

43869 11

O TEMPERATURZE.

O TEMPERATURZE.

ODCZYT PUBLICZNY, WYGŁOSZONY W DNIU 12 GRUDNIA
1891 R., W MUZEUM PRZEMYSŁU I ROLNICTWA W WAR-
SZAWIE, NA RZECZ KASY POMOCY IM. DRA MIANOWSKIEGO,

PRZEZ

WŁADYSŁAWA NATANSONA.

Odbitka z „Wszechświata.”

WARSZAWA.

DRUKIEM EMILA SKIWSKIEGO

—
1892.

251
38

43869

II

K. F. H. i. d. m.
Warszawa 16 II 1838
Cena 11 -

Дозволено Целзурою.

Варшава, 22 Декабря 1891 года.



31



Gdym wszedł do téj sali, wydało mi się, że jest w niej umiarkowanie ciepło; takie wrażenie wywarło na mnie powietrze téj sali. Podobnem prostem, bezpośredniem wrażeniem zmysłowem zadawalnia się dziecko; na tym najniższym szczeblu wiedzy zatrzymuje się człowiek niewykształcony.

Przypuśćmy wszelako, że nie zadawalniam się tym poziomem, że ani chcę, ani mogę nawet, zatrzymać się na nim. Przedewszystkiem posiadam, przypuśćmy, nieco sceptycyzmu: bezmyślnie nie dowierzam świadectwu mych zmysłów. Pamiętam, że mnie niejednokrotnie zawiodły, a zatem wnioskuję, że i teraz mnie, być może, zawodzą. Nie odrzucam zupełnie świadectwa mych zmysłów, lecz pragnę je zbadać, ocenić i dojść tą drogą do prawdy, lub dojść tak daleko przy najmniej, jak daleko droga do prawdy prowadzić mnie zdoła.

A zatem przypuśćmy, że zapytuję osoby tu obecne, czy i one doznają w téj sali wrażenia umiarkowanego ciepła? Wszyscy łatwo przewidujemy wynik podobnego głosowania. Odebralibyśmy wiele różnych, ze sobą niezgodnych odpowiedzi, niewiele mniej zapewne, niż jest tu osób, które wrażenie cieplnych doznają i usiłują wyrazić je słowem. Jednym byłoby

chłodno, innym ciepło, umiarkowanie, przyjemnie lub nieprzyjemnie, jeszcze innym nie jest zimno, ani gorąco, zmysł ich cieplny milczał. Zapytujemy teraz: skąd te różnice?

Czy może wyrazy: chłodno, ciepło, zimno, gorąco — rozmaici ludzie pojmują rozmaicie? Czy może nie rozumiemy się poprostu nawzajem? Istotnie, wyrażenia, któremi się posługujemy dotychczas, całkowicie są pozbawione ścisłości. Lecz, przestając na bezpośrednich wrażeniach zmysłu naszego cieplnego, nie możemy im nadać ścisłości. Nie możemy się umówić, że pewne określone wrażenie będzie się nazywało wrażeniem zimna, lub ciepła, lub gorąca. Albowiem wrażenia każdego spomiędzy nas są i muszą wiecznie pozostać jego wyłączną własnością, jego skarbem, nieznanym nikomu i niedostępnym dla nikogo.

A jednak, nie sędzę, ażebyśmy różnaitość naszych odpowiedzi mogli wytłumaczyć zupełnie podatnością wyrazów, któremi oddajemy nasze wrażenia. Rozmaite osoby odczuwają jednakowe cieplne pobudki w sposób istotnie rozmaity. Nigdy wszak trudniej nie bywa o jednomyślność pomiędzy ludźmi, niż kiedy idzie o sposób ubrania się na mróz surowy, lub o napalenie w piecu, lub o zamknięcie, czy otworzenie okna, o którykolwiek, słowem jednym, z tych drobnych kłopotów, które nam ciepło i zimno codziennie sprawiają.

Lecz, czyż może nas dziwić różnaitość podobna, skoro wrażliwość każdego spomiędzy nas na cieplne pobudki, stosownie do okoliczności, bywa rozmaita? Mam tu trzy naczynia; w pierwszym jest woda zimna, w drugim jest woda gorąca, a w trzecim woda, cieplejsza od pierwszej, lecz chłodniejsza od drugiej.

Jeśli przyzwyczaję zmysł ciepły mój ręki do wody zimnej, ta woda pośrednia wydaje mi się ciepłą. Jeśli, przeciwnie, trzymałem rękę naprzód w wodzie gorącej, taż sama woda, ta trzecia, wyda mi się chłodną.

Tracimy więc zupełnie nadzieję, ażebyśmy przez świadectwo naszego zmysłu ciepłego mogli poznawać prawdziwie bezwzględny stan ciepły przedmiotów, jakie nas otaczają.

Lecz, chociaż różnimy się w zdaniu, gdy mowa o tem, czy i o ile w téj sali jest ciepło, zgodzilibyśmy się wszyscy, nieprawdaż, że poczęłoby w niej być ciepłej, gdyby tu, pośród nas, wielki rozniecono ogień. Więc może zmysł ciepły uczy nas prawdziwie o różnicach ciepłych? o tem, które są ciała cieplejsze i które zimniejsze? Zbadajmy tę sprawę. Mam tu żelazo, drzewo, papier, róg, puch. Żelazo wydaje mi się znacznie zimniejszym, drzewo również nieco chłodniejszym od papieru, rogu i puchu. A jednak są to proste złudzenia. Ten kawałek żelaza wydaje mi się zimnym, gdy go biorę do ręki, lecz niebawem wrażenie to znika, żelazo przestaje sprawiać wrażenie zimna. Powiadamy, że ręka moja ogrzała żelazo i jest to prawda: ciało nasze bywa wogóle ciepłe, cieplejsze od przedmiotów w pokoju, a ciało cieplejsze, jak nam również wiadomo, gdy się zetknie z zimniejszym, samo nieco stygnie, lecz owo drugie ciało sobą ogrzewa. Jeżeli jednak ręka, jako cieplejsza, ogrzała kawałek żelaza, jeżeli tak samo ogrzewa go płomień i każde ciało cieplejsze, tedy czemuż, zapytuję, nie ogrzeje go ani papier, ani puch, ani róg? choć przecie zmysł ciepły zdawał się dowodzić, że są cieplejsze od kawałka żelaza.

Zdołałem, być może, zachwiać zaufanie nasze do względnych nawet wskazówek naszego zmysłu cieplnego, a teraz spróbuję rozwiać je zupełnie. Róg i żelazo, które badałem przed chwilą, kładę do wody gorącej i teraz, gdy już są gorące, widzę, że zmienione są role. Metal wydaje mi się gorętszym, róg — stosunkowo chłodnym. Teraz już zaczynamy widzieć jasno w tej sprawie. Metal wydaje się zimniejszym od rogu, gdy obadwa te ciała, i metal i róg, są chłodniejsze od ręki; gdy obadwa ciała są cieplejsze od ręki, rzeczy mają się odwrotnie i wreszcie i metal i róg, doprowadzone ręką do jednakowego z nią stanu cieplnego, nie okazują też pomiędzy sobą wzajemnie żadnej różnicy. A zatem zmysł cieplny nie o tem nas uczy, czy metal zimniejszy jest, czy róg, lecz o tem jedynie, czy ręka nasza ogrzewa się, czy oziębia. Metal szybciej ją chłodzi, gdy jest zimniejszy i szybciej ją ogrzewa, gdy jest cieplejszy, od papieru, puchu i rogu; dlatego w pierwszym razie wydaje się chłodniejszym, w drugim — cieplejszym. Otóż i zbudowaliśmy wytłumaczenie, teorią działania zmysłu cieplnego; a teraz należy ją sprawdzić.

Ażebyśmy mogli ją sprawdzić, musimy użyć termoskopu, przyrządu, który wskazywałby prawdziwie stan cieplny ciał, jakie badać zechcemy. Oto mam tu (fig. 1) termoskop, nie tylko bardzo wrażliwy i nieludzający, jak ręka, lecz nadto tak zbudowany, że wszyscy obecni zobaczą, że tak powiem, każde przez ten przyrząd doznane wrażenie. Oto jest termoelement, oto galwanometr ¹⁾. Ogrzanie, lub oziębienie czułej

¹⁾ Podczas wykładu obraz powiększony galwanometru rzucano na ekran zapomocą latarni projekcyjnej.

powierzchni termoelementu budzi w nim natychmiast prąd elektryczny; prąd biegnie do galwanometru i zdradza się wówczas odchyleniem wskazówki. Oto widzimy skutek, gdy zbliżam do termoelementu płonącą zapalkę. Teraz oziębiam element zapomocą lodu: wskazówka gwałtownie zawraca i ucieka na lewo. A zatem termoelementowi jest gorąco lub zimno, wmiarę tego, czy na prawo czy na lewo biegnie wskazówka.

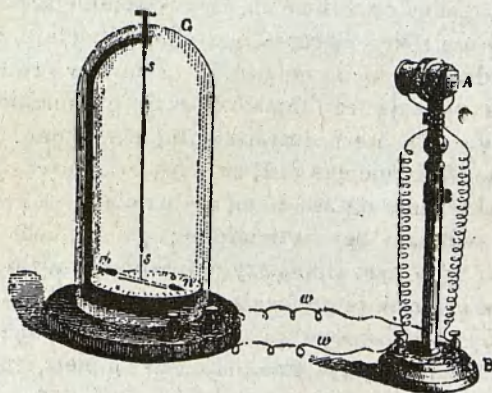


Fig. 1. Termoelement i galwanometr.

Oto jest żelazo, oto papier i róg, któremi zajmowaliśmy się przed chwilą. Wprowadzam je po kolei w zetknięcie z termoelementem: galwanometr milczy, ciała te istotnie są jednakowo ciepłe, zmysł cieplny ręki stanowczo w błąd nas wprowadzał. A pochodziło to stąd, że ręka była cieplejsza, że ją metal chłodził prędzej od rogu.

Lecz jeśli tak było istotnie, tedy powinniśmy mózdz odtworzyć i to złudzenie naszego zmysłu cieplnego na termoelementcie: trzeba go tylko uczynić cieplejszym od metalu i rogu, a będzie nas łudził podobnie jak ręka. Nie będę termoelementu ogrzewał, wolę żelazo i róg oziębić: włożyłem je do wody lodowatej. Badam teraz termoelementem: róg, jak widzimy, małe na nim sprawia wrażenie, żelazo, przeciwnie, niezmiernie zimnem się wydało. Sprawdziliśmy naszą teorię, zbudowaliśmy martwy przyrząd, który zachowanie się ręki naśladuje zupełnie.

Lecz i to sprawdzimy, cośmy w tłumaczeniu przed chwilą bez dowodu przyjęli: że metal prędzej odprowadza i prędzej doprowadza ciepło, niż róg. Biorę termoelement, kładę nań sztabkę z rogu i doprowadzam teraz ciepło od przeciwległego końca, z tego kawałka gorącego mosiądzu; galvanometr milczy, zbyt długo czekalibyśmy, zanimby przemówił. A teraz powtarzam tę próbę z żelazem: widzimy, jak szybko ciepło zdołało przeniknąć przez sztabkę żelazną i na termoelement oddziałać. Fizycy mówią, że żelazo jest przewodnikiem ciepła dobrym, lub przynajmniej od rogu znacznie lepszym.

Miedź jest jeszcze lepszym. Jednym płomieniem ogrzewam tu bestronnie dwie sztaby: żelazną, miedzianą. Sztaby dźwigają na sobie kulki metalowe, przylepione woskiem. Ciepło powoli roschodzi się w obu, wosk się topi, kule spadają, lecz widzimy, że to wszystko odbywa się znacznie prędzej w sztabie miedzianej (fig. 2).

Metale, ciała gęste, zbite, przewodzą ciepło dobrze; nierównie gorzej przewodzi wszystko, co jest

luźne, porowate lub włókniste. Pokrywam azbestem, materyjałem z delikatnych (mineralnych) nici utkany, czułą powierzchnię mego elementu, kładę nań to żelazo gorące, a jednak galwanometr nie daje znaku, tak doskonale ochrania azbest. Biorę nieco azbestu, kładę go na dłoń moję, na azbeście umieszczam kulę rospaloną do czerwoności. Czynię to całkowicie bezpiecznie.

Pomiędzy gazami, ciałami lotnemi, zachodzą podobnie znaczne różnice co do przewodnictwa cieplnego. Rurę, umieszczoną pionowo, którą mam tu przed

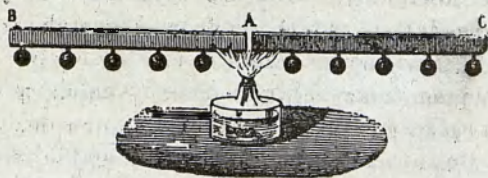


Fig. 2. Dwie sztaby, z przyklepionemi kulkami.

sobą, mogą wypełnić dowolnie bądź wodorem, bądź bezwodnikiem węglanym. Wodór, jako gaz lżejszy, doprowadzam od góry, bezwodnik węglany, jako gaz cięższy, od dołu. Przeciągnięto przez tę rurkę drut platynowy, przez który obecnie prowadzę prąd elektryczny; pod tem działaniem drut się rozgrzewa aż do białości. Wypełniam wszelako górną połowę rury wodorem i oto na tej górnej swej części drut przestaje się żarzyć; na dolnej, przeciwnie, gdzie znajduje się bezwodnik węglany, żarzy się jak przody. Ile razy wypełnię rurę wodorem, drut gasnie, ile razy bezwo-

dnikiem węglanym — rospala się nanowo. Wodór jest więc dobrym, lub przynajmniej stosunkowo dobrym przewodnikiem ciepła; jest tem pomiędzy gazami, czem są metale pomiędzy ciałami stałemi.

A teraz dosyć faktów; teraz myślmy o nich. Teraz próbujmy zapanować nad zmianami cieplnemi, które spostrzegaliśmy tylko dotychczas. Chcemy te spostrzeżenia uogólnić, chcemy w nich dopatrzeć abstrakcyj, z którymi teoretyk jedynie przestaje.

Teoretyk, stając przed zjawiskiem przyrody, obiera punkt widzenia, różny od naszych pospolitych, niejasnych, zamglonych punktów widzenia, a mianowicie: ilościowy. W każdym zjawisku teoretyk szuka téj strony, którą mógłby wymierzyć. My wszyscy w życiu codziennem znamy rozliczne jakości: są dla nas rzeczy częste i rzadkie, krótko i długotrwałe, wysokie, niskie, obszerne, ciasne, twarde, miękkie, sprężyste, ciekłe, głośnie i ciche, ciepłe i zimne, czerwone, niebieskie i fioletowe. Tego wszystkiego teoretyk nie zna; wszystko dla niego jest wielkie lub małe, wszystko w ściśle oznaczony sposób jest wielkie lub małe.

Wywołajmy jakiegokolwiek najpospolitsze zjawisko. Podniosłem tę gałkę nad stołem i pozwoliłem spaść jęj swobodnie. Jak mamy myśleć o tem ilościowo? Od chwili puszczenia, czas upływał a gałka spadała. Możemy powiedzieć, że odległość jęj od stołu lub wysokość jęj ponad stołem zmniejszała się; wszak mogę cały ruch gałki opisać dokładnie, podając w każdej chwili wysokość jęj ponad stołem. I oto pochwyciliśmy już stronę ilościową zjawiska. Nie potrzebujemy już myśleć o gałce spadającej: możemy myśleć

o pewnej linii (o wysokości nad stołem), która z biegiem czasu stawała się coraz krótszą. Myślimy już nie o zjawisku właściwym, lecz o pojęciu ilościowym, któreśmy utworzyli, o zmianach, którym ono ulega.

Teraz proszę o chwilę uwagi. Ten oto kawałek żelaza jest gorący: wyjąłem go z wody wrzącej. Zawieszam go w powietrzu, kładę go do wody lodowatej. Zatem kawałek żelaza stygnie powoli i wreszcie staje się zimnym, jak woda lodowata. Czy nie mogę powiedzieć obrazowo, że stan cieplny żelaza spadł od gorąca wody we wrzeniu aż do zimna wody lodowatej? Czy nie nasuwa się podobieństwo do spadku gałki nad stołem? Czy nie możemy, czy nie powinniśmy poszukiwać i tu strony ilościowej? Więc utwórzmy pojęcie, podobne do odległości gałki od stołu w przykładzie poprzednim; pomyślmy odległość stanu cieplnego w żelazie, w jakiegokolwiek chwili, od stanu cieplnego w żelazie lodowato zimnem; otóż i mamy temperaturę żelaza. A teraz przyjrzyjmy się bliżej temu pojęciu, które otacza tytułem nasze zebranie dzisiejsze.

Wracam jeszcze do gałki, która spada na stół. Powiedziałem, że wprowadzamy tu, jako wielkość charakterystyczną, odległość gałki od stołu. Gdybym był tylko powiedział „odległość”, a nie dodał „od stołu”, nie byłbym położenia gałki określił. Znajdując się na odległości metra od stołu, gałka znajduje się na całkiem innej odległości od podłogi, na innej jeszcze od poziomu ulic w Warszawie. Zamiast odległości gałki od stołu, od podłogi, od poziomu ulic, mógłbym uważać, przypuśćmy, odległość gałki od sufitu tej sali i zaraz inaczej wypadłby mi obraz spadku, albowiem, gdy tamte odległości malały, ta, przeciwnie, rośnie

przy spadaniu. Muszę, jednym słowem, „oznaczyć zero” moich odległości; muszę powiedzieć, od jakiego poziomu je liczę.

Podobnież muszę oznaczyć zero moich temperatur; podobnież muszę powiedzieć, od jakiego poziomu je liczę.

Dopóki sam jeden rozważam moję galkę nad stołem, nie napotykam tu żadnych trudności. Lecz przypuśćmy na chwilę, że rozmaici spostrzegacze, w Warszawie, w Paryżu, w Londynie, mają również galki i również ich położenia badają i przypuśćmy, że zależy na tem, ażeby te wszystkie badania były porównywalne ze sobą. Stół mój podówczas nie jest, widocznie, właściwym poziomem, nie jest przydatny do wyznaczania zera odległości, albowiem może tylko mnie służyć. Powierzchnia ziemi, z jej dolinami i górami, z jej niezliczonymi nierównościami, również odrzuconą być musi. Pozostaje nam jeden poziom powszechny, poziom mórz i oceanów: ten jest wszędzie jednakowy, więc może stanowić wspólną, powszechną podstawę do pomiarów odległości pionowych.

Podobne pytania zadać sobie musimy przy wyborze zera temperatur. Za zero temperatur chcieliśmy uznać temperaturę wody, pomieszanej z lodem. Czy jest to istotnie poziom stały? Czy lód topi się zawsze przy tej samej temperaturze? Czy woda marznie zawsze przy tej samej temperaturze? Tak jest istotnie, oto doświadczenie, które tego dowodzi. Mam tu wodę, pomieszaną z lodem; wewnątrz jest termometr, który wskazuje temperaturę. Pozwólcie mi odłożyć na chwilę opis i wytłumaczenie tego termometru. Obecnie wskazuje on jakąś temperaturę, którą nazy-

wamy zerem. Dodaję więcéj lodu; termometr pokazuje zero. Wstawiam wszystko do mieszaniny oziębującej, znacznie zimniejszej, niż woda ta z lodem; termometr pokazuje zero. Ogrzewam: termometr się nie podnosi i wciąż pokazuje zero. Dopiero, gdy stopię lód całkowicie, termometr zacznie się podnosić. Można ogrzać wodę, ale mieszaniny lodu z wodą ogrzać niemożna, można ją tylko stopić. Niemożna jéj również oziębic, można ją tylko zamrozić. A zatem, istotnie, temperatura wody marznącej, lub topiącego się lodu jest stała, w zwykłych przynajmniej warunkach. Ten zatem punkt, gdzie lód się topi, a woda zamarza w zwykłym powietrzu, przyjęto powszechnie za punkt zero temperatur.

Poprowadźmy jeszcze nieco dalej nasze porównanie. Przypuśćmy, że eksperyment nad spadaniem gałki odbywamy nad morzem, czy na morzu. Gałka spada z wysokości jednego metra, przypuśćmy, nad wodą i, przebiegłszy ten metr, wpada do wody. Wysokość jéj w téj chwili wynosi zero, albowiem umówiliśmy się, że będziemy mierzyli wysokości pionowe od poziomu wód w oceanach. Gałka wpadła do wody i zanurza się w wodzie; jak teraz podamy jéj wysokość, gdy nie nad, lecz pod powierzchnią wód się znajduje? Powiemy oczywiście, że wysokość jéj jest ujemna. Położenia gałki nad wodą odpowiadały liczbom dodatnim, więc położenia jéj pod wodą odpowiedzą — ujemnym. Zero jest granicą liczb dodatnich i ujemnych, tak samo, jak powierzchnia wody jest granicą pomiędzy powietrzem a wodą. Wybraliśmy zero w sposób dowolny; więc się wydarza, że zejść i pod nie jesteśmy zmuszeni.

Równie konwencyjonalnym jest wybór zera naszego temperatur, mianowicie temperatury topliwości lodu. Dlaczego lód właśnie, dlaczego topienie się jego wybraliśmy do ustalenia zera? Wiele na to moglibyśmy przytoczyć powodów praktycznych, na względy historyczne moglibyśmy się powołać; ale nie możemy podać żadnej przyczyny teoretycznej, wynikającej z istoty rzeczy. Zero nasze jest obrane dowolnie, istnieją temperatury jeszcze niższe i te po prostu nazywamy ujemnymi.

A teraz, proszę, wystawmy sobie, że potrafimy wymierzyć odległość galki nie od poziomu morza, czy innego zera umówionego, lecz od środka kuli ziemskiej. Czy nie jest widocznem, że to już nie konwencyjonalne jest zero? Zejść pod nie niemożna, środek ziemi jest najniższym punktem dla wszystkich miejsc na powierzchni ziemskiej. Sama natura wskazała nam ów środek jako zero, albowiem, właśnie w zjawiskach spadania, posiada on szczególne własności — ciężar wszelkiego ciała byłby w nim żaden; a posiada on te własności nie z ludzkiej umowy, lecz mocą niezmiennych praw przyrody. I dopiero poznanie zjawiska spadania doprowadza do znalezienia tego zera, prawdziwego, bezwzględnego zera wysokości pionowych na ziemi.

Podobnież, do znalezienia prawdziwego, bezwzględnego zera temperatur doprowadza dopiero głębsze poznanie praw zjawisk cieplnych, przy badaniu których pojęcie temperatury jest nam potrzebne. Czy istnieje bezwzględne zero temperatur? Czy może istnieć zimno takie, że żadne ciało nie może już być zimniejszym? Pozwolę sobie odroczyć odpowiedź na to pytanie.

Mamy już teraz przed naszym wzrokiem duchowym pojęcie temperatury; więc odpowiedzmy na dalsze pytanie, jak będziemy temperaturę mierzyli. Zbudujmy, inaczej mówiąc, „skalę temperatur”.

Bardzo wiele ciał — nie mogą powiedzieć każde ciało — roszerza się, powiększa swą objętość przy ogrzewaniu. Oto kula, która obecnie, gdy ma temperaturę pokojową, przechodzi swobodnie przez pierścień; ogrzewam ją i zobaczmy niebawem, że, będąc gorącą, nie przechodzi przez pierścień (fig. 3). Oto jest sztaba miedziana, przez którą prąd elektryczny przebiegłby natychmiast, gdyby sztaba dotknęła téj oto płytki; stąd popłynąłby dalej do węzownicy platynowej i rozgrzałby ją niebawem do czerwoności. Lecz przez powietrze prąd przejść nie może. Ogrzewam zatem sztabę i oto błysnęła węzownica, zaświadczając, że sztaba się roszerzyła i dotknęła płytki.

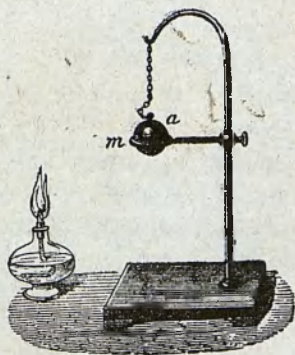


Fig. 3. Pierścień Gravesanda.

W tym znowuż przyrządzie (fig. 4) roszerzający się pod działaniem ciepła drut metalowy porusza, w sposób widoczny dla wszystkich, wskazówkę, umieszczoną na osi poziomej. Tu zatem ciepło działa me-

chanicznie, sprawia skutki, jakie moglibyśmy wywołać przy pomocy mięśni.

Kładę na ten oto walec żelazny grubą obręcz również żelazną, którą rospalono tu do czerwoności. Obręcz kurczy się teraz, gdy stygnie stopniowo, a zatem ściska sobą walec żelazny, a ściska go tak potężnie, że, jak w tej chwili, pęka, wydając dźwięk suchy, charakterystyczny.

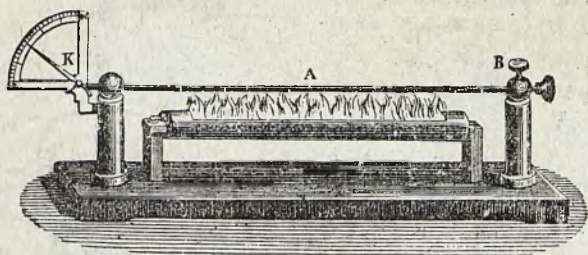


Fig. 4. Rosszerzalność drutu.

Zauważmy przebieg następującego doświadczenia (fig. 5). Balon o dłuższej, cienkiej szyjce jest wypełniony alkoholem. Wstawiam go do wody gorącej: uważajmy na poziom alkoholu w szyjce balonu. Po wstawieniu do wody, poziom alkoholu nieco opada, potem się zatrzymuje i poczyną iść w górę. Czyż, pod pierwszem działaniem ciepła, alkohol się kurczył? Bynajmniej; nie zapominajmy o balonie szklanym. Zanim ogrzał się alkohol, musiał przedtem ogrzać się balon szklany, który na działanie ciepła przede-

wszystkiem był wystawiony. Gdy zatem ogrzewał się balon, rosszerzał się, stawał się większym, pojemniejszym i alkohol musiał opadać. Lecz później już sam alkohol zaczął się ogrzewać, rosszerzać i to powetowało z nadmiarem powiększenie się balonu. Przekonaliśmy się zatem w tem doświadczeniu, najpierw, że i szkło i alkohol rosszerzają się przy ogrzewaniu; powtóre, że po pewnym czasie dopiero ciepło zdołało przeniknąć przez szkło do alkoholu. To zjawisko było nam już znane pod nazwą przewodnictwa cieplnego.

Przekonamy się na tym tutaj przyrządzie, że objaśnienie poprzedniego doświadczenia było prawdziwe. Mam tu zupełnie takież sam balon i w nim alkohol, lecz alkohol ten mogę tu ogrzać odwewnątrz, mogę, że tak powiem, wprowadzić ogień do cieczy, nie bezpośrednio, rzecz prosta, lecz przy pomocy prądu elektrycznego. Prąd ten przepuszczam przez drut platynowy spiralny, umieszczony w alkoholu. Widzimy, że alkohol od początku podnosi się w rurce ku górze.

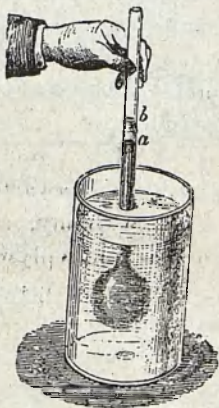


Fig. 5. Balon z alkoholem.

Ciała gazowe rosszerzają się podobnie, jak stałe i ciekłe. Balon szklany, wypełniony powietrzem,

jest zanurzony szyjką pod wodę. Ponieważ wewnątrz w balonie znajduje się powietrze, które ciśnie tak samo jak atmosfera nazewnątrz, przeto woda w szyjce stoi równie wysoko, jak nazewnątrz. Ale teraz ogrzewam balon i przez balon powietrze. Powietrze natychmiast nabiera jakgdyby większej prężności, wy-ciska przed sobą słup wody i wreszcie pod formą baniek wydostaje się nazewnątrz. Przestaje ogrzewać i powietrze w balonie traci swą chwilową energiją. Nie wróci już to powietrze, które wyszło z balonu, a to znów, jakie zostało, rozproszone na cały balon, nie może już sprawić równie znacznego ciśnienia, jak poprzednio, gdy w tym samym balonie było więcej powietrza. Dla tego woda podnosi się w rurce i po-części wypełnia zawartość balonu.

Stąd widzimy, że objętość, jaką gaz zajmuje, bardzo znacznie wpływa na wywierane przezeń ciśnienie i odwrotnie, ciśnienie, jakiemu gaz poddajemy, bardzo znacznie wpływa na jego objętość. Jeśli więc pragniemy rozpoznać czysty wpływ ogrzewania na objętość gazu, starajmy się ogrzewanie prowadzić tak, ażeby ciśnienie pozostało stałym. Mogę to uczynić zapomocą tego tutaj przyrządu (fig. 6). Ponieważ poziomy cieczy stoją w obu rurkach jednakowo wysoko, powiadamy, że powietrze wewnętrzne znajduje się pod ciśnieniem atmosfery. Ogrzewam teraz to powietrze i doprowadzam poziomy znowu przybliżenie do jednakowej wysokości; powietrze wewnętrzne musi więc być znowuż pod ciśnieniem atmosferycznym. Widzimy jednak, o ile większą zajmuje objętość obecnie, gdy ma temperaturę wyższą.

Na rozzszerzalności ciał pod działaniem ciepła za-

sadza się pospolita skala termometryczna, ta naprzy-
kład, według której zwykle nasze termometry są zbu-

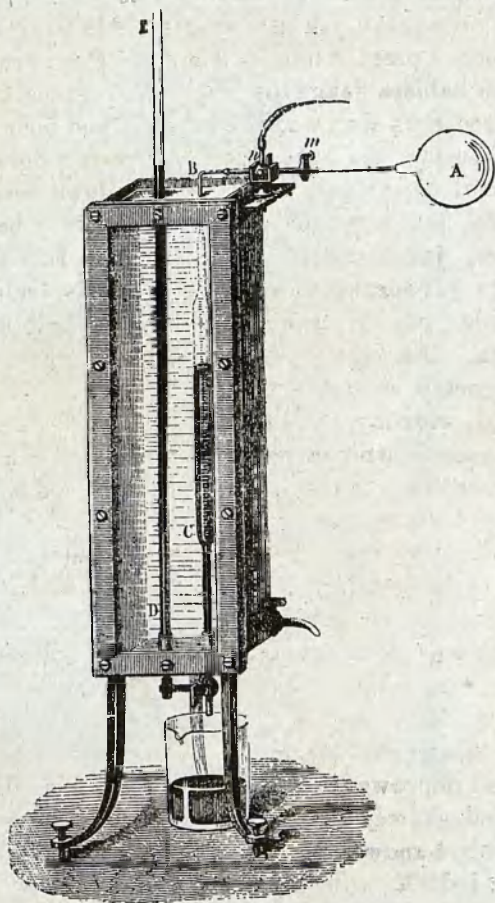


Fig. 6. Termometr powietrzny.

dowane. Oto jest (fig. 7) termometr rtęciowy. W zasadzie jest on podobny do przyrządu, który nam posłużył do uwidocznienia rozzszerzalności alkoholu. Toż



Fig. 7. Termometr
rtęciowy.

samo naczynko, tylko nieco wydłużone; też sama cienką rurką, na której umieszczono podziałkę. Zazwyczaj w naszych termometrach piszą zero w tem miejscu, gdzie zatrzymuje się rtęć w termometrze, jeśli go zanurzymy do topiącego się lodu, a sto w tem miejscu, gdzie zatrzymuje się rtęć, wystawiona na ciepło wody, która wre. Pomiedzy zerem a setną podziałką mamy w rurce pewną objętość, tę podzielono na sto części i otrzymano tą drogą 99 podziałek: 1, 2, 3... aż do 99. Oto mamy zupełnie gotową, wykończoną skalę termometryczną. A teraz spytajmy, co ona jest warta praktycznie i naukowo?

Widzimy odrazu, że termometr rtęciowy funkcjonuje nie tylko dzięki rozzszerzalności rtęci, lecz nadto dzięki rozzszerzalności szkła, lub ściślej — pomimo rozzszerzalności szkła. Przypomnijmy sobie tylko doświadczenie z alkoholem. Rtęć, prawda, idzie w górę, gdy ogrzewamy termometr, lecz ten widoczny jej przyrost objętości jest tylko różnicą pomiędzy

przyrostem, któryby nastąpił, gdybyśmy mogli ogrzać rtęć, ogołoconą z wszelkiego naczynia, a spadkiem jęj, wynikającym z roszszerzania się samego naczynia. Lecz szkło nie jest materyjałem jednorodnym: jest to mięszanina, otrzymywana przez współczesne topienie ze sobą węglanu wapnia lub ołowiu, węglanu potasu lub sodu i krzemionki. Wystawmy sobie teraz dwa termometry rtęciowe, które zbudowaliśmy najstaranniej, których punkty zero i sto, a na téj zasadzie i całą pozostałą skalę wyznaczylśmy najstaranniej. Naturalnie, przy punkcie marznięcia wody i przy punkcie wrzenia wody termometry nasze zgadzają się ze sobą; ale gdziekolwiek przy temperaturach pośrednich, przy podziale 30 przypuścmy, czy 70, termometry nasze mogą zupełnie nie zgadzać się ze sobą. I nie będzie to winą mechanika, który termometry budował, urządzał, opatrywał podziałką; naszą to będzie winą, którzyśmy zasadę budowy przyrządu nieprzezornie obrali. Albowiem rtęć w obu termometrach jest jednakowa i roszszerza się jednakowo, ale szkło w obu termometrach może być niejednakowe i roszszerzać się niejednakowo. Choćbyśmy z jednego tygla w hucie szklanéj poczerpnęli materyjał na budowę dwu naczyń termometrycznych, roszszerzalność ich może być niejednakowa. Choćbyśmy odrzucili szkło i wyrobili termometry z materyjału jednorodnego, przypuścmy z metalu, roszszerzalność ich może być niezupełnie ściśle jednakową.

To są wady poważne, lecz do nich przybywają i inne. Roszszerzalność naczyń termometrycznych nie tylko bywa w każdym okazie odmienną, lecz nadto w jednym i tym samym okazie ulega zazwyczaj, z bie-

giem czasu, zmianom, wahaniom. A wówczas termometr, który np. był przed miesiącem prawdziwy, dziś daje błędne wskazówki.

Cóż tedy począć? Nie możemy usunąć zupełnie wpływu naczynia termometrycznego, albowiem bez tego naczynia obejść się nie możemy. Lecz wpływ ten możemy w znacznej mierze zagłuszyć, obierając gaz, a nie ciecz, za ciało termometryczne, a zatem powietrze, lub wodór, lub azot, lub którekolwiek inne ciało lotne. Gazy rozzszerzają się mianowicie nieporównanie znacznie, energiczniej, niż ciecze. Rtęć rozzszerza się 8 razy więcej, niż szkło, a powietrze 160 razy więcej, niż szkło. Do wody gorącej kładę tu jednocześnie dwa termometry: powietrzny i rtęciowy, tak zbudowane, że powietrze w jednym, a rtęć w drugim zajmują jednakową objętość. Widzimy, jak znakomicie termometr powietrzny wyprzedza rtęciowy.

Ów przyrząd, który pokazałem poprzednio, gdy mówiliśmy o rozzszerzalności powietrza, jest tedy gotowym termometrem powietrznym. Trzeba tylko mierzyć zmiany objętości, lub ciśnienia, którym gaz ulega, gdy go ogrzewamy. Jestto, jak powiedziałem, termometr dokładniejszy, lub raczej mniej niedokładny, od rtęciowego i podobnie jak rtęciowy wystarcza w życiu codziennem, w medycynie i zwykłych przemysłach, podobnież gazowy wystarcza pospolitym, praktycznym zadaniom nauki, jój potocznym pomiaram, spostrzeżeniom, z których tworzy się „wiedza”; lecz nie wystarcza on w tej wznioslejszej dziedzinie myślenia, która jest umiejętnością, która do teorii się wznosi. Porzućmy więc teraz prozę ludzkich umów

i względów praktycznych, hymny przyrody stoją teraz przed nami otworem.

Teoryja ciepła, czyli termodynamika, posługuje się, jak przystoi teorii, termometrem idealnym, którego rzeczywiście zbudować niemożna. Ów idealny termometr byłby w każdym razie podobniejszy do maszyny parowej, niż do

zwykłych naszych rtęciowych, czy gazowych termometrów. Może z tego rysunku (fig. 8) poweźmiemy o nim pojęcie. W walcu szklanym zamknięte jest powietrze, przypuśćmy; powietrze to może popychać przed sobą lekki tłoczek. Przypuśćmy, że zanurzam walec do topiącego się lodu; tłok znajduje się wówczas na pewnej wysokości.

Przypuśćmy, że kładę walec do wody wrzącej; powietrze się rozszerza,

podnosi tłok, dopóki przez zajęcie większej objętości, nie wróciło do dawnego ciśnienia. Teraz wreszcie przypuśćmy, że wstawiam walec napowrót do lodu. Wówczas powietrze wraca do pierwotnego stanu, tłok — do pierwotnego swego położenia; ale nie powrócą ani lód, ani woda wrząca, nie będą już tem,

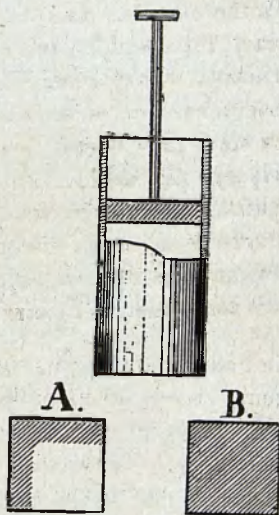


Fig. 8. Maszyna termodynamiczna

czem były na początku. Dlaczego? Albowiem nasz walec odebrał nieco ciepła wodzie wracając, gdy powietrze się w nim rozszerzało, albowiem lodowi dostarczył znów nieco ciepła, gdy się powietrze powrotnie kurczyło. Przypuśćmy, że nie poprzestałem na tem jednorazowem wypchnięciu tłoka naprzód i cofnięciu go napowrót; przypuśćmy, że zupełnie też same działania powtórzyłem jeszcze poraz drugi, trzeci, dziesiąty; mógłbym tym sposobem oziębić wodę gorącą, ujmując jej wciąż ciepła, a lód może stopić całkowicie, może, stopiony, ogrzać jeszcze nad zero. Wreszcie, po bardzo wielu przenosinach walca, mógłbym oczywiście doprowadzić wodę, pierwotnie gorącą i wodę, z lodu powstałą, do jednej i téj samej, jakiejś pośredniej temperatury. Wówczas maszyna byłaby wyczerpana. Zanimby to jednak nastąpiło, mogę za każdym razem wyzyskać, zastosować pożytecznie siłę, jaką ogrzewanie nadaje powietrzu, mógłbym zmusić tłok do podnoszenia ciężarków np., albo do obracania kółek, lub nakręcania sprężyny, jednym słowem — do wykonywania pracy. Zauważmy pilnie tę pracę, którą nasz przyrząd dać może: odegra ona główną rolę w naszym rozumowaniu.

Gdybyśmy, w tym przyrządzie, zważali na ruch tłoka wyłącznie, mielibyśmy w nim nową postać termometru powietrznego, w którym tylko tłok rtęciowy został zastąpiony przez oto ten tłok drewniany. I znów ruch tłoka byłby zależny od rozszerzalności gazu i szkła i znów w różnych przyrządach byłby rozmaity i niedający się porównać. Lecz zwracajmy uwagę nie na sam ruch tłoka, raczej na pracę, jaką wykonywał i na ilość ciepła, jaką odbierał wodzie go-

raczej lub oddawał zimnej. Ta strona zjawiska ukazuje się w zupełnie innem świetle. Powiadam, że w każdej podobnej maszynie, jaką moglibyśmy zbudować istotnie, mielibyśmy tarcie tłoka o szkło, opór powietrza, stygnięcie przyrządu pomiędzy wodą gorącą a zimną i t. d., mielibyśmy, jednym słowem, tysiączne drobne, podrzędne zjawiska, które nam zakłócają czysty przebieg głównej naszej sprawy i złożonym go czynią. Lecz przypuśćmy na chwilę, że je zmniejszyliśmy bardzo, jeszcze bardziej, że je zniesliśmy wreszcie zupełnie. Otóż wówczas, powiadam, wydajność naszego przyrządu, t. j. ilość pracy, której może dostarczyć, w stosunku do ilości ciepła, jaką bierze od gorącej wody, jest jedna dla wszelkich możliwych i naczyn i tłoków i gazów, jest stała dokładnie, przy wszelkiem urządzeniu maszyny zawsze jednako-
wa i od niczego innego nie zależy, tylko od temperatur owych dwu ciał, które są nam źródłem ciepła i zimna, czyli, jak tutaj, od temperatury wody gorącej i wody lodowatej. Jest to fakt, pewny zupełnie w naszej nauce.

Lecz, jeśli jest tak istotnie, tedy wydajność podobnej „maszyny termodynamicznej idealnej” może zostać obrana za miarę obu tych temperatur: temperatury źródła ciepła i temperatury źródła zimna. Więc powiem: wydajność ta powinna być za taką miarę obrana, skoro jestto jedyna znana własność ciepła, zależna od temperatur, a niezależna od natury, od budowy, od stanu i właściwości ciał, które ulegają zjawisku ciepłnemu.

A teraz dążę do wniosku i o chwilę jeszcze uwagi upraszam.

Powietrze, ogrzewane o jeden stopień (stopień stustopniowy termometru rtęciowego, powiedzmy) roszerza się o $\frac{1}{273}$ część swęj objętości pierwotnej, oziębiane — kurczy się o tyleż. Przypuśćmy zatem, że w pewnym balonie mamy właśnie 273 centymetry sześciennie np. powietrza i że temperatura wynosi zero, jest temperaturą topiącego się lodu. Ogrzewamy o jeden stopień; zatem $\frac{1}{273}$ część objętości pierwotnej przybyć musi, a że $\frac{1}{273}$ częścią 273 centymetrów jest 1 centymetr, więc mamy teraz, przy stopniu 1, już 274 centymetry sześciennie powietrza. Podobnie przy 2 stopniach nad zerem będziemy mieli 275, przy 3—276 centymetrów i t. d. Przeciwnie, przy 1 stopniu poniżej zera będziemy mieli widocznie 272, przy 2 poniżej — 271, przy 100 poniżej zera — 173 centymetry sześciennie. Stądby wypadało, że przy 273 stopniach poniżej zera powinniśmy otrzymać zero centymetrów sześciennych, gaz powinienby skurczyć się aż do objętości żadnej. Ten wniosek nie jest prawdziwy dla tego, że wszystkie znane gazy, niedochodząc do téj temperatury, 273 stopni pod zerem, skraplają się na ciecze, marzną na ciała stałe; roszerzalność zaś ciał ciekłych i stałych już jest zupełnie odmienna, nie ulega już prawu „o $\frac{1}{273}$ ”. Lecz wystawmy sobie gaz idealny, któryby w najdalszem nawet zimnie nie zmieniał swych własności. Takim gazem idealnym napełnijmy—w myśli tylko oczywiście—nasz dawniejszy termometr gazowy; urządzmy go tak, ażeby pokazywał:

0 — przy temperaturze, przy której topi się lód,
100—przy temperaturze, przy której wre woda;
wówczas będzie on pokazywał —273 stopnie przy temperaturze najniższej możliwej, przy temperaturze

bezwzględne zera. Zero bezwzględne leży więc o 273 takie stopnie poniżej zera zwykłego; lecz nie przenośmy tego wniosku na zwykłe nasze skale. Zwykle nasze skale wyrażają własności rtęci i szkła, lub powietrza i szkła; własności te znamy tylko aż do pewnych granic temperatury. Punkt, gdzie zwykle termometry wskazywałyby — 273, byłby niewątpliwie od zera bezwzględnego dalekim.

Lecz — i to jest mój wniosek — można tak wybrać miarę temperatur, określoną na mocy wydajności maszyny termodynamicznej idealnej, jak powiedziałem przed chwilą, że będzie się ona zgadzała zupełnie z temperaturą, wskazywaną przez ów idealny termometr gazowy. A zatem mamy tu skalę dogodną, bezwzględną, teoretyczną. Stopnie jęj pomiędzy punktami marznięcia i wrzenia wody, które nazywają się tutaj 273 i 373 odpowiednio, różnią się nieznacznie od stopni termometru rtęciowego, a jeszcze mniej od powietrznego. Zero jęj, zero bezwzględne, leży o 273 stopnie bezwzględne poniżej codziennego naszego, pospolitego zera.

Pragnęlbym przywizać w Waszój pamięci, łaskawi słuchacze, imię Sir Williama Thomsona, wielkie imię, chlubne dla nauki, dla Szkocyi i dla naszych czasów—do tęg skali bezwzględnęj, o której mówiliśmy przed chwilą, którą Sir William dał światu przed laty czterdziestu i trzema.

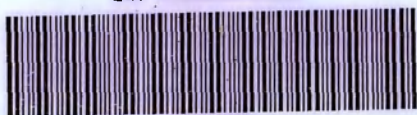
I pragnęlbym jeszcze powiedzieć, że i w termometri, w tym tak starym i pozornie tak szczupłym zakątku nauki, zadanie nie jest wyczerpane. Boć istotnie: skala powszechna, zatem dla wszystkich ciał

w przyrodzie nieubłagane jednakowa, jest nam nieodbitcie potrzebna; wszelako, gdyśmy ją posiadli, spostrzegamy, że całkowicie wystarczyć nam nie może. Tak dzieje się zawsze w rozwoju nauki. Im więcej skarbów nagromadziła praca pokoleń, tem więcej powstaje zagadnień, tem więcej budzi się dążeń i tem świetniejszy szereg obietnicęci na dalekim horyzoncie myślenia.

Istotnie: czy jest, powiedzmy, sprawiedliwie, mierzyć temperatury najrozmaitszych ciał na skali jednej i téj saméj? Żelazo topi się przy tysiącu sześciuset stopniach, ołów — przy trzystu dwudziestu, lód — przy zerze. A zatem 1600° dla żelaza znaczy tyleż mniej więcej, ile 320° dla ołowiu, a 0° dla wody. Przypuśćmy, że mamy kilkunastu chłopców, lecz w niejednakowym wieku. Od starszych powinniśmy oczekiwać wyższego wzrostu, niż od młodszych. Więc, jeśli wzrost chłopców mierzymy powszechną, wspólną jednostką, metrem np. lub łokciem, popełniamy pewną niesprawiedliwość, błądzimy. Powinnibyśmy zastosować jednostkę do wieku chłopców i starszych mierzyć dłuższą, niż młodszych. Podobnie błądzimy, gdy porównujemy własności np. żelaza, ołowiu i lodu przy jednakowych temperaturach. Tu żelazo, ołów i lód nie mogą być porównywane ze sobą. Dla każdego ciała określonego w przyrodzie powinniśmy zbudować, lub móżd zbudować, skalę osobną, przystosowaną do jego własności, tak mianowicie, ażeby wszystkie ciała były ściśle porównywalne ze sobą w jednakowych punktach własnych swoich skal poszczególnych. Rozwiązanie tego wspaniałego zadania stoi na porządku dziennym nauki dzisiejszój.

Kierujmy nasze umysły do nauki istotnej, jedynéj, do nauki czystéj! Kto zechce jéj siły poświęcić, radości, zawody z niéj czerpać, kto życie szczerze jéj w darze przyniesie, tego nauka uszlachetni, uzbroi, ukaże mu skarby ukryte, da mu wszystkie swoje rokosze. Potężną osłoną w życiu mu będzie, dobroczynnym urokiem się stanie, który od cierpienia ochrania, od goryczy odrywa, w czyste, słoneczne przestworza unosi.

Biblioteka Śląska w Katowicach
Id: 0030000724867



II 43869

