



**Książka wydana w ramach Centrum Dokumentowania Losów Mieszkańców Górnego Śląska i programu „Mój Górny Śląsk”, sfinansowana ze środków Miasta Żor.**

**PIOTR GREINER**

# **OTTO STERN**

**( 1888 - 1969 )**

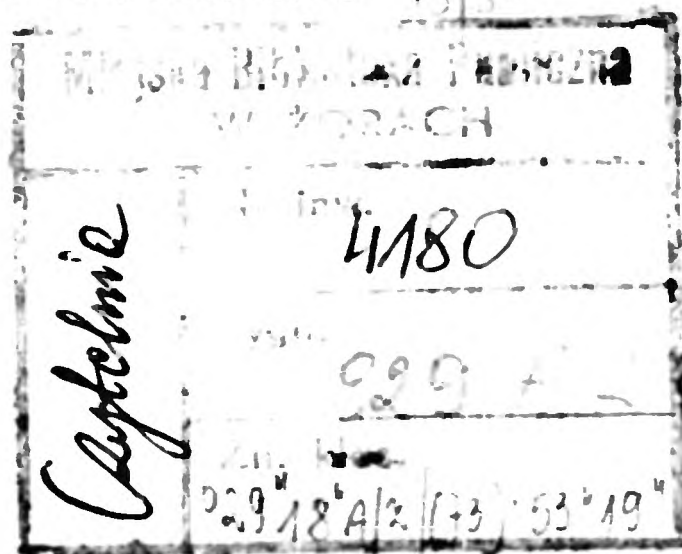
**NOBLISTA  
Z ŻOR**

**Towarzystwo Zachęty Kultury  
Katowice 1994**

Projekt okładki: *Marek J. Piwko*  
Redaktor: *Jadwiga Kwiecień*

© Copyright by Piotr Greiner Katowice 1993

ISBN: 83-86023-09-0 1993



Druk z powierzonych materiałów:  
"PAKOPRINT"  
Katowice, ul. Samsonowicza 23b  
tel. 155 61 66

Zainteresowanie drogą życiową Ottona Sterna, jednego z trzech laureatów nagrody Nobla urodzonych na Górnym Śląsku, wyniknęło nie tylko z chęci spopularyzowania tej postaci wśród mieszkańców jego rodzinnego regionu. Przyczyny samej w sobie zresztą wystarczającej, gdy przypomnimy, że należy on do szeregu wybitnych postaci pochodzących z tego regionu z premedytacją w ostatnich kilkudziesięciu latach wyrugowanych ze świadomości historycznej Górnoszlązaków. Istotne było jednak to, że losy Sterna są typowe dla całej trójki noblistów urodzonych na przełomie XIX i XX wieku na Górnym Śląsku. Przypomnijmy, że obok Sterna to najzaszczytniejsze w świecie wyróżnienie za epokowe odkrycia naukowe otrzymali: Kurt Alder, urodzony w 1902 r. w Królewskiej Hucie (dzisiaj Chorzów) nagrodzony w dziedzinie chemii w 1950 r. i Maria Göppert-Mayer<sup>1</sup>, urodzona

---

1. Por.: P. Greiner, *Maria Göppert-Mayer. Katowicka laureatka Nagrody Nobla*, Katowice 1992.

w 1906 r. w Katowicach, która otrzymała nagrodę za osiągnięcia z dziedziny fizyki w 1963 r. Wspólne było ich żydowskie pochodzenie i miejsce urodzenia, podobne początki kariery zawodowej — studia, a później praca naukowa na uniwersytetach niemieckich, wreszcie przymusowa emigracja za ocean po dojściu Hitlera do władzy w Niemczech. Postać Sterna zaciekawia zapewne czytelników również z powodu jego współpracy i długoletniej przyjaźni z najwybitniejszym i najsłynniejszym naukowcem XX wieku — Albertem Einsteinem. Niniejsza książeczka jest tylko próbą naryskowania biografii Sterna, której pełna prezentacja wymaga sięgnięcia do bogatszej literatury przedmiotu, a przede wszystkim do niedostępnych dla autora materiałów archiwalnych rozproszonych po Niemczech i Stanach Zjednoczonych.

\*

Otto Stern urodził się 17 lutego 1888 r. w Żorach w rodzinie żydowskiej. Trudno ustalić dokładnie, kiedy Sternowie osiedlili się w tym mieście, gdyż akta gminy żydowskiej zostały zniszczone podczas ostatniej wojny przez hitlerowców. Wiele danych sugeruje jednak, że byli związani z Żorami i Śląskiem od kilku pokoleń. Poświadczona historycznie obecność Żydów w tym mieście datuje się od początków XVI wieku. Na przełomie XIX i XX wieku mieszkało tu około 400 osób pochodzenia żydowskiego, co dawało im przeszło 10-procentowy udział wśród ogółu mieszkańców.

To wyjątkowo duże, jak na warunki Górnego Śląska (gdzie ludność pochodzenia żydowskiego nigdy nie przekroczyła 1,5 % ogółu) skupisko Żydów miało zapewne związek z dogodnym położeniem handlowym Żor. Leżało ono na pograniczu z Królestwem Polskim i Galicją oraz na arcyważnym szlaku handlowym prowadzącym przez Bramę Morawską do Czech i dalej na południe. Dzięki temu zresztą już w 1272 r. uzyskało prawa miejskie. Wiemy zaś na pewno, że dziad Ottona — Abraham założył w 1849 r. młyn parowy, przy ul. Rybnickiej. Rodzina Sternów zajmowała się równocześnie hurtowym handlem zbożem i produktami zbożowymi. Kupowała zboże w Królestwie Polskim i w Rosji, a sprzedawała jego przetwory do Czech i Austrii.

Ojciec naszego bohatera, Oskar Stern urodził się w Żorach 3 marca 1850 r. Dnia 1 listopada 1886 r. poślubił Eugenię z domu Rosenthal, pochodzącą z Rawicza. Z małżeństwa tego urodziły się: pierworodny Otto oraz Berta, Kurt, Lota i Liza, przy czym poza Ottonem tylko Berta urodziła się także w Żorach. Rodzina zajmowała wówczas dom w Rynku obok ratusza.

W roku 1892 Sternowie przenieśli się do Wrocławia, pilnowanie rodzinnego interesu w Żorach powierzając swemu plenipotentowi. Zamieszkali przy Kaiser-Wilhelm-Straße (obecnie ul. Powstańców Śląskich). Nie znamy dokładnie powodu tej przeprowadzki. Możemy tylko domniemywać, że Sternowie kierowali się tymi samymi pobudkami, które pod koniec XIX wieku skłoniły do emigracji wiele setek innych

rodzin żydowskich z Górnego Śląska. U podłoża tych decyzji leżały nastroje antysemickie narastające wraz z rozszerzeniem się ideologii nacjonalistycznych. Konsekwencją były malejące szanse na kontynuowanie kariery zawodowej lub osiągnięcie awansu społecznego. Ta swoista odmiana Ostflucht (czyli ucieczki ze wschodu, oczywiście wschodu Niemiec) spowodowała spadek liczebności ludności żydowskiej w Rejencji Opolskiej pomiędzy rokiem 1890 a 1910 z 21,2 tys. do 18,3 tys. Wprawdzie pruska ustawa z 11 marca 1812 roku wprowadziła równość praw obywatelskich dla Żydów, co zostało utrwalone ostatecznie przez konstytucję z roku 1850, to jednak praktyka życia codziennego, szczególnie w mniejszych miastach, była różna. A ciągle dominującą w społeczności Żydów niemieckich była sięgająca Mosesa Mendelssohna teza, że jedyną szansą i drogą postępowania dla tej społeczności jest jej pełna asymilacja kulturowa, obyczajowa i językowa. Ta zaś, jak i idąca za nią szansa dalszej kariery zawodowej czy społecznej była coraz częściej możliwa tylko w anonimowych dużych miastach. Najlepszym zaś sposobem do osiągnięcia tych celów było zdobycie wykształcenia.

W roku 1894 Otto został zapisany do czteroletniej szkoły powszechnej, tzw. *Vorschule* działającej przy gimnazjum św. Jana we Wrocławiu. Po jej ukończeniu przeszedł do klas gimnazjalnych. Johannesgymnasium mieszczące się przy Paradiesstraße (obecna ul. Worcel-la) było wyjątkowe wśród ówczesnych gimnazjów wrocławskich, jako gimnazjum miejskie o charakterze



tzew. szkoły otwartej, to jest niekonfesjonalnej. Stąd licznie uczęszczały do niego dzieci rodzin żydowskich. Jeśli chodzi o profil kształcenia, które oferowało, było to typowe wówczas pruskie gimnazjum neohumanistyczne. W programie dominowały przedmioty klasyczne, a godzin lekcyjnych z przedmiotów ścisłych było niewiele w stosunku do tygodniowego wymiaru zajęć z łaciny, greki, hebrajskiego (dla uczniów wyznania mojżeszowego), niemieckiego i nowożytnych języków obcych.

Czy Otto był już w gimnazjum uczniem wybitnym? (To zresztą, zdaje się, nie było regułą w biografiach wielu późniejszych noblistów). Trudno na to pytanie odpowiedzieć z braku dokładnych danych. Wiemy tylko, że pierwszą klasę gimnazjalną, tzw. *Primę* powtórzał. Maturę zdał w formie ustnej, jako jeden z nielicznych ze swojego rocznika, w dniu 22 marca 1906 r. Egzamin obejmował dwa przedmioty: język niemiecki (analiza wiersza Schillera) i matematykę. Warto jeszcze odnotować, że podstaw przedmiotów ścisłych, w tym fizyki, uczył go w gimnazjum dr Robert Depéne.

Po zdaniu matury wpisał się 20 października 1906 r. (immatrykulacja) na Uniwersytet Wrocławski, wybierając jako główny kierunek studiów chemię, która tradycyjnie jeszcze wchodziła w zakres Wydziału Filozoficznego. Oprócz chemii studiował również fizykę, matematykę i filozofię. Nie było w tym nic nadzwyczajnego, bo jak wspominał po latach Max Born, który swoją karierę uniwersytecką rozpoczął również od stu-

diów na Uniwersytecie Wrocławskim: „[...] w Niemczech panowała wówczas najgłębsza możliwa wolność na uniwersytetach. W wielu wydziałach nie było żadnego planu zajęć, żadnej kontroli na ćwiczeniach, żadnych egzaminów poza egzaminem końcowym. Każdy student mógł wybierać dowolne przedmioty do studiowania, które mu się najbardziej podobały; był za to sam odpowiedzialny, tak jak za solidne przygotowanie się do egzaminu końcowego”. Do ówczesnego, dobrego zwyczaju należało także odbycie części studiów w innych ośrodkach uniwersyteckich. Przywoływany już Born tak to skomentował: „[...] zwyczajną wówczas sprawą było, że niemieccy studenci wędrowali w czasie studiów po uniwersytetach, z różnych zresztą powodów. Czasami przyciągała ich sława jakiegoś profesora albo dobrze wyposażone laboratorium; w innych przypadkach fantazja lub piękność miasta uniwersyteckiego, jego muzea, teatry lub dobre warunki do uprawiania sportów zimowych, czy po prostu wesołe życie studenckie w danym ośrodku akademickim”.

Stern, oprócz dziesięciu semestrów we Wrocławiu, spędził po jednym semestrze na uniwersytetach we Freiburgu (semestr letni 1907 r.) i w Monachium (semestr zimowy 1908 r.). Szczególnie owocny dla jego dalszego rozwoju był pobyt w Monachium, gdzie miał okazję pobierać nauki u Arnolda Sommerfelda, późniejszego współtwórcy podstaw fizyki kwantowej.

Wrocławski ośrodek uniwersytecki nie należał w owym czasie do czołowych w skali Niemiec, jeżeli chodzi o poziom badań w naukach ścisłych. Jak wspo-

minał po latach złośliwie jeden ze sławnych później studentów tej uczelni: „[...] głównym wyposażeniem laboratoriów było kilka retort z czasów Wallensteina, które na pewno służyły już Keplerowi”. Było w tym trochę przesady, bo w latach 1895—1900 Instytut Fizyki otrzymał specjalnie dla niego wybudowane pomieszczenia, a budynek dla Instytutu Chemii zmodernizowano. Stern zdecydował się jednak na dokończenie studiów właśnie we Wrocławiu, co wiązało się z konkretyzacją jego zainteresowań naukowych. Pod wpływem lektury prac Ludwiga Boltzmann'a dotyczących teorii molekularnej i mechaniki statystycznej oraz opracowań Walthera Nernsta z zakresu termodynamiki postanowił bowiem zająć się chemią fizyczną. We Wrocławiu zaś istniał silny ośrodek naukowy zajmujący się tą dziedziną chemii, kierowny przez prof. Richarda Abegga (jego głównym obszarem badań była elektrochemia) przy współudziale Otto Sackura. Byli oni twórcami tzw. wrocławskiej szkoły chemii fizycznej, której specjalność stanowiły badania nad termodynamiką. Poza tym do jego nauczycieli akademickich we Wrocławiu należeli m.in.: Otto Lummer (dyrektor Instytutu Fizyki Uniwersytetu Wrocławskiego, zajmujący się badaniami nad optyką i spektroskopią, współtwórca fotometru Lummera-Brodchuma), Ernest Pringsheim (badający również optykę) i przede wszystkim Rudolf Ladenburg — fizyk eksperymentator zajmujący się teorią promieniowania i fizyką atomową, pełniący wówczas funkcję dyrektora Instytutu Chemii (pod jego kierownictwem kierunek ten we Wrocławiu

zanotował znaczne sukcesy naukowe). Był słuchaczem także sławnego matematyka wrocławskiego prof. Jacoba Rosanesa.

Informacje o studenckich losach Sterna należy jeszcze uzupełnić podstawowymi danymi o ich przebiegu i wynikach: 6 marca 1908 r. złożył egzamin zbiorczy (*Verbandexamine*), a 6 marca 1912 r. *Rigorosum*, uwieńczone zdobyciem najwyższej oceny — *Magna cum laude* (czyli „z wielką pochwałą”). Studia we Wrocławiu zakończył pomyślną obroną pracy doktorskiej, która miała miejsce 13 kwietnia 1912 r. o godz. 16<sup>00</sup>. Promotorem pracy był prof. Biltz, a jej tematem: „Przyczynek do teorii ciśnienia osmotycznego stężonych roztworów oraz rozważania dotyczące znaczenia prawa Henry’ego dla stężonych roztworów dwutlenku węgla w rozpuszczalnikach organicznych w niskich temperaturach”<sup>2</sup>. Wytyczyła ona jego działalność badawczą, dzięki której sam siebie określił jako teoretyka doświadczalnego. Zadecydowała również o wyborze dalszej drogi życiowej, która miała być prawie w całości poświęcona karierze naukowej. Taką drogę wybrali także jego brat Kurt, który został biologiem i zajmował się fizjologią roślin, oraz kuzyn Ar-

---

<sup>2</sup> W Bibliotece Uniwersytetu Wrocławskiego zachowała się nadbitka tekstu tej pracy doktorskiej (Otto Stern, *Zur kinetischen Theorie des osmotischen Druckes konzentrierter Lösungen und über die Gültigkeit des Henryschen Gesetzes für konzentrierte Lösungen von Kohlendioxyd in organischen Lösungsmitteln bei tiefen Temperaturen*. Breslau 1912) z odręczną dedykacją autora dla stryjostwa Hildy i Josefa Sternów — sygn. 8999 II.

thur, z wykształcenia lekarz, naukowo czynny w zakresie neurologii i psychiatrii. Stern podejmując swoje wybory znajdował się zresztą w luksusowej sytuacji. Był bowiem niezależny materialnie, w związku z czym miał możliwości kultywowania zainteresowań i nie musiał w ogóle zajmować się sprawami nie związanymi bezpośrednio z karierą naukową.

Taka sytuacja materialna pozwoliła mu na wyjazd do Pragi i podjęcie pracy na stanowisku asystenta-wolontariusza u nie byle kogo, bo u samego Alberta Einsteina, któremu już wtedy prorokowano, że stanie się Kopernikiem XX wieku. Sterna interesowała zresztą nie tyle kontrowersyjna wówczas teoria względności Einsteina (ogłoszona, przypomnijmy zaledwie kilka lat wcześniej, w 1905 r.), ile jego badania w dziedzinie fizyki molekularnej. Einstein w latach 1910—1912 kierował katedrą Fizyki Teoretycznej na Niemieckim Uniwersytecie w Pradze (utworzonym w 1882 r. przez podział Uniwersytetu Karola na dwie części — niemiecką i czeską). Wkrótce uformowało się wokół niego koło młodych fizyków, ściągających z całej Europy do sławnego już uczonego. Wśród poznanych tam przez Sterna uczonych na czoło wysuwa się świetny matematyk, przyjaciel Einsteina, Georg Pick, zamęczony później przez faszystów w Terezynie. Przyjaźń zadzierzgnięta wtedy między Sternem a (tylko o dziewięć lat starszym) Einsteinem przetrwała do końca ich życia, obfitując w wiele interesujących momentów, z których najdramatyczniejsze przypadły na lata 1941—1945.

W ślad za Einsteinem, który w lecie 1912 r. powrócił do Szwajcarii, pojechał Stern w 1913 r. do Zurychu. W tamtejszej Wyższej Szkole Technicznej, w Katedrze Fizyki Matematycznej, uzyskał asystenturę, a po obronie pracy habilitacyjnej prawo prowadzenia własnych wykładów, stając się tak zwanym *privat-docentem* (*Privatdozent*), co oznaczało pracownika naukowego nie będącego na etacie uczelni i nie pobierającego w związku z tym wynagrodzenia. W Szwajcarii poznał się z takimi fizykami, jak Paul Ehrenfest (termodynamik i fizyk jądrowy, współtwórca teorii Ehrenfesta-Oppenheimera), Max von Laue (twórca analizy rentgenowskiej, laureat nagrody Nobla z 1914 r. za odkrycie difrakcji promieni rentgenowskich w kryształach, znany popularyzator i historyk fizyki) oraz matematyk Hermann Weyl. Tam zaprzyjaźnił się także z Maxem Bornem. Ten urodzony w 1882 r. we Wrocławiu syn profesora anatomii i fizjologii na Wydziale Medycznym Uniwersytetu Wrocławskiego, współtwórca mechaniki kwantowej i laureat nagrody Nobla z fizyki w 1954 r., będzie miał w niedalekiej przyszłości decydujący wpływ na dalsze losy Sterna. Okres praski i szwajcarski rozpoczął krótki, bo trwający do 1919 r., epizod w życiu naukowym Sterna, poświęcony wyłącznie fizyce teoretycznej. Znajdował się on wtedy niewątpliwie pod przemożnym wpływem Einsteina. Opublikował z nim nawet, jako jeden z nielicznych, artykuł poświęcony problemowi energii punktu zerowego, który ukazał się w 1913 r. w czasopiśmie „*Annales Physik*”.

Ten twórczy, młodzieńczy okres w świetnie zapowiadającej się karierze naukowej Sterna przerwany został wybuchem pierwszej wojny światowej. W 1915 r. przeniósł się wraz z M. von Laue na Uniwersytet do Frankfurtu nad Menem, ale wkrótce został zmobilizowany i służył przez większą część wojny jako szeregowy żołnierz w różnych jednostkach technicznych, głównie na froncie wschodnim. W 1916 r. został skierowany na samodzielne stanowisko obserwatora pogody do Łomży. Względna swoboda i nie absorbujące czasowo pomiary meteorologiczne pozwoliły mu po dłuższej przerwie na podjęcie przerwanych studiów i prowadzenie rozważań teoretycznych. O ich wynikach informował swoich uniwersyteckich kolegów, prosząc o rady i konsultację. Liczną korespondencję prowadził w tych sprawach z Einsteinem, mieszkającym i pracującym wtedy w Berlinie. Pod koniec wojny, gdy kaizerowskie Niemcy z coraz większym trudem radziły sobie z prowadzeniem wojny i szukały rozwiązania w „cudownych broniach”, skierowano Sterna, jak wielu innych zmobilizowanych naukowców, do pracy badawczej. W 1918 r. został przeniesiony do laboratorium naukowego kierowanego przez W. Nernsta na uniwersytecie w Berlinie. Tam spotkał m.in. Jamesa Francka (fizyk atomista, noblista z 1925 r. za odkrycie prawa kolizji elektronów z atomami) i Maxa Volmera.

Prace Sterna w latach 1912—1918 dotyczyły głównie zagadnień termodynamiki, przy czym na szczególną uwagę zasługują publikacje poświęcone absolutnej

entropii gazu doskonałego. Stern, stosując w swoich rozważaniach zarówno klasyczną mechanikę statyczną dla gazu jak i pojęcia kwantów dla ciał jednorodnych stałych (teorię Einsteina dla określonych temperatur oraz teorię Nernsta), uzyskał bardziej wiarygodne rezultaty niż jego wrocławski nauczyciel O. Sackur.

Po zakończeniu wojny Stern, podobnie jak tysiące jemu podobnych, znalazł się bez zajęcia i perspektyw. Pomocną dłoń wyciągnął M. Born, który w 1919 r. objął po M. von Laue katedrę fizyki teoretycznej na uniwersytecie we Frankfurcie nad Menem. Zatrudnił on Sterna na stanowisku asystenta; poza tym zachował on swoje przywileje *Privatdozenta*. Oprócz rozważań teoretycznych Born podejmował ze swoimi współpracownikami również badania doświadczalne, skupiając je na bezpośrednich pomiarach wolnych torów neutralnych atomów. Ale najgłośniejsze stały się badania podjęte przez Ottona Sterna. Ich celem było dostarczenie eksperymentalnych dowodów dla fundamentalnych pojęć stosowanych w teorii molekularnej. Wybór takiego tematu badawczego, nie bez sugestii Borna, był nad wyraz szczęśliwym posunięciem. Umieścił bowiem prace Sterna w centrum zagadnień związanych z odkrywaniem fascynujących tajemnic atomu — głównego obiektu badań ówczesnej fizyki. Ich rozwój przebiegał prawie równolegle z narodzinami, pod kierunkiem M. Borna i A. Sommerfelda, w latach 1924—1926 mechaniki kwantowej. Badania te rozpoczęły następny, trwający przeszło ćwierć wieku, okres w biografii Sterna — fizyka eksperymentatora, który należał



do najbardziej owocnych w karierze i który przyniósł mu poczesne miejsce w gronie najwybitniejszych fizyków jego czasów.

Otto Stern zajął się początkowo pomiarami prędkości molekuł gazu. W 1919 r. udało mu się za pomocą atomów srebra potwierdzić eksperymentalnie teoretyczne wyniki znane od połowy XIX w. (w 1858 r. Clausius wykazał, że w dyfuzji i przewodnictwie cieplnym główną rolę odgrywa nie prędkość, lecz średnia droga swobodna między dwoma zderzeniami). Te doświadczenia skłoniły go do podjęcia prac nad pomiarami momentu magnetycznego atomów srebra. Nie mając odpowiedniego oprzyrządowania zwrócił się o pomoc do poznanego w czasie wojny Walthera Gerlacha, fizyka-eksperymentatora z Instytutu Fizyki Doświadczalnej uniwersytetu we Frankfurcie. Efektem ich badań z lat 1920—1922 był pierwszy bezpośredni pomiar prędkości molekuł — udało się zmierzyć moment magnetyczny atomu srebra poddając strumień atomów srebra odchyleniu w polu magnetycznym (pomiar dał dokładnie jeden magneton Bohra). Pięć stron maszynopisu omawiającego przebieg doświadczenia, opublikowanych w prestiżowym w skali światowej wówczas „Zeitschrift für Physik” (tamże ukazały się wszystkie najważniejsze prace Sterna z lat 1920—1933), zyskało ogólne uznanie fizyków z całego świata. Umożliwiło bowiem wykazanie falowych właściwości materii, którą w fizyce klasycznej uważano za wyłącznie korpuskularną.



W 1921 r. Born opuścił Frankfurt i przeniósł się do Getyngi, która wkrótce stać się miała „kotłem mechaniki kwantowej”. Po jego odejściu rozpadł się cały zespół. Stern przyjął atrakcyjną ofertę uniwersytetu w Rostocku, gdzie zaproponowano mu stanowisko profesora fizyki teoretycznej. Podczas niespełna dwuletniego pobytu w tym nadbałtyckim mieście Stern, współpracując przede wszystkim ze swym starym przyjacielem M. Volmerem, kontynuował badania rozpoczęte we Frankfurcie. W dniu 1 stycznia 1923 r. przeniósł się do Hamburga, gdzie objął w wieku zaledwie 35 lat stanowisko dyrektora Instytutu Chemii Fizycznej na tamtejszym uniwersytecie. Przeszło 10-letni okres działalności w Hamburgu okazał się najowocniejszym w dokonania w życiu naukowym Sterna.

Rozpoczął tam prace nad zorganizowaniem laboratorium do badań promieni molekularnych. Pierwszą część programu dotyczyła skompletowania i poszerzenia prac poprzednich i rozwoju nowych technik badawczych. Odkrycia, do których doprowadziło konstruowanie przez Sterna aparatury do wytwarzania wiązek molekularnych, zbiegły się ze sformułowanymi w tym samym czasie tematami badawczymi. Jak się okazało, problemy te znajdowały się, jak już o tym wspomiano, w głównym nurcie współczesnej fizyki — badań nad atomem, a ściślej mówiąc — zagadki orbit elektronów. Twórca elektronowej teorii atomu Niels Bohr założył teoretycznie, że elektrony mogą zajmować tylko niektóre spośród mechanicznie możliwych orbit, określone tzw. główną liczbą kwantową

( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Termin „kwantowa” oznaczał dyskretną „porcję” energii, uwolnioną w wyniku przeskoku z jednej trwałej orbity na inną, połączonego z emisją światła o określonej długości. Dalsze badania wykazały istnienie kolejnych „liczb” kwantowych: druga (oznaczona literą  $l$ ) dotyczyła prędkości elektronów po orbitach; trzecia (oznaczona przez  $m$ ) została wprowadzona dla przedstawienia „kwantyzacji przestrzennej” dopuszczalnych kątów, jakie mogą tworzyć płaszczyzny orbitowania elektronów z pewną płaszczyzną stałą, płaszczyzną zewnętrznego pola magnetycznego. Czwartą (oznaczoną przez  $s$ ) wprowadzono w celu uwzględnienia możliwości wirowania elektronów jedynie w kierunku ruchu wskazówek zegara lub w kierunku przeciwnym względem stałej osi. Pierwsze zastosowanie aparatury Sterna-Gerlacha miało na celu sprawdzenie, czy idea wprowadzenia trzeciej liczby kwantowej, kwantyzacji przestrzennej jest słuszna.

Przy okazji niejako tych doświadczalnych badań eksperymentalnemu sprawdzeniu uległa także zaproponowana teoretycznie przez Louisa de Broglie’a teoria opisująca w jednolity sposób falowe i korpuskularne właściwości elektronów, traktowane przez tradycyjną fizykę jako odrębne, niezależne od siebie zjawiska. Pytanie badawcze było proste: czy zależność ta, określona przez de Broglie’a wzorem  $\lambda = h/mv$ , jest prawdziwa ogólnie, nie tylko dla elektronów, lecz również dla atomów, kul armatnich, planet itp? Niewątpliwie molekularne wiązki Sterna mogłyby być idealnym sprawdzianem tej koncepcji. Gdyby na przykład wiąz-

ka molekularna uległa ugięciu, należałoby uznać hipotezę de Broglie'a za ogólne prawo fizyki.

W kontekście rozwoju fizyki znaczenie eksperymentu Sterna jest oczywiste. Ilustruje on jednak także inny interesujący aspekt badań doświadczalnych, mianowicie użyteczność pewnych urządzeń technicznych w udzielaniu odpowiedzi na wiele pytań, czasem nie w pełni sformułowanych w momencie, w którym konstruowano aparaturę.

Aparatura Sterna-Gerlacha obejmowała trzy części: pierwszą było urządzenie do wytwarzania wiązki cząsteczek o jednakowej w przybliżeniu prędkości; drugą część stanowiło urządzenie do wytwarzania silnego pola magnetycznego o dużym gradiencie, którego natężenie zmieniał się gwałtownie na małej odległości; wreszcie aparatura zawierała kryształy metali zdolne do wywoływania dyfrakcji fal o długościach odpowiadających obiektom atomowym i wynikających z hipotez de Broglie'a.

Do wytwarzania wiązki odpowiednich atomów Otto Stern i jego asystent W. Gerlach stosowali tygiel rozgrzany do wysokiej temperatury, do którego wprowadzali próbki odpowiedniej substancji. Wąska szczelina łączyła tygiel z próżnią, do której pod wpływem ciśnienia wywoływanego przez ciepło wpływała ze szczeliny wiązka atomów. Atomy te miały wszystkie możliwe energie (prędkości). W celu uzyskania wiązek atomów o prędkościach zawartych w bardzo wąskim przedziale badacze zaadaptowali metodę użytą przez Armandu Fizeau do pomiaru prędkości światła.

Jeżeli dwa koła zębate, zamocowane na tej samej osi, obracają się w kierunkach przeciwnych, to przez oba koła przejdą tylko atomy napotykające na swej drodze dwa wycięcia. Wszystkie te atomy będą mieć w przybliżeniu jednakową prędkość.

Podobna pomysłowość przejawiała się w konstrukcji drugiej części aparatury wytwarzającej pole magnetyczne o dużym natężeniu. Atomy przechodziły przez układ bardzo szybko, dla uzyskania więc jakiegokolwiek obserwowalnego efektu, np. rozszczepienia wiązki w wyniku tajemniczej „kwantyzacji przestrzennej”, pole magnetyczne musiało być bardzo skoncentrowane. Nadając jednemu biegunowi kształt ostrza noża, drugiemu kształt rowka i przepuszczając wiązkę przez wąską szczelinę między nimi osiągnięto efekt maksymalny.

Po obmyśleniu tego wszystkiego i uruchomieniu aparatury same eksperymenty były niezwykle proste, co stanowi dowód geniuszu eksperymentatora. Poruszające się ładunki elektryczne wytwarzają pole magnetyczne. Orbitujące elektrony stanowią ładunki elektryczne i poruszają się zgodnie z teorią atomową. Powinny więc wytwarzać pole magnetyczne. Jeżeli wszystkie elektrony w każdym atomie mają swoje orbity tylko w jednej z możliwych płaszczyzn dozwolonych przez teorię kwantową, to pole magnetyczne każdego atomu będzie związane z tą płaszczyzną. Po przyłożeniu więc zewnętrznego pola magnetycznego atomy powinny przybierać określone orientacje względnie tego pola, zależne od ich wewnętrznych pól magnetycznych.

Jeżeli istnieje wspomniana poprzednio kwantyzacja przestrzenna, orientacje małych magnesów, za jakie uważamy atomy, nie będą przypadkowe, lecz w konkretnym przypadku badanym przez Sterna będą one ustawione pod dwoma różnymi kątami w stosunku do zewnętrznego pola magnetycznego, jak to wynika z obliczenia trzeciej liczby kwantowej. Każda orientacja odpowiada jednej z płaszczyzn, w których może orbitować elektron, gdy więc oglądamy obraz wiązki w przypadku wyłączenia pola, widzimy na kliszy fotograficznej pojedynczą plamkę. Po włączeniu pola jednak wiązka rozdziela się na dwie, co jest wywołane różną orientacją atomów tych wiązek w stosunku do zewnętrznego pola magnetycznego. To właśnie stwierdził Stern (badania ukończono w 1927 r.).

Dowód falowej natury materii był równie bezpośredni. Idea de Broglie'a absolutnej równoważności materii i fal uzyskała pełne potwierdzenie. Przeprowadzenie eksperymentów w tym zakresie wymagało pewnej modyfikacji aparatury. Zastosowano urządzenie wytwarzające wiązkę z kołami przeciwbieżnymi w celu uzyskania atomów o jednakowej prędkości. Źródło wiązki było sprzężone z kryształem litu stanowiącym siatkę dyfrakcyjną oraz z detektorem do pomiaru kąta ugięcia atomów. Gdyby odbijały się one mechanicznie, zachowując się jak strumień cząstek lub jak piłki tenisowe odbijane od ściany, wówczas kąt odbicia byłby równy kątowi padania. Jeżeli jednak ulegają dyfrakcji, zachowując się jak fala, powinien wystąpić rozrzut atomów, podobnie jak ugięte czoło fali. I tym razem

Stern obmyślił eksperyment, który rozstrzygnął tę kwestię w sposób prosty i bezpośredni.

Stern i współpracujący z nim od samego początku Immanuel Estermann (absolwent uniwersytetu w Hamburgu, bliski przyjaciel Sterna, towarzyszył mu potem podczas emigracji w Stanach Zjednoczonych) stwierdzili w 1929 r., że występuje rozkład, czyli rozrzut cząsteczek, którego oczekiwali; wynik byłby niezrozumiały dla fizyków starszych o jedno lub dwa pokolenia. Ciśnienie w małym naczyniu zbiorczym wzrosło do maksimum dokładnie tak, jak powinno by to nastąpić, gdyby atomy helu zachowywały się jak fale.

Laboratoria badające dyfrakcję cząstek rozmnożyły się, gdy uczniowie Sterna wykształcili własnych uczniów. Przez jego niewielkie liczebnie laboratorium (liczba pracowników naukowych wynosiła przeciętnie 6 osób) przewinął się bowiem cały szereg młodych fizyków, którzy później sami osiągnęli znaczne sukcesy i sławę. Wśród nich byli m.in. Isidor Rabi (ur. w Radzyminie, w latach 1928—1929 jako stypendysta amerykański odwiedzał uniwersytety niemieckie, m.in. Hamburg, później prowadził badania w tej samej dziedzinie na Columbia University w Nowym Yorku, uzyskał nagrodę Nobla z fizyki w 1944 r.) i Emilio Segré (Włoch, fizyk atomowy, jeden ze współtwórców bomby atomowej, noblista z 1959 r. za odkrycie antyprotonu). Aparatura została znacznie udoskonalona, wynaleziono nowe metody wykrywania działania wiązek na różne rodzaje materiałów. Można jednak stwierdzić, że chociaż w tej dziedzinie przeprowadzono wiele pomy-

słowych badań, podstawowe znaczenie zachowały osiągnięcia jej inicjatora — Ottona Sterna.

Na początku lat trzydziestych Stern zajął się pomiarami momentu magnetycznego protonu. Wprawdzie wszyscy sceptycznie odnosili się do tego kierunku badań, gdyż powszechnie uznawano za prawdziwą teorię Paula Diraca, zgodnie z którą stosunek momentu magnetycznego protonu do elektronu powinien być taki sam jak odwrotność ich mas. Upór Sterna jednak zawoocował. Do współpracy zaprosił Ottona Roberta Frischa (wiedeńczyk, w latach 1930—1933 na uniwersytecie w Hamburgu, zasłynął w styczniu 1939 r., kiedy razem z Lizą Meitner zinterpretował skutki wyników doświadczeń Hahna-Stressemana rozbitcia jądra atomowego i zaalarmował poprzez N. Bohra środowisko fizyków amerykańskich, w latach 1943—1946 zatrudniony przy konstrukcji bomb jądrowych w Los Alamos). Dokonane przez nich pomiary wykazały w 1933 r., że moment magnetyczny protonu w molekuale wodoru jest trzy razy większy, aniżeli się spodziewano. Właśnie to odkrycie było podstawą przyznania Sternowi nagrody Nobla z fizyki za 1943 r.

Po dojściu Hitlera do władzy wydano w Niemczech zarządzenia dotyczące „odżydowienia” służb państwowych, w tym także niemieckiego środowiska naukowego. Dotknęły one setki uczonych, kwiat niemieckiej nauki, w tym dużą grupę spośród wymienionych w naszym opracowaniu. Większość z objętych tymi rasistowskimi represjami, w obawie przed ich eskalacją, wybierała emigrację. Od maja 1933 r. fala tych emigran-



tów zaczęła narastać, a krajem docelowym stały się przede wszystkim Stany Zjednoczone, bowiem tylko ten kraj z setkami uniwersytetów i instytutów mógł zaoferować zwolnionym uczonym niemieckim pochodzenia żydowskiego tak wiele stanowisk, mimo to że w Ameryce w latach 1933—1935 dawały się jeszcze we znaki skutki wielkiego kryzysu gospodarczego. Był to największy w historii transfer intelektualistów, który odegrał ogromną rolę w zmianie mapy naukowej świata. Gdy jesienią 1933 r. A. Einstein przyjął ofertę nowo powstałego Instytutu Wyższych Studiów w Princeton i przeniósł się tam z Berlina, fizyk francuski Paul Langevin tak skomentował proroczo to wydarzenie: „Jest to zdarzenie na tak dużą miarę, jakim byłoby przeniesienie Watykanu do Nowego Świata. Papież fizyki zmienił siedzibę. Stany Zjednoczone staną się ośrodkiem nauk przyrodniczych”. Skutki tego wypędzenia uczonych dla Niemiec skomentował, jak zwykle trafnie, sędziwy David Hilbert, który na pytanie hitlerowskiego ministra kultury Bernharda Rusta: „Czy to prawda, panie profesorze, że pański instytut tak bardzo ucierpiał wskutek odejścia Żydów i ich przyjaciół?”, dosadnie i opryskliwie odpowiedział: „Ucierpiał, panie ministrze? Toż on w ogóle przestał istnieć”.

Stern, nie czekając na decyzję o zwolnieniu, sam złożył rezygnację z pełnionych funkcji na uczelni. Odradzał mu to jego personel, lecz on powtarzał, że pod pierwszym pretekstem i tak straci katedrę. W czerwcu 1933 r. wyszedł ze swego laboratorium i nigdy już do niego nie powrócił. Był to dla niego cios największy

i nie mógł tego zapomnieć do końca życia. Jego siostrzeniec Dieter Kamm tak to wspominał: „Był mało-mówny, nie lubił nigdy mówić o sobie. Jego życie zawodowe i prywatne zajęły mu badania naukowe. Nigdy się nie denerwował, unikał towarzystwa, lecz kiedy się w nim znalazł, był bardzo koleżeński. Raz tylko się zdenerwował, kiedy wspomniano o rządzie Hitlera, który doprowadził do dewastacji jego pięknie wyposażonej pracowni”. Po nieudanych próbach znalezienia pracy w Szwajcarii zdecydował się na początku 1934 r. z towarzyszącym mu I. Estermannem wyjechać do Stanów Zjednoczonych (poznał je już w trakcie kilkumiesięcznego pobytu na przełomie lat 1929/30 jako visiting-professor m.in. na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley.) Otrzymał bowiem zaproszenie do objęcia stanowiska profesora Carnegie Institute of Technology w Pittsburghu w Pensylwanii. Tam też przystąpił do budowy laboratorium molekularnego, choć ze względu na skromne przyznane mu środki nie miał warunków dla rozbudowania go do takiego stanu, jak w Hamburgu. Kontynuował jednak badania przerwane w 1933 r. i w ich wyniku udało mu się w 1938 r. razem z I. Estermannem dokonać pomiaru momentu magnetycznego deuteronu. W odróżnieniu od niektórych innych badaczy wypędzonych z Niemiec przez nazistów nigdy jednak nie odzyskał wigoru badawczego, który towarzyszył mu w Niemczech. Pobyt w prowincjonalnym Pittsburghu, z dala od głównych centrów życia naukowego Stanów Zjednoczonych, należał do najmniej udanych w jego karierze naukowej.

Po przystąpieniu Stanów Zjednoczonych do wojny został początkowo zatrudniony jako konsultant w ramach projektu opracowania radaru. Wkrótce jednak, podobnie jak setki innych naukowców, imigrantów z Europy, został włączony do badań nad konstrukcją broni nuklearnej. Pomimo alarmujących od stycznia 1939 r. amerykańską opinię publiczną i władze w Waszyngtonie raportów fizyków o niemieckich pracach nad bombą atomową, oficjalne czynniki zainteresowały się projektem atomowym dopiero w 1940 r. Wpłynęły na to wiadomości o pozytywnych wynikach prac uczonych angielskich. Zbiegiem okoliczności decyzję o wsparciu finansowym i technicznym dla prac nad realizacją bomby atomowej powzięto 6 grudnia 1941 r. — w przeddzień japońskiej napaści na Pearl Harbour. 13 sierpnia 1942 r. amerykański projekt atomowy otrzymał tajną nazwę *DSM-Project (Development of Substitute Materials — Projekt Materiałów Zastępczych)* lub *Manhattan Project*. Został on wyposażony w nie spotykane dotąd środki finansowe, organizacyjne i techniczne, a do jego realizacji zmobilizowano największy w dziejach badań naukowych zespół naukowców i inżynierów. Stern został przydzielony do tzw. Metallurgical Laboratory (Laboratorium Metalurgiczne), utajnionej jednostki organizacyjnej utworzonej przy uniwersytecie w Chicago, w którym 2 grudnia 1942 r. zbudowano i uruchomiono pod kierownictwem Enrico Fermiego pierwszy stos atomowy. Poza tym w swoim macierzystym instytucie w Pittsburghu realizował inne prace badawcze nad bombą atomową. W 1943 r. otrzymał obywatelstwo amerykańskie.

W październiku 1944 r. po czteroletniej wojennej przerwie Komitet Nobla z Fizyki Szwedzkiej Królewskiej Akademii Nauk (Nobel Committee for Physics of the Royal Swedish Academy of Science) ogłosił, że laureatem za rok 1943 wybrano Ottona Sterna. Z uwagi na toczącą się w Europie wojnę osobiste odebranie tego wyróżnienia było dla niego niemożliwe i nie wziął także udziału w uroczystości wręczenia nagród, która odbyła się 10 grudnia 1944 r., w Sztokholmie, wspólnie dla laureatów za 1943 i 1944 r.

Współudział w konstruowaniu broni masowej zagłady spowodował u wielu uczonych niepokój moralny, który wzmacniał środowiskowe dyskusje nad odpowiedzialnością naukowców za ich dzieło. Były one coraz częstsze, gdy okazało się, że główny imperatyw udziału wielu fizyków w amerykańskim programie atomowym (była nim oczywiście obawa przed wygraniem wyścigu atomowego przez nazistowskie Niemcy) okazał się błędny. Niemcy nie były w stanie skonstruować bomby i wojnę przegrywały, a ciągle zacięcie walczący Japończycy nie mieli nawet pojęcia, że broń atomowa jest sprawą nad wyraz realną. Znaczącą rolę w coraz częściej podejmowanych od jesieni 1944 r. akcjach mających na celu ostrzeżenie administracji waszyngtońskiej przed skutkami bezpośrednimi i pośrednimi (w tym potencjalnym niekontrolowanym wyścigiem zbrojeń jądrowych po wojnie) użycia bomby atomowej w kończącej się wojnie odegrał Stern. Był tym, który informował o postępach prac badawczych A. Einsteina, a wiedział o nich zapewne bardzo wiele,

jako uczestnik odbywanych co sześć tygodni w Chicago tajnych spotkań informacyjnych organizowanych dla czołówki naukowców zaangażowanych w *Manhattan Project*. Einstein nie uczestniczył w pracach nad bombą, więcej, oficjalnie nie był informowany przez władze amerykańskie o zakresie i postępie prac badawczych. Nie interesował się zresztą specjalnie kwestiami technologicznymi. Czuł się za to odpowiedzialny za wywołane przez siebie rezultaty, zarówno w wyniku dokonanych odkryć naukowych, jak i podjęcia na przełomie lat 1939/1940 działań mających na celu skłonienie rządu amerykańskiego do rozpoczęcia prac nad rozwojem broni nuklearnych. Niewątpliwie bowiem dwa listy Einsteina, największego wówczas autorytetu naukowego w Stanach Zjednoczonych, z 2 sierpnia 1939 r. i 2 marca 1940 r. skierowane do prezydenta F. D. Roosevelta, odegrały decydującą, sprawczą rolę w podjęciu decyzji o przystąpieniu do realizacji *Manhattan Project*. Jego niepokój wzrósł, kiedy stało się jasne, że bomba atomowa nabiera realnych kształtów. A to oznaczało, że może ona zostać użyta — przeciwko Japonii i Niemcom. Na wiosnę 1944 r. poinformowany przez Sterna o stanie prac Einstein przeraził się nie tyle użyciem bomb w toczącej się, ale kończącej się jednak wojnie, ale wpływem, jaki ten nowy, straszliwy rodzaj broni może wyrzucić na dalsze losy ludzkości. W dyskusjach toczonych ze Sternem pojawiły się kwestie odpowiedzialności uczonych za bombę i potrzebę podjęcia jakichś działań, które mogłyby powstrzymać potencjalny wyścig atomowy.

11 listopada 1944 r. Stern odwiedził po raz kolejny Einsteina — jeszcze raz dyskutowali o broni atomowej. Tym razem Einstein wydawał się nad wyraz zaniepokojony. Efektem tego było podjęcie przez niego, wspólnie z N. Bohrem, do którego zwrócił się o radę i pomoc, działań mających przygotować memorandum ostrzegające uczonych przed skutkami rozwoju broni nuklearnej (list Bohra-Einsteina). Einstein podjął także starania, które miały zapobiec ujawnieniu, od kogo wiedział aż tyle — mogło to wielce zaszkodzić Sternowi. Obowiązywało go bowiem zachowanie tajemnicy, a reżym utajnienia amerykańskich badań atomowych wprowadzony przez szefa sektora wojskowego *Manhattan Project* gen. Leslie Richarda Grovesa był bardzo ostry. Stąd w liście z 26 grudnia 1944 r. Einstein skłonił Sterna, by nie włączał się oficjalnie do dalszych działań podejmowanych przez niego. Zostały one zresztą zahamowane na skutek wieści o sukcesach ostatniej w tej wojnie kontrofensywy niemieckiej w Ardenach i zrealizowano je dopiero w formie memorandum z kwietnia 1945 r. opracowanego przez Leo Szilarda, a podpisanego przez Einsteina.

Po zakończeniu wojny, na skutek cofnięcia dotacji rządowych na wiele programów badawczych, wiele instytutów musiało ograniczyć zakres prowadzonych badań. Oszczędności te dotknęły także laboratorium kierowane przez Sterna. W 1946 r. przeszedł on na przedwczesną emeryturę i osiadł w Berkeley w Kalifornii. Utrzymywał sporadyczne kontakty z miejscowymi fizykami, publikował drobne artykuły naukowe,

ale unikał publicznych wystąpień. Zawsze zresztą był bardzo powściągliwy i milczący. W 1959 r., z okazji mijającej rocznicy siedemdziesiątych urodzin Sterna, jego uczniowie i byli współpracownicy wydali okolicznościową pracę zadedykowaną mistrzowi. Jej redaktorem był stary przyjaciel i współpracownik Sterna z czasów jeszcze hamburskich — I. Estermann.

Był członkiem licznych towarzystw naukowych, m.in. National Academy of Science i American Philosophical Society. Otrzymał honorowe doktoraty Uniwersytetu Kalifornijskiego i Wyższej Szkoły Technicznej w Zurychu. Z okazji przyznania mu tego wyróżnienia przez uczelnię szwajcarską odwiedził w 1960 r. po raz ostatni Europę i spotkał się z wieloma swoimi byłymi współpracownikami, m.in. z W. Gerlachem.

W Berkeley Stern zajmował skromnie wyposażony dom i zatrudniał jednego służącego, który dbał o jego codzienne sprawy. Zawsze lubił wygodne życie i dobre jedzenie, dzięki czemu był nazywany przez W. Gerlacha „Grandseigneur”. Pozostał kawalerem, a do 1945 r., tj. do momentu jej przedwczesnej śmierci, mieszkał z siostrą Lizą. Jego pasję przez całe życie stanowiło kino — był namiętnym, narkotycznym wręcz kinomanem. I właśnie podczas seansu filmowego, wskutek zawału serca, zmarł 17 sierpnia 1969 r. Został pochowany w Berkeley.

!

\*

Prace prowadzone przez Ottona Sterna wywarły w swoim czasie duży wpływ na rozwój fizyki, a o docenieniu ich wagi świadczy najdobitniej fakt przyznania mu za nie najwyższego wyróżnienia w dziedzinie nauki, jaką jest nagroda Nobla. Osiągnięcia te mają w świecie wagę do dzisiaj, a nazwisko Sterna kojarzone jest z największymi osiągnięciami fizyki eksperymentalnej XX wieku. Max Born wręcz mówił o Sternie jako o „największym fizyku-eksperymentatorze naszych czasów”. Tymczasem w regionie, z którego się wywodził, jest on postacią nieznaną, podobnie jak wymienieni na wstępie pracy inni laureaci nagrody Nobla pochodzący z terenu Śląska.

Czas już więc może, by wśród szerszych kręgów czytelników upowszechnić wiedzę o sławnych postaciach wywodzących swoje pochodzenie ze śląskiej ziemi. Może winno to zaowocować nadaniem jego imienia jednej z ulic rodzinnego miasta albo umieszczeniem okolicznościowej tablicy na ścianie budynku, w którym spędził dzieciństwo?

## BIBLIOGRAFIA

### I. Źródła:

#### 1. Archiwalia:

Archiwum Uniwersytetu Wrocławskiego, zespół Wydział Filozoficzny, teczki: *Album der Promotionen* z lat 1911—1923; *Doctor-Album* z lat 1907/8 — 1919/20.

#### 2. Źródła drukowane:

Born M., *Mein Leben. Die Erinnerungen des Nobelpreisträger*, München 1975.





*J. C. Poggendorfs Biographisch-Literarische Handwörterbuch der Exakten Naturwissenschaften*, Bd. IV—VII, Berlin 1904—1961.

*Jahresbericht des städtischen Johannesgymnasiums zu Breslau für das Schuljahr von Ostern 1905 bis Ostern 1906*, heraus. B. Laudien, Breslau 1906.

*Nobel Lectures. Physics 1942—1962*, Amsterdam, London, New York 1964.

*Personal-Verzeichnis der Königlicher Universität zu Breslau* [z lat 1906/7 — 1912/13], Breslau 1906—1912.

## II. Opracowania:

Bagge E., *Die Nobelpreisträger der Physik. Ein Beitrag zur Geschichte der Naturwissenschaften*, München 1964.

Bittner E., *Schlesiens Nobelpreisträger. V. Otto Stern*, geboren am 17. Februar 1888, gestorben am 17. August 1969, [w] „Der Schlesier” nr 45 z 7 XI 1975 r.

Clark R.W., *Einstein. The Life and Times*, New York 1972.

Deutsch I., *Chronik der Synagogen-Gemeinde Sohrau O. S. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Kleingemeinden Oberschlesiens*, Magdeburg 1900.

Harré R., *Wielkie eksperymenty naukowe*, Warszawa 1991.

Hemeck F., *Albert Einstein*, Leipzig 1974.

Hemeck F., *Bahnbrecher des Atomzeitalters. Grosse Naturforscher von Maxwell bis Heisenberg*, Berlin 1977.

Kämpfert H.-J., *Otto Stern (1888—1969)*, Bonn 1988.

Kubatz G., *Niemieckie osobistości, które pochodzą z Żor z Górnego Śląska*, [w:] *Żory — historia, tradycja. Materiały z sesji popularnonaukowej*, Żory 1992.

Laue M. von, *Historia fizyki*, Warszawa 1957.

Lokaj P., Szulik J., *Otto Stern*, [w:] *Informator Towarzystwa Miłośników Miasta Żor*, styczeń 1988, s. 3—8.

Nerlick E., *Aus der Geschichte der Stadt Sohrau OS*, Dortmund 1971.

*Recent Research in Molecular Beams. A Collection of Papers Dedicated to Otto Stern on the Occasion of his Seventieth Birthday*, ed. I. Estermann, New York, London 1959.

|    |            |          |         |                                |                                |
|----|------------|----------|---------|--------------------------------|--------------------------------|
| 18 | Otto Meier | 14.2.88. | Wrocław | Pracownik<br>Kuchni<br>Wrocław | Pracownik<br>Kuchni<br>Wrocław |
|----|------------|----------|---------|--------------------------------|--------------------------------|

Kserokopia wpisu Ottona Sterna w aktach Uniwersytetu  
Wrocławskiego

*Maximilian Gildemeier, f. l. Carl Hopf, Hans  
Der Hof.*

**Zur kinetischen Theorie des osmotischen Druckes konzen-  
trierter Lösungen und über die Gültigkeit des Henryschen  
Gesetzes für konzentrierte Lösungen von Kohlendioxyd in  
: organischen Lösungsmitteln bei tiefen Temperaturen. :**

---

## **Inaugural-Dissertation**

zur

**Erlangung der philosophischen Doktorwürde**

der hohen

**philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau**

vorgelegt

und mit ihrer Genehmigung veröffentlicht

von

**Otto Stern.**

---

**Sonnabend, den 13. April 1912, 4 Uhr.**

**Vortrag:**

**„Neuere Anschauungen über die Affinität“**

und

**Promotion.**

1/2 430, 1023

---

**Breslau 1912.**

Druck von Grass, Barth & Comp. (W. Friedrich) in Breslau.

Strona tytułowa pracy doktorskiej Ottona Sterna z jego autografem



Otto Stern podczas uroczystości wręczenia honorowego doktoratu  
w Zurychu w 1960 r.