה קול C או G מקולות-הראש מאשר להשמיע (הקול הזה בעצמו) בקול-החזה, ההכנס מיללער נסה בראש-הלוע (הכרות מגרון איש מת) למתוח את התקוות במשקלים הולכים וכברים אחרי שתלה אותם בזה אחר זה כדי למתוח על ידם את תקוות-הקול, וימצא כי על ידי המתיחות השונות על ידי משקלים (אשר תלה בהתקוות) השונים בכובדם מן 4 עד 37 לאטמה הרים את קול האדם מן הקול $ais = 328\frac{3}{4}$ עד הקול $dis = 1217\frac{3}{4}$ והוא קרוב לשנים וחצי שמיניות, וכן נסה ההכנס מיללער לתכלית הזאת במשקל $\frac{8}{10}$ לאטמה הורד כבר קולו מן dis עד H, כאשר יישן האדם תתרפינה תקוות-הקול ולכן יהיה קול האדם המדבר כשהוא ישן, גהר (היוס)

614. §. התדמות והשתנות תבנית כלי הקול בכל החיים. כמעט בכל

החיים היונקים (ר"ל אלה אשר בלדותם יזונו מחלב אמם) ישויו בעצם (חין וטוֹמטוֹיִסְטן) בתבנית כלי הקול אשר להם לכלי הקול אשר להאדם, לרובם תמצאנה כל ארבעת תקוות-הקול ואך בחיות ובהמות מעליה-הגרה (וויסדמקוֹיִסְטן) תחסרנה שתי תקוות-הקול העליונות, ביחוד ישתנו הקופים במבנה כליה-הקול, יען שלהם ימצא גם שק מלא אויר תחת לשונם אשר יתלוה בהרעדותיו להרעדות תקוות-הקול ולהרעדות האויר החפשי המסלא חלל פיהם, ביחוד יגרל השק הזה אצל הקוף-הגנוב (היוֹמפֶט) שבאמריקא, קול השרצים החיים גם במים גם ביבשה כמו הצפרדעים והתנים (פֶּקֶטֶט, קֶקֶקֶקֶרֶיִסְטן) והעקרבנים ודומיהם, בכולם יולד הקול בראש-הלוע כאשר להחיות היונקים, להצפרדע הזכר ימצא נוסף על תקוות-הקול עוד שקים מלאי אויר אשר ינופחו בעת השמיע קולו ויתראו בצדי ציאויו גם מבחוץ, מראש-הלוע של האדם והיונקים והעופות יוצא קנה ארוך דרך הצוואר ומגיע עד החזה במקום שיתפצל לסמפונות אחדות (בראָנכִיעֶן), אבל להצפרדע אין קנה-הקול רק מיר אחורי ראש-הלוע מתחילות הסמפונות (בראָנכִיעֶן), בהעופות לא תמצאנה תקוות-הקול בראש הלוע רק בקצה הקנה מתחת במקום הסמוך אל הריאה, ולכן יהיה תואר כליה-הקול אשר להעוף כתואר חליל-הלשון בעל שפופרת ארוכה, וזוה תתבאר לנו המחזה הנפלאה שלפעמים ישאנו האווזים השחוטים אחרי שנכרת הקנה בהם כבר לשנים, והוא יען שההכנה המשמעת-הקול תמצא בהם מתחת לבית-השחיטה, וכל עוד שלא יצא האויר האצור בהריאה יוכלו עוד להשמיע קול, מה שאין כן בפרים ושאר היונקים הנשחטים שלא יוכלו להשמיע כל קול בצאת האויר מהריאה, יען שבהם תמצא ההכנה להשמיע הקול מעל לבית השחיטה ובוה נפסק החיבור בין הריאה וראש-הלוע, אמנם באשר שאפשר להם עוד לשאוף האויר לקרבם דרך נחיריהם ופיהם, לכן ישמע עוד זמן קצר אחרי השחיטה קול נחירה בשאפם הרוח אל קרבם אבל לא ישמע כל קול בצאת האויר מהריאה, ונהפוך הוא בהעופות שישמיעו קולם בשלחם את האויר מקרבם החוצה ולא ישמיעו כל קול בשאיפת הרוח דרך פיהם, יען כי האויר הנשאף מהם אחרי השחיטה לא יגיע עוד לקצה הקנה התחתון להרעיד שמה התקוות (בֶּקֶטֶט) משמיעות הקול.

615. §. צבע הקול אשר להאדם. מלבד השתנות הקול בהאדם מפאת תבנית

כלי-הקול העצמיים עוד ישתנה גם מפאת תבנית החלקים המתלויים בהרעדותם להרעדות כליה-הקול, והמה כפת-החיך והנחירים, ולפי השתנות גודל החלל שיוולד בהפה על ידי השתנות מצב ראש-הלוע, הלשון, השנים, והשפתים, החכם העללעמעהָלֶץ מצא תחבולה מתוכמה לקצוב על ידי מזל-הקול את כמות חלל הפה בהשמיעה איזה קול הברה, והוא: כבר נודע לנו במקומות רבים כי כל קול יתלוה יותר בשלמות להקול הרומה לו במספר הרעדותיו מאשר להמשתנה ממנו, ועל כן נסה בחכמתו להחזיק מולגיי-קול רבים ושונים בזה אחר זה לפני הפה בעת שחפץ להשמיע איזה הברה (א), (א), (א), וכדומה, וימצא כ שכאשר הכין את פיו להשמיע את ההברה (א) או יתלוה המולג שקול-היסודי שלו הוא f במדרגה ותר נשלמת מכפי שיתלוו מולגיי-הקול הנותרים המשמיעים קולות אחרים, וכבר נודע לנו § 509 § 505 שזוה אות נאמן שנים האויר הנרעד בהפה הוא בשיעור שיש בו כרי להשמיע הקול f,

יען שכל עצם רועד יתלוה יותר בנקל בהרעדותיו להקול הרומה לקולו היסודי מאשר יתלוה לקול אחר, באופן הוה מצא העללעמהאָלץ כי להשמעת ההברה (א) נצרך להיות גורל חלל הפה פנימה כדי להשמיע הקול f , ושל א הוא b^2 , ושל ההברה א b^2 עד d^3 , השמעת הקולות שנסמן בהאותיות

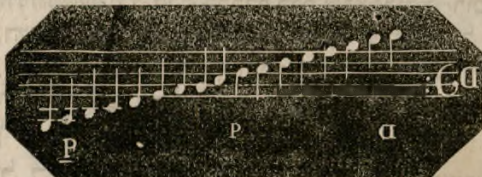
ב ג ד ה ו ז ח ט י כ ל מ נ ס פ צ ק ר ש ת

הנקובים בשם קאָנזאָנאָנטען ינלדו על ידי המולות (גמייסע) שתולדנה מתנועות כלי המבטא בראש או בסוף השמעת ההברות (קסקופ), ד"ס: בן או אב, קר או רק, ובאשר שלא ישמעו הקאָנזאָנאָנטען בכל משך השמע ההברה, לכן נשמע מרחוק רק ההברות ולא הקאָנזאָנאָנטען, ר"ל בשמענו דברי המדבר מרחוק אז נרגיש היטב את השתנות התנועות אם הוא (ט) או (ז) או (י) וכדומה בעוד שלא ישמעו לנו הקאָנזאָנאָנטען, ר"ל לא ניכר לנו אם דבר בהאות כ או פ או ד או ט וכדומה, מההברות שהשמיע העללעמהאָלץ בכלי שיר מלאכותיים, עיין בסופן 561.

§. 616. הברל כליהקול באנשים ונשים וילדים והשתנות קולם. ראשיהלו

Basso , באַססאָ

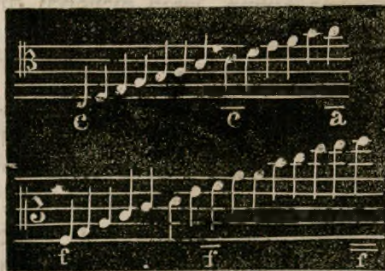
f ער D
471 , 128



צורה 597.

Tenore , טענאָרע

a¹ ער c
430 . 128



צורה 598.

Alto , אַלטאָ

f² . f
684 . 171



צורה 599.

Soprano , זאָפּראַנאָ

c³ . c¹
1025 . 256



צורה 600.

אשר להילדים והנשים הוא מורכב מחלקים תנוכיים וספוגיים למאד, בעוד אשר בהאנשים המגדלים יתקשו כמעט כעצמות, כל הקולות שיוכל מין האדם להשמיע המה נגבלים בין

§. 617. השתנות קול האדם על ידי מקרים שונים. בעת המכאוב והיגון תתפניה תקוות־הקול במתיחתן ובעת החרדה והתפעלות הנפש תעלינה למרום התחזקות מתיחתן, ולכן ישמיע לנו האדם תמיד את שמחתו וכעסו או פחדו בקול תרועה ורעש, רם ונשא, ולעומת זאת ישמיע לנו המדוכא בחליו או המתאבל ביגונו או המתחנן, קול שפל כאוב מארץ, אמנם אם נתבונן היטב אז יֵרָדֵע לנו כי לא רק שרירי ראש־הלוע בלבד יתחזקו בעת הנצחון וההתעוררות אך גם כל יתר שרירי הגוף יוסיפו כח ואון, עצמות השונים יודבקו זה לזה, הידים תמחאנה כף אל כף, ואצבעותיהן מתכווצות והיו לאגרוף, הרגלים תמהרנה לרוץ ולרקוד, לקפוץ ולבעוט, וכן גם כשתעבורנה רגשות השמחה או הפחד או כאשר ינחם האדם מכעסו, או כאשר יתקפהו יגונו, אז יחלשו מלבד השרירים המותחים את תקוות־הקול גם יתר שרירי גופו, ידיו ורגליו תרפינה ועצמותי שנינו יתפרדו ואגרופו יפתח, על יסוד הקשר הנפלא הזה אשר בין מצב־הרוחני (מציית־הספטימנטואל) ובין כח־השרירים (וויסמ־קלאמס) נוסד הכח הנפלא אשר לקול האדם לעורר בלב חמלה ותנינה, אכזריות וחמה, גמול ונקמה, אהבה ומשטמה, וכאשר יתלוו מיתרי העוגב האחד לרעוד בהרעדת מיתרי העוגב השני הרומה לו בכמותו ואיכותו (§ 506), וכן ירעד גם רוח איש בהרעדות רוח רעהו השמה לשמחתו והמציצר בצרתו כל עוד אשר רוח הקנאה והתאוה לא יעצרהו להקשיח את לבבו ולשרך את דרכו בארחת עקלקלות ונלוזות מדרך הטבע הישרה, ולא אך קול האדם לבד אך גם קולות העצמים הדומים אשר מבלי כל רעיון והיגון פנימי יצאו ממקוריהם (קוויסיון) תפעלנה פעולות חזקות על האדם, ומי לא ירע את הפעולות העזות אשר תפעל על נפשנו חסית הרוח

הנושב בארוכות העשן בשבתנו בדר בחדרנו, או בשמענו המית עלי וענפי העצים המתנועעים בלי חשך מרוח סועה וסער, ואת התפעלות נפשנו בהשמע לאוזנינו קול שאון הרעם בגלגל, ועל כולם ההרגשות הנעימות אשר תתעוררנה בנו מדי שמעה אוזנו קול כלי שיר המתאחדים למערכה נגונית אשר יולדו בפעולות מישיבי נגן בתרועה, אם נתבונן על כל הפעולות הנפלאות האלה תתראה לנו נפשנו למערכה נפלאה מכנור בעל אלף מיתרים וממנים (קאגמ) בני אלפי חלילים או למערכת כלי שיר נפלאה מורכבה מתופים ומצלתיים, מקרנות ושופרות, מכלי רעמים, כי בהשמע כל אחד מהמון הקולות האלה תתלוה גם נפשנו אל המערכה הזאת ותאלץ נגד בחירתה או ברצונה להתפעל ברב או במעט, לאבל או לשמחה, או לכל אחת מיתר התפעלות הנפש.

§. 618. תבנית כלי-השמיעה. כלי-השמיעה (אפוקקאגמון) אשר לאדם יתחלקו לשלש

מחלקות, והנה: (א) האוזן-החיצונית האוצרת בקרבה את התנוך ושביל-השמע (גפוקקאגמון), (ב) מערת-התוף (סקאממולאקס) הנבדלת מן שביל-השמע על ידי עור-התוף (סקאממולאקס), (ג) מערת-העקלתון (אמפאקס), הצורה 601 תורנו את אוזן האדם לכל חלקיה והצורה 602

תורנו את מבנה האוזן הפנימית, תועלת האוזן-החיצונית

צורה 602

צורה 601

a צורה 601 היא כתועלת קנה-השמיעה § 501, ר"ל: לקבץ את גלי הקול ולשלחם דרך שביל השמיעה c d להאוזן הפנימית, מאחורי



השביל c מתוח עור דק הנקוב בשם עור-התוף

(סקאממולאקס) המפריד את שביל-השמיעה מן מערת-התוף, בתוך מערת-התוף תמצאנה שלש עצמות קטנות, האחת פטיש שנציבו מחובר לעור-התוף, והשנית כמו

הולם-פעם (אמפאקס) הנוגע לראש הפטיש, ועור עצם שלישי כפוף הנקוב בשם קשת-העליה (פטיגמנט), ממערת התוף יצא שביל אחד אשר תוצאתו תהיה בגובה החיך במקום שתהיינה גם תוצאות נקבי הנחירים (מאמולאקס), והשביל הזה יקרא בעבור תמונתו העקלתון בשם חצוצרה (סקאמפאקס), מערת-העקלתון אשר מאחורי מערת-התוף היא מלאה נוזלים זכים, דפנות המערה הזאת הן עצמות קשים ומנוקבים ככברה באופן אשר עצב-השמיעה (גפוקקאגמון) היוצא מהמוח שבראש ויתפצל לחומים רקים לבלי ספורות העוברים דרך נקבי עצמות שברופני המערה ויגעו בהנוזלים הנרעדים מהרעדות עור-התוף, העצבים הרקים האלה יתאחדו כולם לחבל אחד עב הנקוב בשם עצב-השמיעה (גפוקקאגמון) ועל ידו תתק הרגשת השמיעה להמוח שבראש משכן הנפש המרגשת, האוזן הפנימית תחבר על ידי פתחים עם מערת-התוף, והוא: על ידי החלון-הביצי (אמולאקס פאממאקס) f (הנקוב כן בגלל שתבניתו היא עגול ארוך) ואשר לוח דק של קשת-העליה יסתום אותו ועל ידי החלון-העגול g הסתום בעור דק מתוח, ענפי עצב-השמיעה ישתרעו גם בהשביל הממחר את הפה

והנחירים עם האוזן, ולכן יפתחו כבדי-השמיעה את פיהם כאשר ירצו לשמוע היטב, וקרב לשמוע שעל ידי השביל הזה נשמע באוזנינו מה שאנחנו מוציאים מפינו גם כאשר נלחש בלחש מאד עד כי לא תשמע הלחישה לכל אוזן וזולתנו גם אם נלחש להם באזניהם, ובאשר כי תוצאות עצבי השמיעה הן בעצמות קשים המחבורים לעצמות הנלוות, לכן יתנועעו דרך העצמות גלי הקול עד כי אם נסתום אוזנינו ונחזיק מורה שעות אמתחתי (שפפנחור) בין השיניים או נשמע היטב את דפיקותיה, ועל האופן הזה ישמעו גם כבדי השמע את נגוני כלי השיר אם יחזיקו קנה של עץ בין שיניהם ואשר קצה השנית מהקנה תחובר אל הכלי המשמיע הקול כמו אל התושבת המתלזה שבהעוגב והפיאנאָפֶּארַמע ודומיהם.

§. 619. מדוע לא ישמע האדם בעת השנה. השנה (סנה) תבוא להאדם על ידי יגיעת ועייפות כל־החושיו (ויכנסקלגהט) ולכן תתקשה שנה להאדם בהבימו זמן כביר על עצם אחד בעל צבע אחד, או בשמעו קול המולה־מתמרת, או גם בשמעו שיר החוזר־חלילה פעמים רבות, והוא: על ידי ההסתכלות בעיניו בדבר אחד מכלי אשר ישתמש בשכלו לדמות או להפריד את העצמים הנראים ממנו, השכל מעורר את החושים ומוסיף בהם כח, בעת השנה יחלשו שרירי עפעפי העינים, ולכן יפלו בכח כובדם ויכסו את העינים, ובאופן הזה תחלש או גם מתיחת עור התוף באוזנינו מרוב השמיעה כאשר תחלש מתיחת עור תקות־הקול בעת השנה במתיחתן כאשר נתבאר לנו §. 618, ולכן תפול השנה על האדם כשמוע אוזנו קולות רצופים מכלי להתבונן בהם, ועל כן מישנות האמהות את ילדיהם בנגונים קצרים והמולות החזרות פעמים אין מספר, וכן תתמוך השנה את האנשים השומעים זמן כביר, דברים שאין הפצם בהם או הנבזיהם למעלה ממדרגת השנתם, נמשך מזה שהשנה היא מנותת כל־הפעולות החושיות אחריו אשר נתיגעו זמן כביר, כלילה יישן האדם, ר"ל ינות מעבודת חושיו ותהיה השנה הראשונה חוקה למאד, כאשר שאז יהיו כל כל־החושיות עיפוס מאד, ולכן גם כאשר ישמעו או בחרד משכבנו קולות, או כאשר יובא נר דלוק לא ניקץ בגלל זה מהשנה אבל אחרי אשר תעבורנה שעות אחדות בשנה כבר נחו כלי החושיות מיגיעתם ושרירי העין שבו כבר אל כחם הראשון ועור התוף שבהאוזן יסתח שנית והאדם ייקץ או משנתו וכח כלי חושיו חדש עמדו, ומעתה תבין קורא נעים כי העדר השנה הוא מויק לכל פעולות החושיות בכלל, באשר שנעביר או בכל־החושיות במרה יותר נפרצה ונחליש אותם עד אשר לא יצלחו להוליד פעולות מסודרות, וכמות הפעולה מכלי החושיות יהיה ככמות העבודה־המעכאנית § 440 מאברי האדם כאשר נתבאר בסיומן 440, והוא: שאך אופן אחד יש שבו ירויח האדם בעבודתו ואם ישנה באופן פעולתו בין בתוספת בין בנרעון או תהיה ידו על התחתונה ויפסיד סכמות העבודה־המעולה § 300, הדברים האלה שנתבארו לנו מה משני החושיות הראיה והשמע יתאמת גם ביתר שלשה החושיות, והמה הריח הטעם והמשוש, אך אין מקומם פה להתבאר, ובכלל נוכל לנדר בדברים האלה: כל התפעלות שיתפעלו החושיות מכלי השתנות (אנטנסטס) מביאין את האדם לידי שינה, וכל חליפות הפעולה המחליפות גם את הרגשותינו לרגעים תרחיק את השינה מאתנו, ולכן תהיה השינה תולדת בלתי־התפעלות ולא בלתי־התפעלות תולדת השינה, והוא אחד מהמושגים שישנו בה רוב ההמון לחשוב את הסבה להתולדה, והתולדה להסבה.

§. 620. אזני החיים זולת האדם. האוזן התיצונית תמצא אך בהחיים היונקים (וינסטס היסט), להעופות תחסר האוזן התיצונית אבל בכל זאת תהיה אונם פתוחה לחוץ, אולם בכל מיני הדגים גם בהשרצים החיים כיבשה רובמים (Amphibien) תחסר גם כן האוזן התיצונית, אבל האוזן הפנימית סגורה בהם מבחוץ על ידי עור דק המכסה אותה, ההכנה העצמית (ווסטמנטיבס) לפעולת השמיעה היא עצב השמיעה אשר לא יחסר בכל החיים אשר אונם להם לשמוע, אבל האוזן התיצונית וכל יתר כלי השמיעה כמו עור התוף וכל מרכיב עצמות השמיעה יחסרו מקצתם או רובם או כולם בהחיים ממדרגת השפלות (נידטס מהיטרגמטוטוגטן) כנ"ל נמצא להסרטן רק שק מלא מים שבו תהינה תוצאות שרשי עצב השמיעה, להשרצים הערומים (נאקטס) יחסר החלון העגול, ברוב הרמשים הדקים והתולעים לא נראה כל כלי שמיעה אף בכלי מגדילי ההבטה.

§. 621. מוכנה להשמיע מרחוק, טלעפון (Telephon). החכם רייש בפראנקפורט על נהר מאין המציא מוכנה נפלאה אשר אם תגיע למדרגת שלמותה נוכל לשמוע על ידה קולות שונים במרחקים גדולים, וכאשר נקבל היום את מכתב אצבעות אוהבנו או ציוריהם (ביו) מבלי תוספת וגרעון ובכלל מבלי כל שינוי בעזרת הטלעפון האף הכימי שהמציא החכם קאזללע האיסאלקי ואשר כבר הוכן בארצות שונות באיראפע ואמריקא (כאשר יתבאר בספרנו המאנגעטויזמוס והעלעקטריציטאט באר הושב) כן נוכל לשמוע ע"י הטלעפון גם קולות הזמרה והשיר והשחוק והבכי גם בעמרנו מרחקים כמאה פרסה מפי האיש המשמיע את הקולות האלה,

צורה 603.

צורה 604.

שלוש הצורות 603, 604,

605, תורונו את ההכנה

הזאת, והוא: הצורה 603

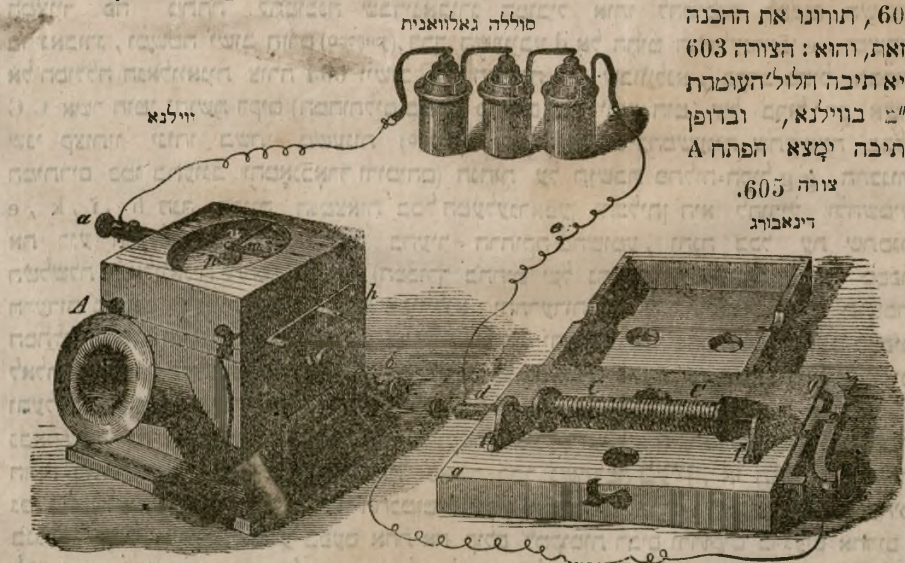
היא תיבה חלול העומרת

ד"ג בוילנא, ובדופן

התיבה ימצא הפתח A

צורה 605.

דינאמורג



שבו ינגן יומר או ידבר האיש שירצה להשמיע את קולו או קול כלי השיר לרעהו העומד

הרחק ממנו ד"ם בעיר דינאבורג, מעל להתיבה שבווילנא צורה 603 ימצא פתח עגול ועליה מתח קרום דק מעור מעי-הדק של החזיר (שווייטס דינדלדאקס), על העור ההוא ינוח לוח דק של פלאטין p ועל הלוח הזה ינוח ראש מסמר של פלאטין n הקבוע על נוצה של מתכת הקלה לרעור (וייטס פאדמסטר), המסמר n נוגע בהלוח p כל עוד שינוה העור המתוח, אבל בכל הרעדה והרעדה שירעד העור יתרחק המסמר ויוגבה בכח ספוגיות הנוצה מהלוח, ועל ידי הנגיעות הנפסקות יפסק ויחזיר הקישור שבין התיבה שבווילנא ובין הסוללה הגאלוואנית צורה 604 ובין התיבה שדינאבורג צורה 605, אופן חיבור והפסקת זרם-הגאלוואני לא נוכל לבאר פה להקרא אשר זרים לו עוד חוקי הגאלוואניזמוס שנבאר אותם בספרנו המאנגעמיוזמוס והעלעקטריציטאט ברחבה, שמה נבאר את אפשריות העתקת הקול על ידי המוכנה הזאת ממקום למקום, ופה נסתפק להגיד רק את אופן התחברות שתי המוכנות שבשתי הערים, ונאמר: כל משכיל יבין כי הטעלעפאן הוא אוון מלאכותי שעל ידי הרעדת העורות המתוחים עליו ירעדו חליפות גם המסמר והלוח הפועלים בו כפעולות עצמות-השמייע (געהקקעקעפאטן) בהאון, העלעקטריציטאט תפעל פה כפעולתה בהטעלעגראף, והוא: בכל הרעדה והרעדה שירעד המסמר בווילנא תפתח ותסגר השלשלת הגאלוואנית המתברת את שתי המוכנות שבשתי הערים ווילנא ודינאבורג, והוא: הורס-העלעקטרי יעבור לשמאל מהסוללה דרך החוט של מתכת המחובר להשרויבע a ומשמה יבוא להלוח p וממנו להמסמר n המוביל אותו להשרויבע b ומשמה דרך החוט הטעלעגראף המצויר פה מתחת להמוכנה שדינאבורג המוביל אותו להמוכנה למקום השומע דינאבורג, ומשמה ישוב הזרם (פאסאזש) דרך השרויבע d אל החוט הטעלעגראף e , ומשמה אל הסוללה הגאלוואנית צורה 604 וישוב אל המוכנה A שבווילנא, בקרב מטיל הברזל C אשר חומי נחושת דקים (המחותלים במשי) כרוכים עליו ימצא חוט של ברזל דק אשר שני קצותיו ינוחו בשתי משענות (סטאטן) $f f$ (תבניות כהמשענות שתעשינה בכלי המיתרים כמו בהעוגב והמאָנאָרד ודומיהם) הנחות על תושבת מתלוח-הקול g , ההכנות e, i, k, b הנה הכנות הנמצאות בכל הטעלעגראפֿען ותכליתן היא להודיע ולהשמייע את רגע התחלת הרבור או השיר בהעיר הרחוקה מהשומע, והנה בכל עת שתסגר השלשלת הגאלוואנית יתהפך הברזל (המכורך בהחוט של נחושת) למאנגעט וירעד מספר הרעדות כמספר הרעדות העור המתוח שבווילנא, וההרעדות האלה תתחזקנה על ידי תושבת המתלוח (סטאטן בידסן) שהמשענות $f f$ קבועות עליה. ידעתי בנפשי שהביאור הזה איננו מספיק לאלה אשר חוקי העלעקטריציטאט זרים להם, ולכן נבקש אותם להמתין על ספרנו המאנגעמיוזמוס והעלעקטריציטאט ושמה נבאר להם את כל דבר הקשה להם להבנת הענין הזה אחרי אשר נבאר שמה גם את פעולת הטעלעגראף העלעקטראמאנגעמיוזמי לכל חוקותיו ופעולותיו, המוכנה הזאת כאשר תצא בשלמותה אל הפועל כאשר כבר נשתלמה בעיין, או תגדל בתועלתה גם מהטעלעגראף, כי על ידה יקוו החכמים שיוכלו המדברים בבתי האסיפה או המנצחים בניגונות בבתי הנגון להשמייע בפעם אחת את קולם למקומות רבים ורחוקים ברגעים אחדים, לפי עדות חכמים רבים לא יחסר להשלמת הכלי הזה כי אם השתלמות המעשי (פאקטוואקטיוונג דאס טעכניסן) ולא השתלמות העיוני (דאס טהאָרעטיסן), ולכן אינם מסופקים החכמים

שבקרוב הימים תצא הפעולה הזאת גם לפעולת אדם ותצליח את העולם באוזן שומעת עד קצוי ארץ (שמעלעפאן) כאשר הצליחה אותה בעט סופר הכותבת במרחקים (המעלענראף).

§. 622. זמני ההתגלות בחכמת השמע. עוד לפני אלפים שנה ידעו חכמי יון

כי בשני מיתרים השווים בחומרם, משקלם, עבים וכה ספוגיותם, יתערך הקול בערך מהופך לאורך המיתרים, עיין §. 524.

1636 המציא מערועננע הצרפתי את חוקי התיחסות רום הקול לפי ערך סעבה (דיכריטקייט) חומר המיתרים וכה המתיהה שיומנתו המיתרים.

1670 המציא החכם שמואל מארעלאנד את קנה-המבטא 500 §.

1700 המציא החכם שאוויי Sauveur את קולות-החבור (עיין §. 568) וישתמש בהם לקצוב על ידם את מספר הרעדות האויר בהחלילים.

1730 חפש החכם איילער למצוא חשבון למספר ההרעדות על דרך העיין, עיין §. 546.

1738 מדרו חכמי האקאדעמיע שבפאריז את מהירות מרוצת הקול, עיין §. 489.

1787 גלה כלאדני את ציורי הצלצל (קאנגיגוסן) עיין §. 513.

1800 מצא כלאדני את מספר ההרעדות הפשוט מכל הקולות על ידי בחינותיו, אף הוא קצב בשנה ההיא את מהירות הקול בעצמים מוצקים ואוירים.

1819 קאניארד דעלאטור (Caignard delotour) המציא את הוירענע, עיין §. 520.

1819 נסה החכם זאווערט את חווינות התלוות-הקול (כסוקנין), עיין §. 507.

1825 האחים וועבער בנאטמינגען בארו לנכון את חכמת תנועת הגלים §. 471, וגם בארו המה את חוקי פגישת גלי הקול, עיין §. 565.

1861 המציא החכם רייש בקראנקפורט על נהר מאין את השמעלעפאן, עיין §. 624.

בעת ההיא גלה גם החכם העללעמפאלץ את סבת השתנות צבע הקולות, עיין §. 558.

§. 623. חתימה (סוף). ככל חקירות סחבור הזם וגהחבורים שיבואו לפנינו על הרפכת בגופים מעצמים פרויים או

כמות יסודיים (מוכקאפסט) חקרינו על העולם כמו שהוא לפנינו, (ר"ל כמו שסדר אותו היוצר בחכמתו משש ימי בראשית) ועל חוקיו הכללי משנים את תפקידם לעולמי עולמים (אם לא נרצון מיוחד ממנו יתברך), ולא חקרינו על התהלת העצמים והכחות שהם מהחקירות מה למעלה ומה לפניו אשר השואל כן ראו סוף שלא כל עולם (תניגה סרק אין דורשין משנה א') סוף דבר, קורא יקר, את האלפים ירא ומזותיו שמור לכל מדרוש במספלא מנח ולכל מחקור במכוסם ממך ורק כמה שהורשי התבונן כי אין לך עסק בנסתרות (תניגה י"ג) שלא יקטן שכל האנושי ואשר רק לאלפים סתרון, כי לא תמצא את המעשה אשר עשה האלפים מראש ועד סוף, כי ראש מעשה הנדיראם וסופם אין ככה שכל אנושי להכין, התבונן כמה שלפניך ודע וראה כי הכל אשר עשה ה' יפה בעתו, הכל בתכלית היותו נאות ובסדר היותו נעלה כי מרבית חווינות הטבע כבר נתבאר על פי חכמת השעורים וגם מאלה אשר נעלם עוד ביאורם נוכל להקיש מהמפורש על הסקום, כי רוב ימים וידיעו חכמה ואין ככל אחת מהמון הסעולות שמהרה בעולם שתאל על פי מקרה וסודמנות רק תמוד תאל לפי ערכים קטנים מתחמת השעורים (עיין §. 5) כאמור: מה רבו מעשיך ה' כלם בחכמה עשית (תהלים ק"ד), ה' בחכמה יסד ארץ כונן שמים בתבונה (משלי ג').

תם החלק הרביעי ונשלם בעז"ה ספר המנוחה והתנועה

תוכן הענינים

פרק ששי . מוכנות פשוטות 114 עד 142 .

המוכנות , תועלתן והחלקותן 114 עד 116 , הנושא (השטח) 117 עד 125 , באור חזק הנוסח לפי משפטי הנושא 126 עד 127 , מאזנים 128 עד 132 , אופן על הסדר (השולחן) 133 , גלגל (קולס) 134 , שטח הנטי 135 , יחד (קיי) 136 , שרביע 137 עד 141 , שאלות ותשובות בפעולות המוכנות 142 .

פרק שביעי

חכמת שיווי משקל הנוזלים 143 עד 183 .

במה תחקור חכמת שיווי משקל הנוזלים ? 143 , מולדת הסיפוט והנזק 144 עד 145 , לחימה הנוזלים על דופי ותוספות הכלים 146 עד 151 , מכשם הנוזלים (הידרוליסט) 152 עד 155 , פעולה החוזרת מנוזלים המורקים 156 , חשבון הלחמה הדופיית 157 , הלחמה הפנימית וההפכה 158 עד 163 , מאזני השקיעה (והנקוואט) 164 עד 166 , שמים הדגים והשטח האדום 167 עד 170 , כח כבילת האוויר 171 , קים משותפים וכלי המדידה שמוסדו עליהם 172 עד 175 , פעולתהשפעת המימיים 176 , קני-מנהלי-המים 177 , באר נקובה 178 , שיווי המשקל בנוזלים שונים 179 , דיוטים המתחמים (המחשבוט) 180 , מפות המים 181 , חבנית פני המים 182 , שיווי משקל הנוזלים בכלים הפוכים בתנועה ומהרה 183 .

פרק שמיני

חכמת שיווי משקל האוויר 184 עד 215 .

מהות חכמת שיווי משקל האוויר 184 , כח המסור של האוויר 185 , כובד האוויר והבארלמטער 186 עד 188 , יסוד המארילטע 189 , חכמת מדידת גובה ההרים בעזרת הבארלמטער 190 , כלי מריק האוויר 191 עד 193 , נשימה יניקה שמים והשפעה 194 עד 197 , כלים שונים להריק המים 198 עד 208 , בחינות קלות לדעת ולראות לחימה האוויר 209 , מגדלים פורחים באוויר (הפסבדוואט) 210 עד 212 , מעוף האדם בכנפים מלאכותיים 213 , משקל הפיוחד מהאוויר 214 , הערכות הנוסחים האוויריים זה בזה 215 .

מבוא 1 § עד 19 § .

הנוסחים 1 , חיון , חומר , גוף , כח 2 , טבע 3 , חוקי הטבע ובאורם 4 , חכמה הטבע והחלקותה מן 5 עד 15 , תועלת חקירת חכמה הטבע 16 עד 19 .

חלק ראשון . החומר והכחות 20 עד 98 .

פרק ראשון . הסגולות הכלליות 20 עד 45 . סגולות כלליות ומקירות 20 , התפשטות 21 עד 23 , חאר 24 , בלתי החדור 25 , ההמחמה וההחלחות (המקוויט) 26 , החלוליות 27 , החלקות 28 , התמדה ותנועה 29 עד 30 , הכובד 31 עד 35 , משא הנוסחים 36 , משקל הפשוט 37 עד 40 , משפטי הכובד והמשקל 41 עד 45 .

פרק שני

שיטת העצמים הפרדיים ושיטת בעלי הכחות 46 עד 60 . שיטת העצמים הפרדיים (המקוויט) 46 עד 49 , שיטת בעלי הכחות (דינמיט) 50 עד 60 .

פרק שלישי . השתנות הנוסחים זה מזה 61 עד 98 .

משקל המיוחד 61 עד 62 , מעבה הנוסחים 63 , אופן קשור חלקי החומר (הגרגרמט) 64 עד 65 , כחות החלקיים 66 , כחות ההתקשרות 67 עד 71 , כח ההתדבקות 72 עד 73 , קני השערות 74 עד 75 , דפוס האבני (המקוויט) 76 , העברת הנוזלים (המקוויט) 77 , העברת האוויריים זה בזה (דינמיט) 78 , מניח הנוסחים האוויריים (המקוויט) 79 , ההשפעות הנוזלים למוסחים (קוויט) 80 , חזק הנוסחים (המקוויט) 81 עד 91 , כח הספוגי 92 עד 98 .

חלק שני . חכמת שיווי המשקל 99 עד 215 .

פרק רביעי

כוח הכחות , הרכבתם והפרדתם 99 עד 106 . כחות מנועים ומדמים 99 עד 101 , הרכבת והפרדת הכחות 102 עד 106 .

פרק חמישי

נקודת הכובד ובמחון עמידת הנוסחים 107 עד 113 . נקודת הכובד 107 עד 109 , חזקת המצב (המקוויט) 110 עד 113 .

חלק שלישי

חכמת התנועה Dynamik 216 עד 460.

פרק השיעי. התנועה ומרבית מיניה 216 עד 247.

התנועה 216 עד 218, כמום התנועה

219 עד 220, תנועה מתגברת בשווי

המדה 221 עד 227, נפילת הנוסחים 228

עד 239, באור משפטי התנועה על ידי הניור 240 עד

241, משפטי תנועה הזריקה 242 עד 247.

פרק עשירי. משקל ההתמדה וכח החי 248 עד 253.

כח ההתמדה 248 עד 249, כח החי

(עפ"י עדיקתה) 250 עד 253.

פרק אחד עשר. חוקי התנועה 254 עד 269.

תנועה מרכזית (לעשרת חלקיה) 254 עד

255, כח התנועה (סלולוגיקה) 256 עד 269.

פרק שנים עשר. המוטות (פנימיות) 270 עד 296.

המוטות ומרבית מיניה וחוקי תנועתם 270

עד 275, חוקי הנפילה על שטח נמוך 276, באורי

וחשבונות תנועות המוטות 277 עד 279, מוטות

הקטעים והמתחכמת 280 עד 282, מוטות חופשי על

תנועה הארץ מסביב לזורים 283 עד 284,

באור הליכות האדם והחיים לפי חוקי המוטות 285

עד 286, קנינת מדה האורך ומדה הזמן ומדה הקול

על ידי המוטות 287 עד 290, קוטרות חפשים

291 עד 293, קנינת משקל הארץ 294 עד 296.

פרק שלשה עשר

חוקי רחיפת הגופים 297 עד 304.

פרק ארבעה עשר. משפטי התנועה 305 עד 325.

החכמות 305 עד 315, קטיות החבל

316 עד 317, התנגדות האמצעי 318 עד

319, מעוף צעלי הכנף 320, נודד הרוח 321,

מגן הנפילה וחשבונות התנגדות האמצעי 322 עד

323, בלתי אפשרות מילואות המהירות הנחלי

324, העבודה הכללית והמוטות 325.

פרק חמש עשר. חכמת תנועת הנוזלים 326 עד 340.

תכלית חכמת תנועת הנוזלים 326, כוחות

מולידי תנועות המים 327, כמום ומחירות הרק

המים 328 עד 329, תצפית קלות המים המתנועעים

330 עד 331, כמום התנועה של המים 332, אופני

המים 333 עד 339, מחירות המים השופטים 340.

פרק שש עשר. חכמת תנועת האוירים 341 עד 361.

כח תנועת האוירים 341, הגדלת מקום האוירים

כח תנועת האוירים 342, הקטנת מקום האוירים כחכמת

לחיות מעבאיות 343, האוירים והקטירות 344,

תנועת האוירים ומחירותם 345 עד 346, כח

הולד הרוחות ותנועת העשן 347, המפוחים

וחשבון מחירות האויר הולדן מהם 348 עד 349,

משפטי תנועת האוירים 350, פעולה החוזרת

כחכמת הרק האוירים 351, תנועת האוירים

352, כלי-מעבה-האוויר 353, קנה-מורה האויר

354, תצפיות-האוויר 355, שלוח האגרות

והתבולות בזה האוויר 356 עד 357, נוסעים האדם

בעגלה המתנועעת בזה התלחות האוויר 358 עד 359,

פעמון המזבלים 360, מודד התלחות האוויר 361.

פרק שבעה עשר

חכמת המוכנות (אפסינולוזה) 362 עד 428.

הרכבת הנושא בנושא ומאזני הדרך ומאזני

האוויר ומאזני הנשך 362 עד 366, הרכבת הגלגל

בגלגל 367 עד 369, הרכבת הגלגל עם האופן

על סדנו 370, מעשה האופנים (קריסטלוגרפיק) 371

עד 381, לוחות הסולמות 382, אופן התומת 383,

מבניה העגלה (אפסינולוזה) 384, אופן המפסוק והמחדש

תנועת המוכנה לרנשים 385, אופן בתוך האופן

386, סדן הבהמות ומעשה מכשית האופן ומעשה

פטישים 387 עד 388, סדן הכנף 389,

אחיזת מוט בעל השנים בהשרויבע 390, הרכבת

השרויבע עם האופן 391 עד 392, אחיזת מוט

בעל השנים באופן בעל שנים 393 עד 395, אופן

המחליף 395 עד 396, אופן המעופף 397 עד 400,

כדורי התנופה 401, לוח יולא מרכז 402, הכנה

לחבר ולהפריד שתי מוכנות 403, הכנה לחליף

התנועה ממוכנת למוכנת 404, מוכנה המייבשת

בכח המכנית מהמרכז 405, רחיי המים 406,

חשבון כח הרחיבים וכמות הכר שיוכלו לעשות בזמן קצוב

407, רחיי הרוח 408, אבני הרחיבים 409,

פעולת תנועת הרוח בחזקת כח-המניע 410 עד 411,

נפוי הרוח 412 עד 416, רחיי הדריכה 417,

רחיי המשיכה 418, רחיי בתי המלאכה 419,

מורה שעות התמוטות והאמצעים (פנימיות) מודד

משפטי-המוכנות 420 עד 428.

פרק שמונה עשר

אוויר-המאור (אפסינולוזה) 429 עד 441.

אופן הולדת אויר-המאור והארות החזקות

והכחים על ידו 429 עד 437, מוכנות המנין 438,

מורה שעות הדלקת האוויר (אפסינולוזה) 439 עד 441.

פרק עשרים ושש

חכמת מערכת הקולות (טקטולוגיה) (Tonologie)
542 עד 557 .

נעימות וכללי נעימות הקול 542, כולם הקול (טקטולוגיה) 543 עד 545, מספר הרעדות הפשוט והיחסי 546 עד 547, סולם הכלול הקשה והרך 548, זיווי הניגון (קאטון) והסולם הטבעי והמרחקות הקול (מינסטרולוז) 549 עד 552, השוים הסולם (טפופסטי) 553 עד 554, חשבון הרעדות 555 עד 557 .

פרק עשרים ושבע

צבע הצלצל (קוטגטלכט) 558 עד 564 .
צבע הצלצל 558 עד 560, צבע קול המבטא 561, קולות עליונים (טפפטרקט) 562 עד 564 .

פרק עשרים ושמונה

באורי החזיונות המתבארים לפי חוקי פגישת גלי הקול זה בזה (מינסטרקטן סטטיסטיקס) 565 עד 571 .
חזיונות פגישת גלי הקול 565, צביות הקול 566, דפיקת הקול 567, קולות החבור (קאמפוזיטשליקט) 571 עד 568, מקהלת הקולות (קאקטור) 571 .

פרק עשרים ותשעה

כלי שיר משוה הקול ומהרעדות עורות מתוחים והמושות (הטיטוטש מינסטרקטש חוד טויינגנדט וטובנשחלמן חוד טטקט) 572 עד 580 .

פרק שלשים

כלי שיר בעלי המיתרים 581 עד 596 .
המזמרות 581 עד 582, העוגב ומשפחתו 583 עד 585, הכנור 586 עד 588, הגבול 589, הקתרוס 590, הקלאווייר ומשפחתו 591 עד 596 .

פרק שלשים ואחד

כלי הנחילות וכלי המערכות וכלי שיר בעלי המוכנות 597 עד 609 .

כלי הנחילות 597 עד 605, כלי המערכות (המקט) 606 עד 609, כלי שיר בעלי המוכנות 607 עד 609 .

פרק שלשים ושנים

כלי הקול וכלי השמיעה אשר להאדם ויתר החיים (פטיטן חוד געהקטקטש) ומוכנת השמעת הקול מרחוק (סטופטלן) 610 עד 623 .

כלי הקול (פטיטן קטגט) 610 עד 617, כלי השמיעה (געהקטקטגטן) 618 עד 620, טעלפון 621, זמני ההתגלות בחכמת השמע 622, חמימה 623 .

פרק תשעה עשר . עבודת הכה 442 עד 460 .
עבודה מעבדת 442, עבודה נפרדה 443, כה האדם ואופן עבודתו 444 עד 450, עבודה הסוס 451 עד 456, מועלת המוכנות וערך צער עבודה האדם והבהמה 457, המוכנות שהתגברנה בהספרים האחרים 458, זמני התגלות החכמות שהתגברו מראש הספר עד הכה 460 .

חלק רביעי . חכמת השמע 461 עד 623 .

פרק עשרים . הולדת הקול 461 עד 466 .

פרק עשרים ואחד

חכמת תנועת הגלים (טפולסולאט) 467 עד 483 .

פרק עשרים ושנים

פגישת ושבירת וחזרת הגלים 484 עד 502 .

פגישת הגלים 484, חזרת הגלים 485 עד 487, שבירת גלי הקול 488, מהירות הקול 489 עד 493, חזרת הקול 494 עד 495, ההד (פאק) 496 עד 497, קנה-הקול 498, הנביאה המוגרמית 499, קנה-המבטא 500, קנה-השמיעה 501, קנה-המבטא 502 .

פרק עשרים ושלושה . חוק הקול 503 עד 514 .

השמות הקול בחזקתו בהשמות המרחקים והאמצעים 503 עד 504, מושגת מחלוקה הקול (טפולסולאט) 505 עד 507, הכנה להחזיק הקול 508, גמישות הזכוכית בקול 509, אצילות הרעדות המיתרים על מושגת מחלוקה 510, חומר האות להעשות ממנו מושגת מחלוקה הקול 511, חלוקת המיתר בגיטת האצבע 512, זיווי הצלצל 513, החזקות הקול על ידי חזרתו 514 .

פרק עשרים וארבעה

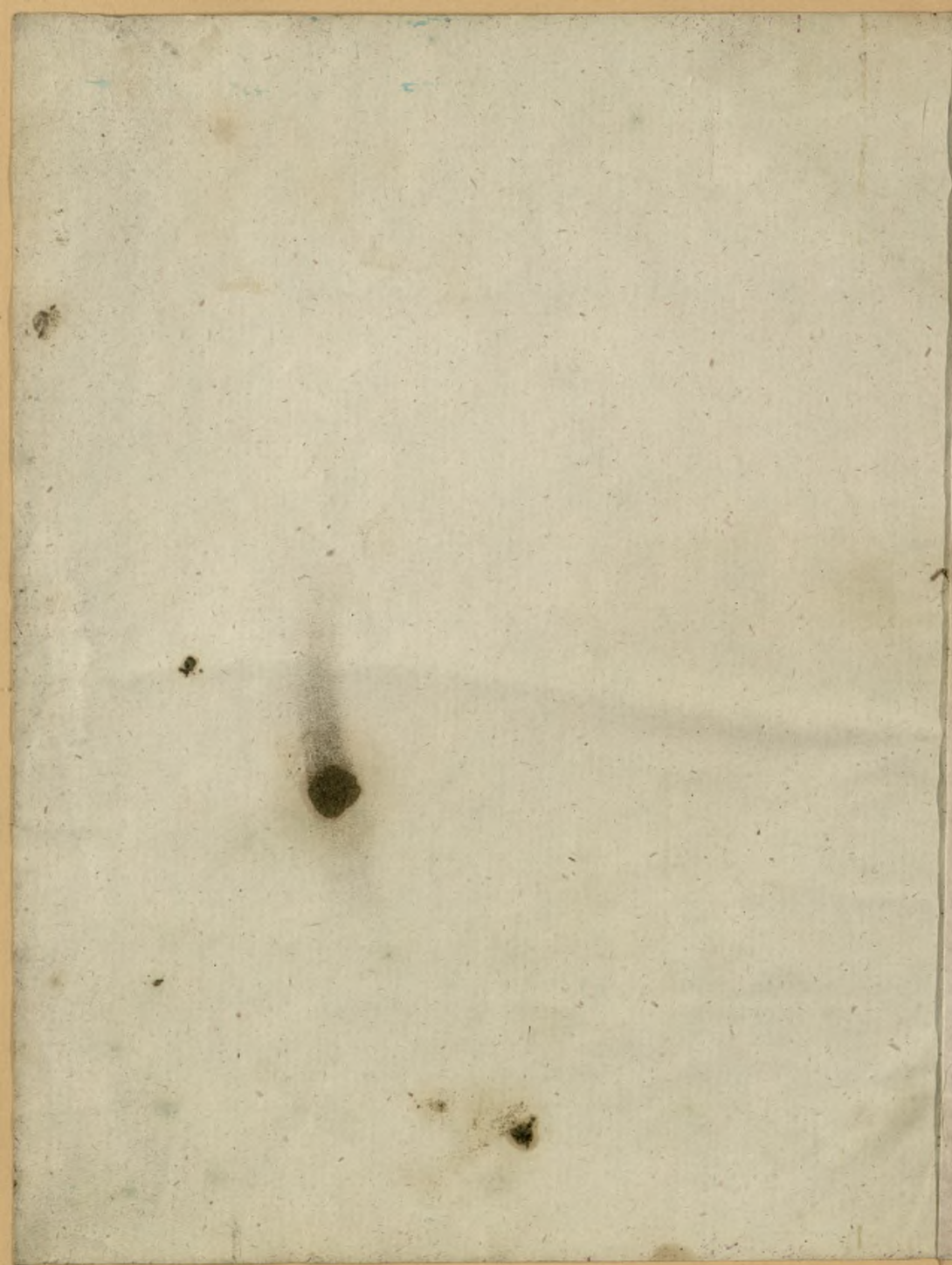
חכמת מידת רום הקול 515 עד 528 .

מבוא לחכמת מידת רום הקול 515, גדר המדידה 516, הבדל בין מדידת חזקת הקול ובין מדידת רום הקול 517, מוכנות למדידת רום הקול 518 עד 522, צלע מיתר האחד (אקטקטור) 523 עד 527, מוכנות המדידה מספרי הרעדות הקול 528 .

פרק עשרים וחמשה

הרעדות גלי הקול בכלי התקיעה 529 עד 541 .
אופן הולדת הקול בכלי התקיעה 529 עד 530, חלילים פתוחים וסגורים 531 עד 538, חלילי השפחים 539, חלילי הלחן 540 עד 541 .

צד	צד
שורה 22 מעות 163 \$ זריך להיות 172 \$.	6 ש' 23 במעות 166 \$ 177 \$.
ש' 21 המלות על ידו מיוחדות.	ש' 26 במעות 149 \$ 148 \$ צ"ל 63
נרשם במעות על האורח המספר 42 תחת 43.	\$ 153, 152 \$.
D, A, d, a נוס נרשם נו' 54 תחת 44.	ש' 3 מתחת מעות, וארבעה ז"ל וחמשה.
ש' 5 h, d, b, h.	ש' 33 במעות 284 \$ 360 \$.
ש' 1 נורה 62 ז"ל נורה 61.	ש' 30, מסכת ז"ל סבת.
ש' 6 משא ז"ל נושא.	ש' 19, מעות 11 $\frac{1}{2}$ ז"ל 11 $\frac{1}{2}$, ש' 31
ש' 20, השמאלית תחזיק בשיווי המשקל שבע ליטרות התלויות על הקרם	ש' 14 $\frac{1}{4}$ 15 $\frac{1}{4}$ \$.
7 בהורוע הימנית ז"ל הימנית תחזיק בשיווי המשקל שבע ליטרות התלויות על הקרם 1 בהורוע השמאלית.	ש' 32 מעות 240 \$, 250 \$ 305 \$.
ש' 16, ויען ז"ל יען.	\$ 318.
ש' 12, הכח ז"ל הקרם. ש' 25 מעות	ש' 2 מעות, 221 \$, 222 \$, 219 \$.
ש' 26 $\frac{2}{15}$ = 26 $\frac{2}{15}$ = 26 $\frac{2}{15}$.	ז"ל 248 \$ 250 \$ 256 \$.
ש' 7 והצלע b c ז"ל d e. ש' 13	ש' 11 מעות, 204 \$ 230 \$.
בהדרך d e ז"ל c b.	ש' 2 מעות, 219 \$ 256 \$.
ש' 29 הארבע לאלף החמישי ז"ל החמישית לאלף הרביעי.	ש' 19 מעות, 578883600 $\frac{50}{578883600}$ ז"ל.
ש' 15 מעות, 25 ליטרות ז"ל 25 רגל.	ש' 14 מעות, הגוף המושך ז"ל הגוף הנמשך.
ש' 15 שטח העלי ז"ל שטח הכלי על שטח העלי.	ש' 6 מעות, 204 \$ 230 \$.
ש' 8 בסופה נחסרו האותיות e, f,	ש' 14 מעות, יתקשרו ז"ל ויתקשרו.
ש' 4 צורות 136, 134, 130 ז"ל צורות 136, 134, 129.	ש' 16 מעות, אצבע ז"ל מאצבע.
ש' 35 מעות ריבעלואהן ז"ל ניבעלואהן.	ש' 8 מעות, אשר ז"ל מאשר.
ש' 1 מעות תסנר ז"ל תפתח. ש' 2	ש' 12 מעות, זמנו ומקומו ז"ל זמני ומקומי.
תפתח ז"ל תסנר. ש' 4 מעות	ש' 18 מעות.
תסנר דלת החותם ותפתח ז"ל תפתח דלת החותם ותסנר.	\$ 101.
ש' 13 מעות 1 $\frac{1}{200}$ ז"ל 1 $\frac{1}{200}$.	ש' 14 מעות, ולכן ז"ל לכן.
ש' 11 מעות 11 $\frac{1}{20}$ ז"ל 11 $\frac{1}{20}$.	ש' 14 מעות, 116 \$ 119 \$.
ש' 3 מעות 70 סוסים ז"ל 70 קג"מ. ש' 12 מעות ארבעים ושנים אלף מיליאן	ש' 6 נשמה לפני המלה לכן שורה שלמה וז"ל
ז"ל ארבעים ושנים אלף ושמונה מאות ושבעים וחמשה מיליאן. ש' 12 מעות	והמשקל המיוחד יתעדר להערך שבין המשקל הפשוט ובין כמות גורל הגוף, לכן.
ביליאן ז"ל ושבעים ושמונה מיליאן. ש' 17, 27 פ"ג ז"ל 35 $\frac{1}{2}$ פרסה געאגראפית.	ש' 31 מעות, 1 אצבע ז"ל $\frac{1}{4}$ אצבע.
	ש' 14 מעות, המים ז"ל הכסף חי.
	ש' 16 יעלו המים ז"ל הכסף חי.
	ש' 19 בהגופים ז"ל הגופים.
	ש' 7 ואשר ז"ל אשר. ש' 17 מעות
	1 אצבע ז"ל 3 אצבעות.
	ש' 35 מעות, 130 \$ 126 \$.
	בהעמוד הזה זריך להיות המספר 37 על האורה הימנית, והמספר 38 ז"ל על





MGB 397

