

POSTĘPY FIZYKI

TOM 49 ZESZYT 2 ROK 1998



DWUMIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



STULECIE ODKRYCIA POLONU I RADU

KRYTYKA NAUKOWA WOBEC HERMETYCZNOŚCI BADAŃ
WYBRANE ZAGADNIENIA TEORII LICZB W FIZYCE
LASER ATOMOWY: PORADNIK DLA POCZĄTKUJĄCYCH

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Prezes: prof. Ireneusz Strzałkowski
Wiceprezysi: prof. Andrzej Budzanowski
prof. Józef Szudy
Sekretarz Generalny: prof. Maciej Kolwas
Skarbnik: mgr Wanda Doborzyńska-Głazek
Członkowie Zarządu: prof. Bogdan Cichocki
prof. Wojciech Gawlik
prof. Stanisław K. Hoffmann
prof. Wojciech Suski
dr Edmund Śniadek
mgr Urszula Woźnikowska-Bezak

REDAKTORZY NACZELNI CZASOPISM PTF

Prof. Adam Sobiczewski – *Postępy Fizyki*
Prof. Jerzy Prochorow – *Acta Physica Polonica A*
Prof. Andrzej Staruszkiewicz – *Acta Physica Polonica B*
Prof. Marek Kordos – *Delta*
Prof. Andrzej Jamiołkowski
– *Reports on Mathematical Physics*
Dr Zofia Gołąb-Meyer – *Foton*

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Prof. Andrzej Maziewski (Białystok)
Prof. Bronisław Grzegorzewski (Bydgoszcz)
Prof. Marian Głowacki (Częstochowa)
Dr hab. Leon Murawski (Gdańsk)
Prof. Zygmunt Kleszczewski (Gliwice)
Prof. Jerzy Warczewski (Katowice)
Dr Marek Pajek (Kielce)
Prof. Wojciech Gawlik (Kraków)
Prof. Stanisław Hałas (Lublin)
Prof. Leszek Wojtczak (Łódź)
Dr Stanisław Chabik (Opole)
Prof. Jerzy Dembczyński (Poznań)
Prof. Marian Kuźma (Rzeszów)
Prof. Henryk Wrembel (Słupsk)
Prof. Tadeusz Rewaj (Szczecin)
Prof. Wacław Bała (Toruń)
Prof. Bronisław Orłowski (Warszawa)
Prof. Władysława Nawrocka (Wrocław)

Adres Zarządu: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax: 621 26 68, adres elektroniczny: ptf@fuw.edu.pl,
strona WWW: <http://www.fuw.edu.pl/~ptf>.

POSTĘPY FIZYKI

RADA REDAKCYJNA

Andrzej K. Wróblewski (akw@fuw.edu.pl)
– przewodniczący
Jerzy Czerwonko (pelstud@netra.ac.pwr.wroc.pl)
Marek Demiański (mde@fuw.edu.pl)
Zofia Gołąb-Meyer (meyer@thp1.if.uj.edu.pl)
Stanisław K. Hoffmann (skh@ifmpan.poznan.pl)
Franciszek Kaczmarek (efka@vm.amu.edu.pl)
Józef Szudy (szudy@phys.uni.torun.pl)

KOMITET REDAKCYJNY

Adam Sobiczewski – redaktor naczelny
Tomasz Dietl
Jerzy Gronkowski
Miroslaw Łukaszewski
Magdalena Staszal
Barbara Wojtowicz

KORRESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Dr Maciej Horowski (Białystok)
Prof. Jerzy J. Wystocki (Częstochowa)
Dr Stanisław Zachara (Gdańsk)
Dr Roman Bukowski (Gliwice)
Prof. Wiktor Zipper (Katowice)
Dr Małgorzata Suchańska (Kielce)
Dr Jacek Bieroń (Kraków)
Mgr Tomasz Durakiewicz (Lublin)
Dr Urszula Garuska (Łódź)
Dr Ryszard Czajka (Poznań)
Mgr Małgorzata Kuzio (Słupsk)
Dr Ewa Weinert-Rączka (Szczecin)
Dr Józefina Turło (Toruń)
Dr Ewa Jędryka (Warszawa)
Prof. Bernard Jancewicz (Wrocław)

Adres Redakcji: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, adres elektroniczny: postepy@fuw.edu.pl,
strona WWW: <http://www.fuw.edu.pl/~postepy>.

Ukazuje się od 1949 r.; wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne
Zeszyt dofinansowany przez Komitet Badań Naukowych
Wydano pod patronatem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
Skład komputerowy w Redakcji, druk i oprawa: „UNI-DRUK”, Warszawa, Janiszowska 8

STULECIE ODKRYCIA POLONU I RADU

Zeszyt niniejszy poświęcamy setnej rocznicy odkrycia (w 1898 r.) polonu i radu przez Marię Skłodowską-Curie i Piotra Curie. Odnotowują to: artykuł samej Marii Skłodowskiej z 1898 r. (donoszący o odkryciu polonu), przemówienie prof. Stefana Pieńkowskiego (wygłoszone w 1935 r., w niecały rok po śmierci uczonej), artykuł prof. Jerzego Pniewskiego (z roku 1984, tj. w 50 lat po jej śmierci) oraz dwa artykuły współczesne profesorów: Hurwica i Werlego.

W ten sposób możemy spojrzeć na odkrycie oraz jego znaczenie różnymi oczami i w bardzo różnych okresach czasu, od samej Autorki i ludzi jej współczesnych (wstęp do jej artykułu), do ludzi współczesnych nam.

W wypowiedziach, szczególnie tych późniejszych, można wyraźnie odczytać przekaz, że Współautorkę tych dwóch wydarzeń: odkrycia polonu i radu, można nie tylko podziwiać, ale, co ważniejsze, uczyć się od niej jak uprawiać naukę i jednocześnie wypełniać różne inne role, jakie narzuca nam życie.

Warte jest uwagi, że artykuł o odkryciu polonu napisała Maria Skłodowska po polsku, specjalnie dla polskiego miesięcznika *Światło*, od razu w roku odkrycia, a otrzymany przez redakcję w październiku, już w listopadzie ukazał się w druku. Wygląda na to, że wydawano wtedy czasopisma nie gorzej, niż w dobie komputerów. Artykuł ten odtwarzamy bez żadnych zmian.

Zdjęcia zamieszczone w tym dziale i na okładce pochodzą ze zbiorów Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie.

Redakcja

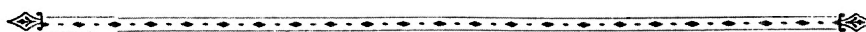


MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY FOTOGRAFII *

Nr 2.

* I WIADOMOŚCIOM Z NIĄ ZWIĄZANYM.

Nr 2.



Warszawa w Listopadzie 1898 r.

Że promienie Becquerela działają na klisze fotograficzne bromo-srebrne, jest to fakt, znany od czasu odkrycia tych promieni, lecz o ile nam wiadomo, dopiero pani Skłodowska-Curie wykazała, że są one zdolne pobudzać do świecenia platynocyjanek barowy, co zbliża je do promieni Röntgen'a.

Aby jednak promienie Becquerel'a wywołały świecenie platynocyjanunku baru muszą koniecznie posiadać od-

powiednio wielkie natężenie. Promieni o tak wysokim natężeniu ani Becquerel, ani też sumiennie badający je Schmidt nie mieli w swym rozporządzeniu, gdyż można je otrzymać jedynie za pomocą metody podanej przez panią Skłodowską-Curie.

Ważność tego odkrycia i jego względna nowość, nie jest ono bowiem starsze nad kilka miesięcy, skłoniły nas do postarania się, aby czytelnicy „Światła” dostali do swego rozporządzenia oryginalną pracę w tym kierunku,

którą też podajemy w dzisiejszym numerze. Wiąże się ona ściśle z odkryciem nowego pierwiastka *polonu*, który jedynie jest w stanie dawać promienie Becquerela o tak wysokim napięciu, że wywołują świecenie platynocyjanku.

Pierwiastek, którego odkrycie zapowiedziała nam pani Skłodowska-Curie, został przez nią nazwany *polonium* i tę nazwę zachowa niewątpliwie we wszystkich cudzoziemskich językach; w języku naszym jednak musi się nazywać polonem, zarówno ze względu na ustalone już analogije (palladium – pallad, osmium – osm, ruthenium – ruten; więc polonium – polon), jak i ze względu na to, że trudno jest odmieniać długi wyraz polonium, a jeszcze trudniej uformować zeń przymiotnik.

Z odkryciem pani Skłodowskiej-Curie i z opisanymi przez nią doświadczeniami wiąże się kilka uwag, na które musimy zwrócić pilniejszą uwagę czytelnika. Chodzi mianowicie tutaj o rozwiązanie pytania, w czym tkwi źródło promieni Becquerela. Odpowiedź, że w uranie, torze, polonie i w ich związkach byłaby bardzo powierzchowną, choć wiemy dokładnie, że właśnie te ciała wysyłają wymienione promienie.

Materya – w ogóle – może być nośnikiem energii, lecz wyswobadzać energię mogą tylko *zmiany* w układzie materii. Gdybyśmy byli w możności zbudować taki mechanizm – taki, ogólnie mówiąc, układ cząstek materialnych, który nie ulegając zmianom żadnym, wyswobadzałby ustawicznie energię, to kwestya *perpetuum mobile* byłaby rozwiązana i wszystkie nasze poglądy na wszechświat uledzby musiały przewrotowi, w nauce i, powiedzmy otwarcie, w całym świecie, w całym układzie ludzkich nawet stosunków zapanowałby chaos.

Badania pp. Becquerel'a, Schmidta i Skłodowskiej-Curie przy powierzchniowym rozpatrywaniu mogłyby niejednemu nasunąć myśl, że w uranie, torze, polonie i ich związkach tkwią niewyczerpane zasoby energii, która z ciał powyższych może się wyswobadzać przez nieograniczony przeciąg czasu, nie pociągając za sobą *żadnej zmiany* w ich układzie. Czyż *żadnej*? Czyli też tylko nam się zdaje, że *żadna* w tych ciałach i w ich otoczeniu nie zachodzi zmiana?

Z tego co wiemy dotychczas, uran i tor wysyłają promienie Becquerel'a ustawicznie, a wysyłaniu temu nie towarzyszy *żadna* zmiana ani w samych metalach, ani w ich najbliższym otoczeniu. Polon wysyła tych promieni znacznie więcej, tak dużo, że może pobudzać do ustawicznego świecenia platynocyjanek baru. A więc mamy w polonie źródło światła nic nie kosztujące, niewyczerpane? Że to światło jest bardzo słabem, nie może mieć żadnego wpływu na nasze rozumowania.

Otóż musimy tu odpowiedzieć z całą stanowczością, z całym przekonaniem, że gdy uran, tor lub polon wysyłają promienie Becquerel'a, wówczas w nich samych lub w ich otoczeniu *muszą* zachodzić zmiany, które są istot-

nem źródłem – *vera causa* – wysyłania promieni Becquerelowskich. Zmiany te są albo tak małe, albo tak ukryte, że ich nie zdołali dostrzedz badacze najlepiej z temi zjawiskami obznajmieni, lecz, że one zachodzić muszą, o tem wątpić nie mamy najmniejszego prawa.

W Clarendon-Laboratory w Oksfordzie od kilkudziesięciu lat stoi olbrzymiej wielkości suchy stos Zamboniego, który od kilkudziesięciu lat bez przerwy porusza niewielki dzwonek, wciąż dzwoniący. Niewątpliwie, że nawet bardzo bystry, bardzo spostrzegawczy człowiek i przez lat parę patrząc na ów stos, nie byłby w stanie dostrzedz w nim jakiegokolwiek zmiany. A jednak któż dziś może wątpić o tem, że ruch dzwonka w tym przyrządzie jest wynikiem procesów chemicznych zachodzących w samym stosie, że jest skutkiem utlenienia i redukcji zachodzących w nim współcześnie?

A oto drugi, powszechnie znany przykład. Elektrofor, ten prosty przyrząd, którym każdy z nas bawił się będąc wyrostkiem, także daje pole do bardzo poważnych rozmyślań w tym przedmiocie. Bo istotnie zastanówmy się tylko, że raz jeden natarłszy dobrze w suchym pokoju smolny krążek elektroforu, możemy już zeń czerpać nieograniczone ilości energii elektrycznej, możemy otrzymać nieograniczoną ilość dużych iskier elektrycznych. I przy tym procesie nic się nie zmienia ani w smolnym, ani w metalowym kręgu elektroforu. Smoła pozostaje smołą, metal – metalem, a iskry wciąż biją i biją. Skąd się więc biorą, gdzie jest ich źródło? Dziś odpowiedź jest na to równie prosta, jak słuszna: oto praca naszej własnej ręki przekształca się na iskry, wszak krążek metalowy trudniej jest podnieść z ponad naelektryzowanej smoły, aniżeli z ponad zwykłego stołu. Ten nadmiar naszego wysiłku, ujawnianego przy odrywaniu metalu od smoły, przekształca się ostatecznie w energię iskry elektrycznej, a jakim jest przy tym procesie mechanizm pośredniczący, to w danym razie może nam być w rozumowaniach naszych obojętnym, jakkolwiek byłoby ciekawem.

Coś podobnego do jednego z tych dwóch przykładów musi zachodzić przy wywołaniu promieni Becquerelowskich przez uran, tor i polon. Równoważne ich energii zmiany muszą zachodzić albo w samych promieniujących ciałach (jak w stosie Zamboniego), albo w ich otoczeniu (jak w elektroforze). Nie wątpmy, że i tę, najciekawszą stronę zjawiska pilność i bystrość badaczy wykryje.

Nim jeszcze do redakcji naszej przybył rękopism pani Skłodowskiej-Curie, zakończony rzuceniem powyższych uwag, już w prospekcie naszego pisma wyraziliśmy przekonanie, że wiele jeszcze jest stron ciemnych w naszych poglądach na przekształcenia energii przy zjawiskach fotograficznych. Miło nam, że już w dzisiejszym numerze „Światła” musieliśmy poruszyć tę sprawę, do której z pewnością jeszcze niejednokrotnie powróć nam wypadnie.

Poszukiwania nowego metalu w pechblendzie

przez panią Maryę Skłodowską-Curie.

(nadesłane do Redakcji, d. 18 Października 1898 roku.)

Wspólnie z p. Piotrem Curie wykazałam w niedawno ogłoszonej pracy, że pechblend zawiera prawdopodobnie nowy, nieznaný dotychczas metal, który nazwaliśmy Polonem.

Punktem wyjścia tych poszukiwań była dawniejsza moja praca nad *promieniami uranowymi*, które odkrył p. Becquerel. Uczony ten przekonał się w roku 1896, że uran i jego połączenia wytwarzają obrazy fotograficzne na kliszach, zamkniętych całkowicie w czarnym papierze, zupełnie nieprzezroczystym dla światła. P. Becquerel przypuszczał początkowo, że sole uranowe fosforyzują po poddaniu ich działaniu światła i że promienie tej fosforescencji, chociaż nie działają na siatkówkę oka (są niewidzialne), mają jednak własność przenikania przez ciała nieprzezroczyste i wytwarzania obrazów na kliszach. Doświadczenia wszakże wykazały dowodnie, że uprzednie oświetlenie związków uranowych nie wpływa wcale na ich działanie na klisze. Przekonano się nadto, że zarówno uran metaliczny, jak i jego związki, umieszczone w zupełnej ciemności, działają przez lata całe na klisze fotograficzne przy czem zjawisko nic nie traci, lub bardzo nie wiele na swej sile. Jeżeli więc przyjmujemy wraz z Becquerelem, że uran i jego związki wysyłają promienie specjalnego rodzaju, to jednocześnie musimy uznać, że światło nie jest przyczyną ich powstawania, jak to ma miejsce przy fosforescencji.

P. Becquerel wykazał nadto, że powietrze pod wpływem promieni uranowych, tak samo jak pod wpływem promieni Röntgena, staje się dobrym przewodnikiem elektryczności. Obecność uranu wywołuje rozpraszanie się przez powietrze ładun-

ków elektrycznych, umieszczonych w pobliżu. Odosobniony przewodnik, naładowany dodatnio lub ujemnie, traci swój ładunek w bardzo krótkim czasie w pobliżu uranu.

Promienie uranowe mogą przenikać przez szkło, papier, mękę, parafinę, metale, wodę i przez wiele innych ciał, pod warunkiem aby te ciała były w cienkich warstwach. W gruncie rzeczy wszystkie ciała stałe i ciekłe, a nawet i powietrze pochłaniają promienie uranowe w bardzo znacznej mierze.

Zjawisko odkryte przez p. Becquerela nazwaliśmy **promieniowalnością**,*) zaś ciała, wysyłające promienie o przytoczonych wyżej własnościach – nazwaliśmy ciałami czynnymi**)

W rozwinięciu prac p. Becquerela musiało się przedewszystkiem nasunąć pytanie, czy tylko jedyny uran posiada tak szczególne własności. Schmidt***) badał pod tym względem bardzo wielką liczbę pierwiastków. Przekonał się on, że tor i jego połączenia tworzą drugą grupę ciał czynnych, lecz że po za tem żaden inny pierwiastek nie wykazuje **promieniowalności** w sposób dający się ocenić. Ja także przeprowadzałam badania w tym kierunku, próbując pod tym względem prawie wszystkie znane po dziś dzień pierwiastki, które dostałam do rozporządzenia dzięki wysokiej uprzejmości tutejszych chemików, którzy chętnie udzielali mi do prób najrzadszych ciał. Badania me stwierdziły w zupełności fakty, podane przez Schmidta. Tylko związki uranu i toru są czynnymi.

Promieniowalność uranu i toru są pod względem natężenia prawie jednakowe, a co się tyczy promieniowalności ich związków, to jest ona

*) W rękopiśmie francuzkim jest *radioactivité* (Red.).

***) W rękopiśmie francuzkim jest *radioactive* (Red.).

***) Schmidt ogłosił rezultaty swych badań 4 Lutego 1898 roku (w Towarzystwie Fizycznym Berlińskim), ja ogłosiłam moje w Comptes Rendus de l'Academie des Sciences 12 Kwietnia 1898, nie znając jeszcze wcale pracy p. Schmidta.

w przybliżeniu tem większą, im więcej dany związek zawiera w sobie czy to toru, czy uranu.

Przyrząd jakiego używałam do badań przewodnictwa powietrza w pobliżu ciał czynnych składa się poprostu z kondensatora powietrznego o dwóch krążkach (fig. 1). Ciało promieniowalne czynne w stanie drobnego proszku sypie się na krążek A. Sprawia ono to, że powietrze pomiędzy obu krążkami staje się przewodnikiem. Krążkowi A nadajemy wysoki potencjał, łącząc go z biegunem baterji o znacznej liczbie ogniów, podczas gdy drugi biegun jej łączy się z ziemią. Krążek B także łączymy z ziemią drutem CD, wskutek czego prąd elektryczny przepływa przez przestrzeń (powietrze) pomiędzy obu krążkami. Potencjał krążka B jest wykazywany stale przez elektrometr E.

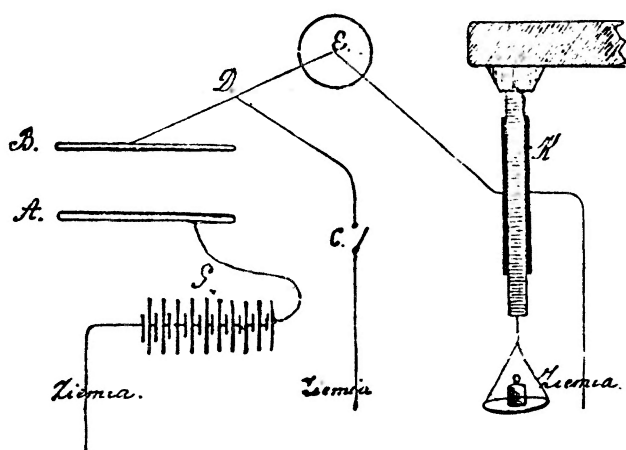


Fig. 1.

Jeżeli teraz przerwiemy w punkcie C połączenie krążka B z ziemią, to w tej chwili ładuje się on elektrycznością i wywołuje odchylenie elektrometru. Prędkość tego odchylenia jest proporcjonalną do natężenia prądu przepływającego przez kondensator i ona to może służyć za miarę natężenia prądu. Lepiej jest wszakże znosić stale ładunek na krążku B w ten sposób, aby elektrometr stale stał na zerze.

Ładunki, jakie tu w grę wchodzi, są bardzo małe, można więc je równoważyć za pomocą kwarcu piezoelektrycznego, którego jedna zbroja jest połączona z ziemią, druga zaś – z krążkiem B. Błazkę kwarcu poddajemy wymierzalnemu wysiłom, przez nakładanie ciężarków na przyczepioną

doń szalkę. Wysiły te zwiększamy stopniowo, co pociąga za sobą stopniowe wytwarzanie ładunku, znanej wielkości. Notując czas i odpowiadające mu wysiły, utrzymujące elektrometr na zerze, zdobywamy wszystkie potrzebne dane. Całe badanie można przeprowadzić w ten sposób, że ustawicznie równoważą się za sobą oba ładunki na krążku B, a mianowicie: ładunek dodatni przyplwający przez powietrze z krążka A z ładunkiem odjemnym, wytwarzanym przez obciążanie kwarcu.*)

W ten sposób można mierzyć w jednostkach bezwzględnych ilość elektryczności, przepływającą przez kondensator w określonym przeciągu czasu, czyli natężenie prądu, a rezultat pomiaru oczywiście wcale nie zależy od czułości elektrometru.

Natężenie prądów jakie otrzymałam w moim przyrządzie wahało się około 10^{-11} ampera, a to przy średnicy krążków równej 8 cm., przy odległości ich na 3 cm. i przy różnicy potencjałów równej 100 voltom.

Badając za pomocą powyższej metody promieniowalność związków uranu i toru spostrzegamy odrazu prawidłowość i stateczność zjawiska. Promienie wysyłane przez uran początkowo jako specjalny rodzaj fosforescencji wywołanej, jak zwykle, przez światło. Skoro jednak spostrzeżono, że światło nie zdaje się być przyczyną tego zjawiska, musiała upaść rzecz prosta wszelka myśl o jakiegokolwiek łączności jego ze zwykłą fosforescencją. Boć nawet w oderwaniu od przyczyny, nie masz najmniejszego podobieństwa między fosforescencją i promieniowalnością uranu.

W rzeczy samej, fosforescencyjne własności danego ciała nie powtarzają się wcale w jego połączeniach i na odwrót, znamy ciała o wysokiej fosforescencji, złożone ze składników całkiem nie fosforyzujących. Wiadomo nadto, że fosforescencya zależy w stopniu bardzo wysokim od warunków, w jakich się ciało znajduje i od domieszek, jakie się w niem znajdują. Pod tym względem rzeczy zachodzą tak daleko, że jeden i ten sam związek chemiczny może fosforyzować bardzo silnie, lub nie fosforyzować wcale, a to zależnie od sposobu, w jaki został przygotowany.

*) Łatwo jest to osiągnąć, podtrzymując ręką obciążoną szalkę S, i stopniowo usuwając rękę, przez co zwiększa się stopniowo obciążenie kwarcu w ten sposób, że elektrometr stale wskazuje zero. Wprawę potrzebną do tego rodzaju działania zdobyć nie trudno.

Nic podobnego nie zachodzi przy promieniowalności w związkach uranu i toru. We wszystkich związkach obu tych metali występuje promieniowalność i to w stopniu tym wyższym, im więcej dany związek zawiera w sobie metalu.

Ciała pozbawione promieniowalności wchodząc w skład związku badanego, stają się pod względem tej własności bezużytecznym i pochłaniającym promienie balastem.

Nieczystości w niewielkich ilościach nie wywierają widocznego wpływu. Rozmaite okazy jednego i tego samego związku, jakkolwiek otrzymane rozmaitym sposobami, z rozmaitych ciał i w rozmaitych czasach, przedstawiają zawsze jednakową promieniowalność.

Sole rozpuszczone w wodzie mają własność promieniowalności, ale w stopniu o wiele mniejszym, aniżeli w stanie stałym.

Liczby otrzymane z jednym przyrządem i z jednym i tem samym ciałem czynnem, nie różnią się od siebie więcej niż na 2%, aczkolwiek warunki w otaczającym je środowisku, jako to temperatura i stopień oświetlenia, ulegają znacznym zmianom w ciągu rozmaitych pór dnia i roku.*)

Z powyższego wynika, że jeśli jakiegokolwiek ciało przedstawia promieniowalność, to można wnioskować, że zawiera ono przynajmniej jeden pierwiastek, wyposażony w tę własność, a nadto – musimy wyprowadzić i drugi wniosek, że promieniowalność tego pierwiastku jest większą niewątpliwie od promieniowalności badanego ciała.

Te to uwagi i wnioski służyły mi za punkt wyjścia przy poszukiwaniach *polonu*.

Badałam w tym przyrządzie rozmaite minerały, wiele z nich wykazywało promieniowalność, a mianowicie: pechblendę, chalkolit, autunit, kleweit, monazit, oranżyt, toryt i w. i. Wszystkie te minerały zawierają uran i tor, więc promieniowalność ich jest rzeczą zgoła naturalną. Lecz natężenie zjawiska w pewnych minerałach okazało się zupełnie nieoczekiwanem. Są pechblendy (minerał ten zawiera tlenek uranu), wykazujące promieniowalność *trzy razy większą*, od promieniowalności uranu metalicznego. Chalkolit (krystaliczny fosforan miedzi i uranu) ma promieniowalność 2 razy większą niż uran, – a autunit (fosforan wapnia i uranu) ma taką samą promieniowalność jak uran.

*) Krążki, pokryte uranem metalicznym, służyły mi w ciągu 8 miesięcy jako wzorzec do porównywania przy wszystkich badaniach nad promieniowalnością.

Występuje więc tu pewna niezgodność pomiędzy rezultatami doświadczeń, otrzymanymi dla czystych związków uranu, które zawsze posiadają mniejszą promieniowalność, aniżeli czysty uran. Dla wyjaśnienia tej niezgodności przygotowałam sztucznie chalkolit sposobem Debray'a z czystych związków uranowych. Doświadczenia wykazały, że sztucznie przygotowany chalkolit posiada zupełnie normalną promieniowalność, jaką winien posiadać ze względu na swój skład chemiczny. Istotnie jest ona $2^{1/2}$ razy mniejszą od promieniowalności metalicznego uranu.

Z powyższego wynika, że pechblendę, chalkolit, autunit, jako posiadające tak wielką promieniowalność, zawierają prawdopodobnie w sobie w niewielkich ilościach ciała o bardzo wielkiej promieniowalności. Ciała te, warunkujące promieniowalność przytoczonych minerałów, nie mogą być oczywiście ani uranem, ani torem, ani też żadnym ze znanych nam pierwiastków chemicznych.

Wspólnie z p. Piotrem Curie zajęłam się poszukiwaniem tego ciała w pechblendzie.

Przekonaliśmy się przedewszystkiem, że pechblendę, sublimowaną w próżni, daje ciała o niezmiernie wysokiej promieniowalności, 30 razy większej od promieniowalności uranu. Ciał tych wszakże otrzymuje się bardzo niewiele. Skutkiem tego woleliśmy uciec się do rozpuszczającego działania kwasów na pechblendę i do systematycznego analizowania otrzymywanych produktów, kierując się ustawicznym badaniem ich promieniowalności, stanowiącej cechę bardzo czułą, a zresztą w danym razie jedyną tego poszukiwanego ciała, którego innych własności zgoła nie znaleźliśmy.

Kwaśny roztwór pechblendy poddaliśmy działaniu siarkowodoru. Uran i tor pozostały w roztworze. Spostrzegliśmy przy tem następujące fakty:

Osadzone przez siarkowodor siarki zawierają ciało o bardzo wysokiej promieniowalności, obok siarków ołowiu, miedzi, bizmutu, arsenu i antymonu.

Ciało poszukiwane (z wielką promieniowalnością), jest zupełnie nierozpuszczalne w siarku amonu, którym można je oddzielić od arsenu i antymonu.

Z części nierozpuszczalnej w siarku amonie za pomocą kolejnego użycia kwasów azotnego i siar-

czanego można ciało czynne oddzielić od ołowiu, ale niezupełnie. Gotując siarczan ołowiu zawierający ciało czynne, z rozcieńczonym kwasem siarczanym, można ciało czynne w znacznej części przeprowadzić do roztworu.

Z roztworu tego można je w zupełności oddzielić od miedzi za pomocą amoniaku, który osadza je całkowicie.

Oddzielenie ciała czynnego od bizmutu na drodze mokrej jest bardzo trudne i daje się jedynie osiągnąć w przybliżeniu za pomocą osadzania cząstkowego. W tym celu należy stopniowo dodawać wody do roztworu silnie zakwaszonego kwasem solnym lub azotnym. Najpierwsze części powstającego osadu posiadają największą promieniowalność.

W celu zupełnego oddzielenia badanego ciała od bizmutu, uciekliśmy się do sublimacji. W tym celu na roztwór zawierający ołów, bizmut i ciało badane działaliśmy siarkowodorem, a strącone siarki poddaliśmy sublimacji w próżni, ogrzewając je do temperatury około 700°C .; W tych warunkach siarek metalu poszukiwanego otrzymuje się pod postacią czarnego nalotu w tych częściach rurki, których temperatura wynosi około $250^{\circ} - 300^{\circ}\text{C}$.; Siarki ołowiu i bizmutu pozostają w częściach rury o wiele gorętszych.

Przeprowadzając te rozmaite czynności otrzymaliśmy kolejnie ciała o coraz to większej promieniowalności. Ostatecznie otrzymaliśmy produkty o promieniowalności blisko 400 razy większej od promieniowalności uranu.

Na zasadzie powyżej opisanych faktów przyszliliśmy do wniosku, że pechblend zawiera nieznaną dotychczas pierwiastek. Pierwiastek ten zdaje się być metalem, zbliżonym analitycznie do bizmutu. Proponujemy dać mu nazwę *Polonu*.

Ponieważ promieniowalność polonu jest tak wielką, można więc postawić pytanie, czy promieniowalność uranu i toru nie zależy od domieszek polonu? Przypuszczenie jednak takie nie wydaje się prawdopodobnym, gdyż w takim razie związki uranu rozmaitego pochodzenia przedstawiałyby niewątpliwie promieniowalność bardzo różną, a tymczasem doświadczenia, jakie przeprowadziłam z wielu okazami uranu i jego połączeń rozmaitego pochodzenia nigdy nie dawały mi liczb wybitnie różnych.

Promienie uranowe, torowe i polonowe działają na klisze fotograficzne. Doświadczenie naj-

piej jest skutecznie w sposób następujący: Na płaskiej poziomej podstawce umieścić należy kilka pudełeczek, w które są nasypane rozmaite związki uranu i toru. Ponad pudełkami na niewielkiej odległości umieszcza się kliszę, zwróconą warstwą czułą ku dołowi (ku związkom). Czynności te, rzecz prosta, należy wykonać w ciemności, poczem pozostawia się wszystko w spokoju na pewien czas (także w ciemności). Wywołując następnie kliszę spostrzegamy, że jest ona zaczernioną w tych miejscach, które znajdowały się naprzeciwko ciał czynnych: każde pudełeczko daje czarną sylwetkę na kliszy, o brzegach nieco rozwianych.

Związki toru są fotograficznie mniej czynne, niż związki uranu. Uran daje wyraźny obraz na kliszy (żelatyno-bromowej) po godzinnej ekspozycji. Siarek polonu daje doskonały obraz po *trzech minutach* działania, a po półminutowem działaniu już się otrzymuje obraz dość wyraźny.

Promienie uranowe, torowe i polonowe można nazwać ogólniej promieniami Becquerel'a.

Wiadomo, że promienie Röntgena wywołują fluorescencję platynocyjanku baru. Należy więc zapytać, czy promienie Becquerel'a nie posiadają tej samej własności? Uran i związki torowe nie wywołują zgoła żadnej fluorescencji, lecz siarek polonu powoduje bardzo wyraźną fluorescencję platynocyjanku baru. Doświadczenie można wykonać w sposób następujący: Ciało czynne umieszcza się cienką warstwą na powierzchni krążka metalowego, przykrywa się je cienkim krążkiem glinowym, i całą powierzchnię glinu pokrywa się jednolitą warstwą platynocyjanku baru. Udając się z tem wszystkim do ciemnego pokoju spostrzemy na górnym krążku miejsca słabo świecące, przyczem łatwo można się przekonać, że wypadają one ściśle ponad siarkiem polonu, umieszczonym na dolnym krążku. Promienie wysyłane przez siarek polonu przeszły przez cienką błonkę glinu, podziały na platynocyjanek baru i wywoływały jego świecenie, podczas gdy oboczne części platynocyjanku pozostają ciemnymi. Zdawać by się mogło, że w ten sposób urzeczywistniony został układ wytwarzający światło przez nieograniczony przeciąg czasu bez żadnego spotrzebowania energii. Z tlenkami toru i uranu nie zdołaliśmy powtórzyć tego doświadczenia.

Dotychczas znamy dokładnie tylko dwa pierwiastki, posiadające promieniowalność. Oba one mają największe ciężary atomowe, a mianowicie:

tor – 230 i uran – 240. Byłoby rzeczą niezmiernie ciekawą dowiedzieć się czy i polon ma wysoki ciężar atomowy. Otóż uran i tor występują bardzo często w jednych i tych samych minerałach. Polon znaleźliśmy w pechblendzie, która zawiera również i uran i tor. Zdaje się więc, że istnieje zupełnie naturalna łączność pomiędzy wszystkimi pierwiastkami, wyposażonymi w promieniowalność.

Ze względu na ogół swych własności promienie Becquerela zbliżają się najbardziej do promieni Röntgena. Różnią się one od promieni Röntgena nie tylko swym pochodzeniem, ale i tem, że są w bardzo wielkim stopniu pochłaniane przez wszystkie środowiska, przez które przechodzą, przenikalność ich jest daleko mniejszą niż promieni Röntgena. Z tego punktu widzenia są one bardzo blizkie *wtórnych promieni X*, badanych obecnie przez p. Sagnac'a.

Skoro promienie X padają na jakiegokolwiek ciało, wówczas są częściowo pochłaniane, przy czem ciało pochłaniające staje się źródłem nowych promieniowań. Te nowo-wysyłane promienie mogą być albo promieniami widzialnymi (jak to ma miejsce z platynocyjankiem barytu), albo poza-fioletowemi (jak to ma miejsce z cyrkonem), albo też promieniami bardzo podobnymi do promieni Röntgena i różniącymi się od nich tem, że trudniej przenikają przez wszystkie środowiska. Te ostatnie promienie p. Sagnac nazwał wtórnymi promieniami X. Wytwarzanie promieni widzialnych i pozafioletowych jest wyjątkiem, występuje

ono tylko przy pewnych ciałach, a nadto trzeba, aby te ciała znajdowały się w specjalnych warunkach fizycznych i chemicznych. Naodwrot, wysyłanie promieni wtórnych jest prawidłem ogólnem dla wszystkich ciał, na które padają promienie X (czyli promienie Röntgena). Uran i tor pod wpływem promieni Röntgena wysyłają bardzo dużo promieni wtórnych, które łączą się z wysyłanymi przez nie promieniami Becquerela.

Uran i tor wysyłają promienie Becquerela samodzielnie, bez żadnego zewnętrznego bodźca. Badanie przewodnictwa elektrycznego powietrza pod wpływem uranu wykazało, że na przebieg zjawiska nie wpływa wcale oświetlenie uranu, nawet bezpośrednimi promieniami słońca. Nawet światło silnej lampy łukowej, tak bogate w promienie poza-fioletowe nie zdaje się zmieniać promieniowalności uranu.

Stale i samodzielne wysyłanie promieni Becquerela oraz skutki, jakie to promieniowanie powoduje, zdają się wskazywać na nieprzerwane wytwarzanie energii, której źródła trudno jest dopatrzeć. A wedle zasady Carnot'a układ niezmienny, nieotrzymujący z zewnątrz energii, nie może wykonać żadnej pracy nawet kosztem ciepła otaczającego środowiska. Wysyłanie promieni Becquerela przez uran, tor i siarek polonu, które w czasie zjawiska nie ulegają żadnej widocznej zmianie, zdaje się być w sprzeczności z zasadą Carnot'a, jeśli nie w istocie, to przynajmniej pozornie.

Paryż w Październiku 1898 r.

Pracownia Szkoły Chemii i Fizyki przemysłowych.

PRZEMÓWIENIE WSTĘPNE

J. M. Rektora Uniwersytetu Warszawskiego,
PROF. DR. STEFANA PIĘNKOWSKIEGO

na uroczystej Akademii ku czci

Ś. P. MARJI SKŁODOWSKIEJ-CURIE

urządzonej pod wysokim protektoratem

PANA PREZYDENTA RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ
PROF. D-RA IGNACEGO MOŚCICKIEGO

^{oraz}
PIERWSZEGO MARSZAŁKA POLSKI JÓZEFA PIŁSUDEKIEGO

przez:

Ministerstwo Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego
Zarząd Miejski m. st. Warszawy
Polską Akademię Umiejętności
Towarzystwo Naukowe Warszawskie
Akademię Nauk Technicznych
Towarzystwo Naukowe Lwowskie
Szkoły Akademickie Rzeczypospolitej
Polskie Towarzystwo Fizyczne
Polskie Towarzystwo Chemiczne
Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika
Towarzystwo Lekarskie Warszawskie
Towarzystwo Instytutu Radowego im. M. Skłodowskiej-Curie
Towarzystwo Radjologiczne

w Warszawie, w dniu 1 kwietnia 1935 roku.

*Panie Prezydencie Rzeczypospolitej,
Dostojni Goście,*

Potęga danego kraju mierzy się dziś jego dorobkiem naukowym i naród cały rozumie, że Nauka jest podstawą życia narodowego, zdrowia i siły obronnej państwa. Temi słowami był rozpoczęty uroczysty obchód 25-lecia odkrycia radu w Paryżu.

Istotnie, w złożonej budowie życia współczesnego państwa nauka gra coraz to wybitniejszą rolę. Nie tylko szkoły akademickie, towarzystwa naukowe, lecz i najwyższe władze państwowe wysuwają jako wartości podstawowe te wyniki, które stanowią istotny postęp wiedzy. Nie zapoznając wartości zdobywania, przechowywania i przekazywania już zdobytej wiedzy, musimy uznać, iż cała ta działalność stanowi tylko tło, na którym występuje ten wyraziściej cel główny i wartość najwyższa – *prawda naukowa*.

W tem przekonaniu tkwi źródło czci i kultu dla wielkich uczonych – jako twórców wartości nieprzemijających, a którymi ludzkość najwięcej szczyć się może.

Stosunek społeczeństwa do wielkich twórców świata nauki nabiera cech nowych wówczas, gdy łączą go z nimi bliższe więzy natury uczuciowej.

Uroczystość dzisiejsza jest właśnie wyrazem takiego głębokiego hołdu dla uczonej i szczerych uczuć dumy, przywiązania i wdzięczności jakie w nas żyją w stosunku do tej postaci, jaką jest postać wielkiej Polki, Marji Skłodowskiej-Curie.

Wielkość Jej widzimy nie tylko poprzez doniosłość wykrytych zjawisk i rozległość otwartych dla poznania ludzkiego horyzontów, lecz również przez jej zupełnie wyjątkową prostotę i skromność, jaką dać może nie potężny umysł tylko, lecz wielki duch człowieka.

Gdy była już u szczytu sławy poproszono Ją o danie swej biografji; odpowiedziała wówczas: „Jest to taka niewielka zwykła historja, pozbawiona wielkich wydarzeń. Urodziłam się w Warszawie – w rodzinie profesorskiej. Wyszłam za Piotra Curie i miałam dwoje dzieci. Dzieło moje naukowe wykonałam we Francji”.

Oto jest autobiografja kobiety, której sława niema równej sobie w dziejach myśli ludzkiej.

Jak dobrze jednak odpowiada ona prostocie i zaparciu się uczonej wobec wielkości i potęgi wiedzy. Całe też Jej życie to wytrwałe, uparte, mocarne i owocne zmaganie się z trudnościami badań prowadzonych w celu zdobycia prawd naukowych.

Maria Skłodowska-Curie (1867 – 1934)*

Jerzy Pniewski

Institut Fizyki Doświadczalnej im. Stefana Pieńkowskiego, Uniwersytet Warszawski

Dzieląc się w tym artykule uwagami na temat udziału naszej Wielkiej Rodaczki (żyjącej w latach 1867–1934) w rozwoju nauki, nie zamierzam wyliczać jej osiągnięć. Są one zbyt dobrze wszystkim znane. Chciałbym natomiast przedstawić pewien pogląd na wartość i znaczenie jej prac, ukazać ich rolę w nauce owego okresu, jak również wielu lat następnych.

Wiek XIX to wiek burzliwego rozwoju nauk przyrodniczych. Następuje cementowanie różnych działów fizyki: mechaniki z nauką o ciepłe, magnetyzmu z elektrycznością oraz obu tych działów z optyką. Rodzą się ambitne tendencje mechanistycznego wyjaśnienia wszystkich zjawisk fizyki, a w dalszej perspektywie innych nauk przyrodniczych. Fizyka staje się najbardziej zaawansowaną spośród nauk przyrodniczych, z doskonale rozbudowanym i z powodzeniem stosowanym aparatem matematycznym. To wprost oszałamia wielu wybitnych nawet ludzi, budząc u nich wątpliwości w możliwość dalszego postępu czy rozwoju pojęć fizycznych. Fizyka wydaje się być już nauką zamkniętą.

Zacytuję tu wypowiedź jednego z profesorów uniwersytetu monachijskiego, Phillipa von Jolly'ego, powtórzoną przez jego ucznia Maxa Plancka. Max Planck wspomina to w ten sposób:

„Kiedy rozpoczynałem studia fizyczne w połowie lat siedemdziesiątych i u mego czcigodnego nauczyciela Phillipa von Jolly'ego zasięgnąłem opinii na temat warunków i perspektyw moich studiów, przedstawił mi on fizykę jako naukę wysoko rozwiniętą, prawie całkowicie dojrzałą, która po ukoronowaniu jej osiągnięć przez odkrycie zasady zachowania energii miała już wkrótce przyjąć ostateczną postać. Wprawdzie w tym czy innym zakątku pozostaje jeszcze do

zbadania i usunięcia jakiś pyłek czy pęcherzyk, ale jeśli chodzi o system jako całość, to jest on dość zabezpieczony, a fizyka teoretyczna wyraźnie zbliża się do osiągnięcia takiej doskonałości, jaka od stuleci jest właściwa geometrii”.

Było to wkrótce po ogłoszeniu wspaniałej maxwellowskiej teorii elektromagnetyzmu. Oczywiście takie poglądy nie zachęcały do podejmowania twórczej pracy badawczej.

W końcu XIX w. pojęcie atomu zdawało się zyskiwać powszechne uznanie, chociaż nie brak było sceptycyzmu w stosunku do tych nieobserwowanych, nie dających się badać bezpośrednio tworów.

Maria, podejmując pracę naukową w latach dziewięćdziesiątych, powinna zatem liczyć jedynie na usunięcie pyłku czy pęcherzyka z jakiegoś zakątka wiedzy fizycznej. W istocie, podejmuje skądinąd bardzo pożyteczne prace uzyskując cenne wyniki w zakresie badań nad magnetyzmem hartowanej stali. Z pewnością nazwalibyśmy to nawet dziś problemem węzłowym. Gdyby jednak jej praca ograniczała się do takich tylko problemów, mało kto wiedziałby dziś o jej działalności – chyba rzeczywiście usuwałaby tylko pyłki i pęcherzyki. Marię jednak interesuje przede wszystkim poznanie podstawowych praw i zjawisk przyrody. Jej zapał, z jakim podjęła badania promieniotwórczości, poczynione spostrzeżenia, jej pierwsza własna informacja z kwietnia 1898 r. o możliwości istnienia nowego pierwiastka o bardzo silnej aktywności pobudziły zainteresowania jej męża – Piotra. Krocząc dalej razem, wskazują nie pęcherzyki, ale ogromne luki w wiedzy fizycznej. Jednych porywają z miejsca swymi odkryciami, innych – w wy-

* Artykuł ten otrzymaliśmy od prof. Pniewskiego w 1984 r. z okazji 50. rocznicy śmierci Marii Skłodowskiej-Curie. Oparty jest na przemówieniu pt. „Udział Marii Skłodowskiej-Curie w rozwoju nauki”, wygłoszonym przez prof. Pniewskiego dn. 28 maja 1973 r. podczas jubileuszowego posiedzenia Rady Naukowej Instytutu Onkologii im. M. Skłodowskiej-Curie w Warszawie. Tekst ten (którego wówczas nie wykorzystaliśmy) pragniemy przedstawić obecnie z okazji 100-lecia odkrycia polonu i radu. Nabiera on teraz dodatkowego znaczenia jako przypomnienie także prof. Jerzego Pniewskiego, znakomitego fizyka, który zmarł w 1989 r. (przyp. Red.).

niku wieloletniej, wyteżonej i pełnej samozaparcia pracy. Pierwiastek niewidoczny i bez ciężaru atomowego dla chemików nie istnieje. Wydzielenie dostrzegalnej ilości radu, wyznaczenie jego ciężaru atomowego, obok przekonania sceptyków, spełniło inną, nieoczekiwaną rolę: przyczyniło się do odkrycia nowej metody badawczej – radiochemii. To był ich pierwszy z niezamierzonych sukcesów – odkrycie nowej techniki zrodzonej z potrzeb ich pracy badawczej.

Ich badania pobudzają innych fizyków, przede wszystkim Rutherforda w Anglii, który potem niejednokrotnie podkreślał inspiracyjną rolę Marii w zrozumieniu zjawisk promieniotwórczości i tworzeniu podstaw dla rozwoju fizyki jądrowej. Przez wiele lat następnym jego nazwisko wiąże się z szeregiem odkryć, będących naturalnymi konsekwencjami badań nad promieniotwórczością.

Promieniotwórczość obala niepodzielność atomu, promieniotwórczość przyczynia się do odkrycia jądra atomu, a informacja o istnieniu jądra umożliwia Bohrowi podanie modelu atomu, który odegrał tak rewolucyjną rolę w pojęciach fizyki.

Dzięki promieniom ciał promieniotwórczych Rutherford odkrył pierwszą sztuczną reakcję jądrową. Dzięki cząstkom α ciał promieniotwórczych, w latach trzydziestych Chadwick odkrył neutrony, a małżonkowie Joliot sztuczną promieniotwórczość. W istocie, pierwszy sztuczny radioizotop, który był radiofosforem, został wytworzony z glinu właśnie dzięki cząstkom α . Wreszcie w końcu lat trzydziestych Hahn i Strassmann dokonali odkrycia rozszczepienia uranu za pomocą neutronów, które znów wytwarzali przy użyciu źródeł naturalnej promieniotwórczości.

Z biegiem lat akceleratory zastąpiły ciała promieniotwórcze przy reakcjach jądrowych, jednak pierwszy akcelerator, który znalazł zastosowanie w fizyce jądrowej, zbudowano dopiero w roku 1932, mimo że jego idea znana była od 1921 r.

Nie wiadomo kiedy zrealizowano by tę budowę, kiedy zdecydowano by się pokonać trudności techniczne, gdyby nie było bodźców, jakie pojawiły się w wyniku odkryć fizyki jądrowej uzyskanych dzięki promieniotwórczości.

Badania promieniotwórczości stworzyły fizykę jądrową i niezwykle ułatwiły jej rozwój, a ich dalsze konsekwencje w zakresie badań poznawczych sięgają aż do fizyki cząstek elementarnych, a w zakresie zastosowań aż do wykorzystania energii jądrowej.

Osobistą zasługą Marii jest to, że promieniotwórczość tak wcześnie znalazła zastosowanie do badań fizyki jądrowej. Jej wielki talent eksperymentalny i trafność stawiania hipotez, jej wielka wytrwałość w pokonywaniu trudności, w połączeniu z podobnymi cechami jej męża, otworzyły drogę do najcenniejszych odkryć XX w. Małżonkowie Curie, Einstein, Rutherford, Planck, Bohr to wspaniali twórcy nowej fizyki, której istnienia ludzie XIX w. nawet nie przeczuwali.

Wspomniałem uprzednio o nieoczekiwanym sukcesie, o odkryciu nowej, radiochemicznej metody badawczej. Drugim takim nieoczekiwanym sukcesem było zastosowanie promieniowania ciał radioaktywnych do terapii najcięższej z chorób – do leczenia raka. Z pewnością kiedyś znajdzie się ostateczne remedium na tę tragiczną dolegliwość człowieka, ale nawet teraz, w ciągu tych dziesiątków lat, chyba miliony ludzi znajdowały ulgę, bądź nawet było całkowicie wyleczonych dzięki zastosowaniu promieniotwórczości.

Badanie podstawowych praw i zjawisk przyrody otwiera zawsze najlepsze perspektywy dla wykorzystania tych środków, jakie nam może ona zaoferować. Przyroda zawsze potrafi zaskoczyć człowieka, ale dopiero podpatrzona dostarcza nieoczekiwanych możliwości prowadzących do postępu na różnych polach, którego nawet nie sposób przewidzieć. Maria niewątpliwie umiała podpatrzeć przyrodę.

Sylwetka naukowa Marii Skłodowskiej-Curie*

Józef Hurwic

Université de Provence, Marsylia, Francja

Maria Skłodowska-Curie as a scientist

Wychowała się w Warszawie w skromnej rodzinie nauczycielskiej, gdzie panował prawdziwy kult nauki. W wieku 24 lat, przyzwyczajona do wysiłku i systematycznej pracy, ze sporym zasobem wiadomości naukowych, przyjechała w 1891 r. do Paryża. Po odbyciu studiów (fizyki i matematyki) na Sorbonie, wykonaniu zamówionych u niej badań technologicznych (magnetycznych właściwości stali) i założeniu we Francji rodziny przystąpiła do wykonania pracy doktorskiej. Owocem tej pracy będzie odkrycie wraz z mężem Piotrem Curie polonu i radu.

Jeżeli w odkryciu promieni X przez Röntgena i w odkryciu promieniotwórczości przez Becquerela szczęśliwy przypadek odegrał istotną rolę, to odkrycie polonu i radu nie miało w sobie nic z przypadku. Było wynikiem zaprogramowanych, systematycznych badań.

By sprawdzić, czy poza uranem nie ma pierwiastków promieniotwórczych, Maria Skłodowska-Curie bada systematycznie jeden za drugim wszystkie znane wówczas pierwiastki chemiczne, w postaci substancji prostych lub w odpowiednich związkach. Nie mogła więc nie odkryć promieniotwórczości toru.

Gdy doświadczalnie stwierdziła istnienie nieznanych jeszcze pierwiastków silniej promieniotwórczych niż uran i tor, stara się je wykryć systematycznymi metodami klasycznej analizy chemicznej. Dochodzi w ten sposób wraz z Piotrem Curie do otrzymania w 1898 r. polononośnego siarczku bizmutu, a kilka mie-

sięcy później, również we współpracy z Piotrem Curie, i z pomocą Gustave'a Bémonta, otrzymuje radonośny chlorek baru. Następnie w wyniku czteroletnich niezmiernie żmudnych systematycznych operacji chemicznych, polegających na eliminowaniu frakcji nieaktywnych, małżonkowie Maria i Piotr Curie, korzystając z pomocy André Debierne'a, otrzymują czysty chlorek radu. Po tragicznej śmierci Piotra Curie, dysponując w 1910 r. dostatecznie dużą ilością chlorku radu, Maria Skłodowska-Curie z pomocą Debierne'a może już otrzymać, przez elektrolizę, metaliczny rad.

Systematyczność i niezmordowana pracowitość cechuje również wszystkie późniejsze badania promieniotwórczości prowadzone przez Marię Curie.

Wszystkie jej badania, od samego początku, odznaczają się charakterem ilościowym, który sprzyja systematyczności. Jeżeli Maria Skłodowska-Curie mogła posunąć się dalej niż Henri Becquerel, to dzięki temu, że jego metody jakościowe (a najwyżej półilościowe) mogła zastąpić metodą badawczą ściśle ilościową. Nie interesowała się ona jego czysto jakościowymi badaniami działania preparatów uranowych na kliszę fotograficzną. Jako obiekt badawczy wybrała zdolność jonizacyjną promieniowania, która jest cechą mierzalną. Gdy Becquerel posługiwał się w swych badaniach mało dokładnym elektroskopem listkowym, Maria Curie wykonywała ściśle pomiary za pomocą precyzyjnej aparatury

*Wykład wygłoszony (w języku francuskim) podczas Sympozjum „From polonium and radium to exotic and superheavy nuclides”, zorganizowanego w Warszawie przez Instytut Fizyki Politechniki Warszawskiej w dniu 6 września 1997 r. (przyp. Red.).

z kwarcem piezoelektrycznym (opracowanej wcześniej do innych celów przez Piotra Curie i jego starszego brata Jacquesa).



Maria Skłodowska-Curie w pracowni (1913 r.).

Jeżeli w swoich badaniach chemicznych stosowała metody jakościowej chemii analitycznej, to w wyborze poszczególnych frakcji kierowała się kryterium ilościowym – natężeniem wysłanego promieniowania. Intensywna promieniotwórczość była jedyną znaną cechą poszukiwanego pierwiastka: emitowanym promieniowaniem sygnalizował on swą obecność w danej frakcji. Notabene, w ten sposób małżonkowie Curie wynaleźli metodę wskaźników promieniotwórczych, która wiele lat później znajdzie liczne zastosowania w fizyce, chemii, biologii, medycynie, rolnictwie i przemyśle. Wyczerpujące długotrwałe oczyszczanie (przez krystalizację frakcyjną) chlorku radu od chlorku baru sterowane było pomiarami aktywności frakcji, pomiarami średniej (ważonej) masy atomowej mieszaniny radu i baru w radonośnym chlorku baru oraz pomiarami natężenia linii radu w widmie optycznym promieniowania emi-

owanego przez preparat. Wraz ze wzbogacaniem produktu w rad, wartości mierzonych wielkości wzrastają. Po otrzymaniu czystego chlorku radu Maria Curie wyznaczyła masę atomową radu, a po wyprodukowaniu większej ilości tego związku pomiar z większą dokładnością powtórzyła, otrzymując wartość bliską wartości dzisiaj przyjętej.

Ilościowy wreszcie charakter miały m.in. późniejsze badania uczonej dotyczące spadku natężenia promieniowania wraz z upływem czasu oraz wykonanie międzynarodowego wzorca radu na zlecenie międzynarodowej komisji radiologicznej.

Jako członek (i wiceprzewodnicząca) Międzynarodowej Komisji Współpracy Intelktualnej przy Lidze Narodów stara się m.in. o stworzenie wydawnictwa tablic danych liczbowych w fizyce i chemii.

Na początku swych badań uczona w wyniku dokładnych pomiarów stwierdziła, że aktywność preparatu uranowego nie zależy ani od jego stanu fizycznego, ani od składu chemicznego, a jedynie od zawartości uranu: jest do niej proporcjonalna. Promieniotwórczość – wnioskuje więc Maria Skłodowska-Curie – jest właściwością pierwiastka uranu. Badaczka mogłaby się do tego ograniczyć, ale ona wprowadziła tu pojęcie atomu: promieniotwórczość preparatów uranowych jest właściwością atomów uranu, a więc jest właściwością atomową. Ten wniosek będzie podstawą wszystkich dalszych badań promieniotwórczości. Odwołanie się do atomistyki było odważnym zerwaniem z „racjonalną” tradycją nauki francuskiej, która ograniczała się do badania i omawiania sprawdzalnych faktów i prawidłowości, unikając wszelkich hipotez interpretacyjnych, a zwłaszcza hipotezy atomistycznej. Wybitni chemicy francuscy XIX i początku XX w., jak Marcelin Berthelot, Jean-Baptiste Dumas czy Henri Sainte-Claire Deville, zaciekle zwalczali pojęcie atomu. Dumas oświadczył, że gdyby to od niego zależało, wykreśliłby z nauki słowo „atom”. Gdy współcześni Marii Skłodowskiej-Curie chemicy francuscy woleli używać pojęcia równoważnika jako wielkości wynikającej z doświadczalnie wyznaczonych stosunków wagowych między pierwiastkami wchodzącymi w skład związków chemicznych, ona posługiwała się terminem „ciężar atomowy”, związanym z koncepcją atomu.

Mechanizm promieniotwórczości wytłumaczyli w 1902 r. Ernest Rutherford i Frederick

Soddy, opierając się na wynikach swych doświadczeń. Nie należy jednak zapominać, że to Maria Curie pierwsza, już w latach 1899–1900, wskazała na możliwość przekształcania atomu promieniotwórczego, wprawdzie tylko jako jedno z kilku możliwych wyjaśnień zjawiska.



Maria Skłodowska-Curie (mal. Blanche de Lorie, 1929 r.).

Maria Skłodowska-Curie, biorąc udział w dyskusjach na Radach Fizyki Solvaya w Brukseli, czę-

sto wyprzedzała panujące poglądy naukowe. Już w 1911 r., na pierwszej Radzie, gdy jeszcze nie było wiadomo, że jądro atomowe ma złożoną budowę, wyraziła przekonanie, iż siedliskiem promieniotwórczości jest wewnętrzna część atomu „nie-dostępna naszym środkom działania i, prawdopodobnie, naszym środkom obserwacji, z wyjątkiem momentu, gdy atom eksploduje”. W 1913 r., podczas drugiej Rady, uczona rozróżnia w atomie elektrony „peryferyjne” i elektrony jądrowe, „których istnienie ujawnia się w promieniotwórczości; strumień tych elektronów stanowi promienie β ”. „Taki elektron – kontynuuje Maria Curie – charakteryzuje się tym, iż nie może być oddzielony od atomu, który go zawiera, bez jego destrukcji”. Wreszcie na trzeciej Radzie, którą z powodu pierwszej wojny światowej zwołano dopiero w 1921 r., Maria Curie wyraziła opinię, że „na małych odległościach między cząstkami składowymi jądra działają siły o charakterze nieelektromagnetycznym”. Odkrycie wiele lat później neutronu i specyficznego charakteru sił jądrowych (oddziaływania silne) potwierdzi całkowicie ten pogląd.

Do dominujących cech intelektualnych Marii Curie należał, według Marcela Guillota, jednego ze współpracowników z ostatniego okresu jej życia, zdrowy rozsądek i coś w rodzaju instynktu, który wskazywał jej kierunek, jaki należy obrać w poszukiwaniach naukowych i pozwalał udzielać trafnych rad nawet w dziedzinach nauki odległych od jej bezpośrednich zainteresowań. Rutherford we wspomnieniu pośmiertnym podkreśla zarówno zręczność i precyzję eksperymentalną Marii Skłodowskiej-Curie, jak i jej zmysł krytyczny w interpretacji wyników doświadczalnych.

Jak odkrycie promieniotwórczości otworzyło bramy do poznania fizycznego mikroświata*

Józef Werle

Institut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet Warszawski

How the discovery of radioactivity opened the gates to the cognition of the physical microworld

Abstract: The first part of this essay recapitulates the principles of the modern scientific method as they emerged in physics in 17th century and the successive development of the macroscopic research in the main physical sciences (i.e. physics, astronomy, chemistry) till the end of 19th century. It also includes the dramatic story of the atomistic hypothesis in 19th century, its limited results as well as raising criticism. In the second part it is shown how the discovery of radioactivity made a great breakthrough in all the natural sciences by opening the possibilities of detailed experimental research of the physical microworld, i.e. of atoms, molecules, nuclei, elementary and subelementary particles. In fact the energetic alpha particles emitted by radium provided the first efficient tool for the experimental investigation of atoms and nuclei. Only much later the radioactive elements have been superseded by the much more elastic accelerators of various highly energetic microparticles, but the general idea of investigation remained the same. The cognition of the microworld not only tremendously enlarged our understanding of the material world and changed the philosophy of the natural sciences. It also implied vast possibilities of technical applications which changed deeply our whole civilisation. The great role of Maria Skłodowska-Curie and her family in this breakthrough is stressed.

1. Wstęp

Nie można dobrze zrozumieć znaczenia przełomu jaki dokonał się w naukach fizykalnych dzięki odkryciu promieniotwórczości bez znajomości choćby tylko podstawowych zasad postępowania badawczego oraz głównych nurtów rozwoju tych nauk. Pierwsza część niniejszego eseju zawiera więc szkic metodycznych (epistemologicznych) założeń oraz szkic historii tych nauk aż do końca XIX w. Druga część zawiera – obok ogólnych informacji o wkładzie małżeństwa Curie w odkrycie i zbadanie promieniotwórczości – nieco bardziej szczegółową dyskusję rozlicznych naukowych, filozoficznych i cywilizacyjnych konsekwencji tego odkrycia, jakich doświadczamy przez cały XX w.

Do nauk fizykalnych zalicza się wszystkie nauki badające przyrodę nieożywioną, a więc: fizykę, astronomię, chemię, geologię itd. Nowożytne nauki fizykalne stanowią otwarte systemy skutecznych działań badawczych zmierzających do coraz bardziej wszechstronnego i dogłębnego poznania przyrody. Podstawowe znaczenie dla rozwoju tych nauk ma stawianie ciekawych, istotnych poznawczo pytań i szukanie dobrze sprawdzonych odpowiedzi.

Nauki te stanowią samonapędzający się i samodoskonający, multiplikatywny system zdobywania wiedzy naukowej. Postęp naukowy polega na zamianie kolejnych części Niepoznanego na Poznane. Rośnie więc obszar zjawisk i praw poznanych, ale – w miarę stawiania nowych pytań i poszukiwania odpowiedzi – otwierają się często nowe

*Rozszerzona wersja referatu wygłoszonego dnia 8 października 1997 r. podczas połączonej sesji Towarzystwa Naukowego Warszawskiego oraz Polskiej Akademii Nauk.

obszary poszukiwań, czyli nowe obszary uświadomionego „jeszcze Niepoznanego”. Otwartość systemu nauki stymuluje nie tylko ekspansję wiedzy naukowej, lecz także niezwykle cenną zdolność doskonalenia, tj. poprawiania popełnianych błędów i zastępowania dobrego jeszcze lepszym. Są to wspaniałe i fascynujące cechy wszystkich nauk przyrodniczych.

Drugą urzekającą cechą nauk fizykalnych jest ich postępująca integracja w ramach coraz bardziej syntetycznych i ogólnych teorii tworzących fascynujące hierarchiczne struktury. Kolejne teorie coraz wyższych rzędów obejmują coraz bardziej jednolitym i dokładnym opisem coraz większe obszary zjawisk. Doświadczalną podstawą tej integracji jest oczywiście wspólnota podstawowych fizycznych pojęć i języka oraz konstrukcji fizycznej aparatury przygotowawczej i pomiarowej.

Nie miała tych cech fizyka Arystotelesa, która zawierała nie tylko wiele błędnych twierdzeń, ale ponadto stanowiła system zamknięty, w którym na każde (dozwolone) pytanie istniała gotowa – choć często powierzchowna, wymijająca lub wręcz błędna – odpowiedź. Fizyka Arystotelesa nie umiała poprawiać swych błędów; nie potrafiła się doskonalić i tkwiła w zastoju przez niemal 20 wieków, zanim w XVII w. została definitywnie odrzucona.

Pierwszym systemem mającym już szereg cech nowożytnej nauki fizykalnej była heliocentryczna astronomia Kopernika. System Kopernika był już w miarę otwarty; w każdym razie implikował wiele ciekawych pytań, dotyczących przede wszystkim względności ruchu, praw dynamiki układu planetarnego, wielkości Wszechświata (odległości od gwiazd), jednolitości materii i jej praw, sposobu matematycznego zapisu wyników obserwacji, itp. Implikował też szereg pytań natury bardziej filozoficznej, a nawet religijnej. Niewielka część tych pytań i odpowiedzi pochodziła od samego Kopernika. Ale odegrał on rolę fascynującego wiele pokoleń stymulatora ważnych pytań i odpowiedzi, które zmieniły sposób patrzenia na przyrodę i człowieka. Rozbudził on nowy styl myślenia oraz działania i przyczynił się waleń do rozwoju nie tylko astronomii, lecz także nowożytnej fizyki i całego przyrodoznawstwa. I na tym właśnie polega wielkość i inspirująca rola rewolucji kopernikańskiej.

Podobnie rewolucyjną rolę stymulatora ważnych pytań i odpowiedzi, tudzież inspiratora nowego typu działań, odegrało odkrycie i zbadanie naturalnej promieniotwórczości, gdzie tak bardzo ważny udział mieli Maria i Piotr Curie. Badania te zapoczątkowały ogromny przełom w fizyce i chemii, a potem, stopniowo, także we wszystkich innych naukach przyrodniczych – łącznie z biologią. Przełom ten polegał nie tylko na poznaniu nowego wówczas zjawiska promieniotwórczości niektórych ciężkich atomów, ale – przede wszystkim – na otwarciu bramy do poznania mikroświata. Cząstki α emitowane przez naturalne pierwiastki promieniotwórcze służyły bowiem jako pierwsze skuteczne, a przez kilkadziesiąt lat jedyne, narzędzie do eksperymentalnego badania mikroświata. Doprowadziło to do epokowego odkrycia i zbadania struktury atomów, jąder atomowych oraz reakcji jądrowych. Poznane w XX w. własności mikroświata stworzyły bezprecedensowe możliwości technicznych zastosowań, które dogłębnie zmieniły oblicze naszej cywilizacji.

2. Podstawowe założenia naukowych metod badania przyrody

Od strony raczej filozoficznej (a może tylko zdroworozsądkowej) nauki przyrodnicze opierają się na założeniu realnego istnienia materialnych obiektów. Obiekty te są poznawalne za pośrednictwem wysyłanej przez nie informacji docierającej do naszych zmysłów w postaci zjawisk. Ponieważ nasze zmysły słabo postrzegają wiele zjawisk, a wielu w ogóle bezpośrednio nie dostrzegają, trzeba więc często korzystać z pomocy odpowiedniej aparatury, która wzmacnia wybrane zjawiska lub też zamienia je na inne zjawiska dobrze postrzegane (najczęściej wizualnie) i mierzalne. Wiele takich zjawisk badacze muszą sztucznie wywoływać w swych laboratoriach, by móc je dobrze zbadać. Drugim obok empirii filarem poznania

przyrody jest rozumowanie (konceptje, hipotezy, prawa, teorie, logika, matematyka). Skuteczne badanie przyrody wymaga ścisłego sprzężenia zwrotnego między rozwiązującą wysunięty problem racjonalną hipotezą a sprawdzającym ją doświadczeniem. Postęp nauki odbywa się więc najczęściej w następującym cyklu badawczym: zastana wiedza W ; problem poznawczy P , wyłoniony z tej wiedzy, ale nie znajdujący w niej rozwiązania; propozycja rozwiązującej ten problem hipotezy H ; testy T logicznych i empirycznych konsekwencji tej hipotezy; analiza A hipotezy w świetle wyników testów. W razie przekonującego potwierdzenia: włączenie H i ewentualnie odkrytych w testach faktów empirycznych do nowej, poszerzonej wiedzy W' . Jeśli testy nie potwierdzają wysuniętej hipotezy, trzeba ją zmodyfikować lub zastąpić inną. Za pomocą takich cykli badawczych dochodzi się do prawdy rozumianej w naukach przyrodniczych jako zgodność myślowego obrazu rzeczywistości z empirycznymi faktami. Prawdę nazywamy cząstkową, jeśli odnosi się ona tylko do części rzeczywistości, np. tylko do określonego rodzaju zjawisk lub realnych obiektów. Z reguły przyrodnicy odkrywają prawdy cząstkowe. Prawd bezwzględnie uniwersalnych, tj. dotyczących wszelkich zjawisk przyrody jest bardzo niewiele (np. zasady zachowania energii i ładunku elektrycznego).

Skuteczność działania badawczego opartego na tych ogólnych założeniach wymaga jeszcze przyjęcia pewnego specyficznego, ważnego dla badaczy przyrody zestawu postaw i wartości. Oto niektóre najważniejsze: nieskrepowana ciekawość poznawcza; uznanie prawdy za najwyższą wartość w nauce; uznanie, że podstawowym celem nauki jest szukanie realnej prawdy, a nie produkcja rzeczy użytecznych; uznanie, że znajomość zjawisk i praw przyrody jest bardzo pożyteczna w praktyce i jest podstawą nowoczesnej techniki; uczciwość, sumiennosc i dokładność w pracy naukowej; krytycyzm, sceptycyzm i antydogmatyzm; niezależność od historycznych autorytetów (np. od Arystotelesa), a także od religii, mitów, magii oraz wszelkich ideologii; otwartość i jawność badań; swobodny przepływ informacji między uczonymi; ustawiczne sprawdzanie i doskonalenie nauki; odwaga w głoszeniu i w obronie poznanych prawd; szukanie nie tylko indywidualizujących różnic, lecz także integrujących podo-

bieństw (ukrytych nieraz bardzo głęboko); szukanie naturalnych przyczyn i tłumaczeń, a pozostawianie poza systemem nauki przyczyn nadprzyrodzonych; powiązanie racjonalizmu z empiryzmem; silne sprzężenie zwrotne myślenia z empirią (np. hipotezy lub teorii z eksperymentem); dążenie (w miarę możliwości) do wzbogacenia biernej obserwacji czynnym i lepiej kontrolowanym eksperymentem; uznanie, że eksperymenty są najważniejszym środkiem sprawdzania przyrodniczych koncepcji i teorii oraz odkrywania nowych faktów empirycznych; uznanie, że odpowiednie eksperymenty dostarczają znacznie ostrzejszych kryteriów prawdy naukowej niż użyteczność jej praktycznych zastosowań; stosowanie kontrolowanych ilościowo przybliżeń, idealizacji i abstrakcji; dążenie do precyzji, jasności i komunikatywności języków naukowych; dążenie do stosowania ścisłych i ogólnych, symbolicznych języków matematycznych; stopniowe odkrywanie coraz nowych prawd cząstkowych (faktów, koncepcji, praw i teorii) zamiast złudnego oczekiwania na nagłe oświecenie lub objawienie wszechogarniającej prawdy absolutnej; wrażliwość na różne formy zmysłowego i abstrakcyjnego piękna zjawisk i praw przyrody; wyobraźnia i inwencja twórcza; nieodpłatne udostępnianie zdobyczy nauki całej ludzkości; skromność oraz poczucie posłannictwa i służby prawdzie.

Chciałbym zwrócić uwagę, że kilka ostatnich postaw i wartości zawiera zalecenia określające społeczny, niejako „misyjny” charakter nauk przyrodniczych. Już w XVII w. wartości te i postawy zostały przyjęte przez powstającą w tym czasie nowożytną fizykę. Pewne uzupełnienia, tego zestawu stały się konieczne właściwie dopiero w XX w. (patrz ostatni rozdział tego eseju).

Podane wyżej zasady funkcjonowania oraz postawy i wartości nowożytnych nauk fizycznych były wyraźnie sprzeczne nie tylko z fizyką Arystotelesa, lecz także z istniejącą od starożytności alchemią, która była prekursorką chemii. Cele alchemii były od tysięcy lat na wskroś utylitarne: znalezienie „kamienia filozoficznego”, który miał ułatwić otrzymanie złota ze zwykłych metali, znalezienie eliksiru młodości i eliksiru nieśmiertelności, uniwersalnego rozpuszczalnika, panaceum na wszelkie choroby, cudownych maści wzmacniających naturalne zdolności człowieka, itp. Żaden z tych głównych celów alche-

mii nie został osiągnięty. Największym praktycznym osiągnięciem alchemii w Europie było przypadkowe odkrycie w XVIII w. chińskiej tajemnicy produkcji porcelany. Alchemia była ezoteryczna, tajemna, zamknięta, bezkrytyczna, irracjonalna, pozbawiona porządkujących teorii, niekomunikatywna. Alchemicy posługiwali się często magicznymi zaklęciami, czarami, tajemnymi rytuałami, niezrozumiałymi oraz nieskoordynowanymi językami. Wprawdzie rozwinęli oni szereg cennych metod czysto eksperymentalnych i odkryli wiele różnych związków chemicznych, ale były to działania najczęściej chaotyczne, trudne do przekazania. Alchemia przetrwała aż do połowy XVIII w., co znacznie opóźniło powstanie naukowej chemii.

Inny ważny obszar czysto praktycznego działania, wchodzącego w zakres dzisiejszej naukowej chemii, rozwijał się od wielu tysięcy lat w związku z działalnością techniczną człowieka, np. w różnych działach metalurgii, szklarstwa, garncarstwa, emalierstwa, a także w produkcji żywności, leków, kosmetyków itd. Również te – przekazywane wiernie przez tradycję – zawodowe umiejętności były często tajne, rutynowe i obciążone magicznymi rytuałami, co bardzo utrudniało ich zrozumienie i rozwój. Nie miały więc cech nauki.

3. Zarys głównych nurtów rozwoju nauk fizykalnych od początku XVII do końca XIX w.

XVII wiek

Od samego początku XVII w. zaczął się wspaniały rozwój systematycznej, racjonalno-empirycznej (teoretyczno-eksperymentalnej) metody badania zjawisk mechanicznych, opartej na pomiarach i matematycznym zapisie wyników (Galileusz, Kepler, Descartes, Torricelli, Hooke, Newton i inni). Odkryto w tym wieku szereg fragmentarycznych praw mechaniki i skonstruowano wiele jej podstawowych pojęć i przyrządów. Odkrycia i konstrukcje Galileusza dokonane w końcu XVI i na początku XVII w. uważane są powszechnie za początek nowożytnej fizyki, która ma więc za sobą 400 lat nieprzerwanego rozwoju.

W 1687 r. powstała dynamika Newtona – jako pierwsza, dojrzała, ogólna, syntetyczna, matematyczna teoria zjawisk mechanicznych. Trzy zasady dynamiki Newtona wraz z prawem powszechnego ciążenia opisały w jednolity, niezwykle zwarty

i dokładny sposób ruchy planet, księżyców i komet we wprowadzonym przez Kopernika i Keplera układzie heliocentrycznym. W ten sposób astronomia planetarna została właściwie włączona do fizyki. Te same równania Newtona opisywały też mechaniczne własności ciał na Ziemi, a więc ruchy mas makroskopowych, statykę i dynamikę cieczy i gazów, ciał sprężystych i brył sztywnych, tudzież akustykę. Teoria Newtona połączyła więc w jedną całość wszystkie makroskopowe mechaniczne zjawiska obserwowane na Ziemi i na Niebie. Innymi słowy: okazało się, że teorie wymienionych specyficznych obszarów zjawisk mechanicznych dają się wydedukować z ogólnej teorii Newtona.

W XVII w. dokonano też szeregu niezwykle ważnych odkryć w optyce (Snell, Newton, Huygens i in.).

XVIII wiek

W fizyce dominowała w tym wieku dalej mechanika, a w mechanice badania teoretyczne. Sprowadzały się one do rozwijania matematycznych metod rozwiązywania równań Newtona i dedukowania ich empirycznych konsekwencji w zastosowaniu do różnych typów układów fizycznych. Obserwacje i doświadczenia mechaniczne na ogół nie prowadziły w tym czasie do nowych, niespodziewanych odkryć, lecz tylko potwierdzały wnioski teorii. Wobec tak silnej w tym okresie dominacji matematyki w mechanice, wielu uczonych niejako „zapomniało” o jej empirycznym rodowodzie tudzież celu i zaczęło uważać mechanikę za gałąź matematyki.

W XVIII w., a szczególnie w jego drugiej połowie, rozwinęły się także doświadczalne badania zjawisk nie-mechanicznych, np. termicznych (kalorymetria, własności gazów) i elektrycznych (prawo Coulomba, elektryzacja, doświadczenia Franklina). Skonstruowano w tym czasie wiele ważnych aparatów pomiarowych (termometry, kalorymetry, dokładne wagi analityczne, wagi skręceń, elektrometry itd.).

Pod koniec tego wieku wprowadzenie do chemii dokładnych pomiarów mas reagentów i innych fizycznych wielkości (Lavoisier) oraz rozpoczęcie jawnych i systematycznych badań spowodowało definitywny koniec alchemii i powstanie naukowej, ścisłej chemii. Zaowocowało to niemal natychmiast licznymi ważnymi odkryciami (np. prawo zachowania masy w reakcjach chemicznych, trzy

prawa stechiometrii, odkrycie wielu pierwiastków chemicznych, obalenie koncepcji flogistonu itd.).

XIX wiek

W pierwszej połowie XIX w. dokonał się dalszy wspaniały rozwój badań doświadczalnych w fizyce i chemii, połączony z niedostatkami ich teoretycznego opisu. Postępowało jednak intensywne tworzenie nowych koncepcji implikowanych przez doświadczenie (np. Dalton, Oersted, Faraday) oraz odkrywanie wielu ważnych, ale fragmentarycznych praw (chemia, elektryczność, magnetyzm, prądy elektryczne, optyka, zjawiska termiczne). Nastąpiło ostateczne odrzucenie wielu nieadekwatnych koncepcji interpretacyjnych (np. ciepłik, korpuskularna interpretacja światła).

W połowie XIX w. na podstawie szeregu eksperymentów termiczno-mechanicznych powstała następna wielka syntetyczna teoria fizyczna: termodynamika – integrująca wszystkie zjawiska (mechaniczne, chemiczne, termiczne, elektryczne i magnetyczne) zachodzące w rozciągłych makroskopowych ciałach, w których występuje przepływ lub wytwarzanie ciepła. Termodynamika wprowadziła dwie niezwykle ważne funkcje stanu: energię wewnętrzną i entropię. Pojęcie energii zostało niebawem rozszerzone na wszelkie makroskopowe i mikroskopowe układy fizyczne, a zasada zachowania energii stała się uniwersalnym prawem przyrody. Z kolei prawo wzrostu entropii wyznaczyło możliwe kierunki makroskopowych procesów (np. wyklucza ono konstrukcję tzw. perpetuum mobile drugiego rodzaju). Termodynamika wyjaśniła też, że ciepło (nie mylić z temperaturą) nie jest funkcją stanu, lecz funkcją drogi i drugim – obok pracy – sposobem wymiany energii z otoczeniem. Sformułowanie termodynamiki przyczyniło się nie tylko do szybkiego rozwoju konstrukcji coraz doskonalszych maszyn cieplnych, lecz także niezmiernie ułatwiło zrozumienie i ścisły opis procesów chemicznych, a w szczególności równowag chemicznych. Dwie podane w połowie XIX w. zasady termodynamiki zostały już w XX w. uzupełnione dwiema następnymi (Nernst i Planck, Onsager).

W 1873 r. J. Clerk Maxwell podał spójne, syntetyczne uogólnienie odkrytych wcześniej fragmentarycznych praw: Coulomba, Gaussa, Ampère'a, Oersteda, Ohma i Faradaya. Skonstru-

ował on trzecią wielką, integracyjną teorię makroskopowej fizyki zwaną elektrodynamiką Maxwella lub klasyczną. Podstawową rolę w tej teorii grają dwa wektory: pola elektrycznego i pola magnetycznego. Zespół kilku matematycznych równań elektrodynamiki podaje jednolity opis zjawisk: elektrycznych, magnetycznych oraz elektromagnetycznych wraz z optycznymi. Elektrodynamika opisuje precyzyjnie ogólne własności stałych i zmiennych prądów elektrycznych i pól elektrycznych oraz magnetycznych. Przewidziała istnienie zjawiska fal elektromagnetycznych o ściśle określonych własnościach. Światło okazało się falą elektromagnetyczną z wąskiego zakresu średnio wysokich częstotliwości.

Poprzez ciepło Joule'a, wydzielane przez prądy elektryczne, oraz dodane nieco później równanie określające siłę wywieraną przez pola elektromagnetyczne na ładunek elektryczny, teoria Maxwella została związana z termodynamiką i mechaniką. Te trzy wzajemnie powiązane teorie utworzyły pierwszy, czysto makroskopowy, poziom integracji nauk fizycznych zawierający ogromną liczbę bardziej szczegółowych teorii węższych obszarów zjawisk. Poprzez zjawiska jonizacji, elektrolizy, wyładowań w rozrzedzonych gazach, polaryzacji itp. nastąpiło też powiązanie elektrodynamiki z chemią. Matematyczne wyprowadzenie wynikających z równań Maxwella konsekwencji i ich doświadczalne wykrycie oraz praktyczne wykorzystanie zajęło wiele dziesięcioleci i stało się jednym z najważniejszych zadań fizyków, chemików i techników także w XX w.

Pod koniec XIX w. wydawało się więc, że od strony teoretycznej fizyka doszła do kresu poznania, że wszystkie podstawowe rodzaje zjawisk fizycznych i rządzące nimi prawa przyrody nieożywionej dają się wydedukować z wymienionych trzech, syntetycznych i wzajemnie powiązanych teorii makroskopowych. Wydawało się, że zawarta w tych teoriach wiedza ogólna o przyrodzie nieożywionej jest absolutnie ścisła, pewna i pełna. Występujące w praktyce niezgodności teorii z eksperymentem można było zawsze przypisać niedostatkowi czysto technicznemu, a więc błędom pomiarowym, nieznanym dokładnych wartości różnych parametrów empirycznych (np. wyznaczających stan początkowy), trudnej do urzeczywistnienia idealizacji, zbyt skomplikowanym – więc nie dającym się rozwiązać – równaniom, błę-

dom rachunkowym itp. Wierzono jednak, że napatykane niedokładności dadzą się stopniowo usunąć przez *a priori* nieograniczone zwiększenie dokładności pomiarów i obliczeń.

Była jednak w tym wspaniałym obrazie nauki poważna luka. Otóż te wielkie teorie makroskopowe nie przewidywały jednak konkretnych własności ciał, tylko zajmowały się ogólnymi relacjami między tymi własnościami. Na przykład termodynamika podawała pewne ogólne związki między stanami i procesami, w których występują dowolne realne ciała mogące mieć różne równania stanu, różne ciepła właściwe, energie wewnętrzne, przewodnictwa, potencjały chemiczne itd. Termodynamika, ani żadna inna makroskopowa teoria, nie wyznaczała jednak, ani nie przewidywała funkcjonalnej postaci i konkretnych wartości tych własności materiałowych. Stanowiły one konieczny zewnętrzny wkład do teorii, którego dostarczenie należało do zadań doświadczenia. Wielu uczonych uważało wyłączenie przewidywania konkretnych własności ciał ze sfery teorii za naturalne ograniczenie, ale wielu innych nie było zadowolonych z takiego stanu rzeczy.

4. Dramatyczna historia atomistyki w XIX w.

Na początku XIX w. Dalton, przyglądając się świeżo odkrytym prawom stechiometrii, doszedł do wniosku, że można je wytłumaczyć jako konsekwencje nieciągłej, ziarnistej, atomowo-molekularnej struktury związków chemicznych. Założył on, że każdy pierwiastek chemiczny składa się z odmiennego rodzaju jednakowych, trwałych, dalej już niepodzielnych, bardzo małych korpuskuł, które nazwał za Demokrytem atomami (1808 r.). W reakcjach chemicznych atomy mogą się łączyć w złożone drobiny (molekuły) lub też drobiny mogą wymieniać między sobą poszczególne rodzaje atomów. Dalton założył jednak błędnie, że pierwiastki w stanie gazowym składają się zawsze z pojedynczych atomów. Prowadziło to do wyników niezgodnych z doświadczeniem i nie zachęciło chemików do szybkiego przyjęcia hipotezy atomowej. Błąd ten naprawili niebawem inni badacze (Gay-Lussac, a szczególnie Avogadro 1811 r.), wskazując, że gazy znanych wówczas pierwiastków składają się z dwuatomowych drobin.

Już w 1661 r. Boyle – zwalczając wywodzące się od Empedoklesa i Arystotelesa, a także od Paracelsusa, błędne przekonanie o istnieniu tylko czterech elementów – podał względnie poprawne (choć operacyjnie nie całkiem jasne) określenie pierwiastka chemicznego jako podstawowej substancji nie dającej się rozłożyć na inne prostsze. Dopuszczał on, że może być nie cztery, ale wiele pierwiastków. Koncepcji Boyle'a nie wiązano bardzo długo z atomami i aż do połowy XIX w. pierwiastki były interpretowane przez chemików jako ciągłe, tj. nieskończenie podzielne substancje. Stało się więc coś zdumiewającego. Chemicy ignorowali przez 50 lat wywodzącą się z chemii i tak użyteczną właśnie dla nich hipotezę atomową, a fizycy zajęli się na razie innymi sprawami.

Dopiero w 1858 r. rozesłany przez S. Canizaro list otwarty tłumaczący zalety hipotezy Daltona, w wersji poprawionej przez Avogadro, spowodował, że na zjeździe chemików w Karlsruhe w 1860 r. została ona wreszcie zaakceptowana. W konsekwencji nastąpił bardzo szybki rozwój teoretycznej i eksperymentalnej chemii. Pojęcie atomów pierwiastków mogących mieć różne, ale dobrze określone wartościowości pozwoliło na stosunkowo proste graficzne (później także trójwymiarowe) przedstawienia struktury nawet dość skomplikowanych drobin związków chemicznych. W 1867 r. Mendelejew podał periodyczną tablicę pierwiastków ułożoną według wzrastających względnych mas atomowych. Przewidział istnienie i własności paru nieznanych jeszcze pierwiastków, które zostały odkryte dopiero później (jeden z nich, hel, najpierw na Słońcu).

Hipoteza atomowo-molekularnej struktury materii odegrała również ogromną rolę w fizyce jako podstawowe założenie kinetycznej teorii materii. Pierwszy kinetyczny model gazów zaproponował już w 1738 r. Daniel Bernoulli. Wyobrażał on sobie gaz jako zbiorowisko bardzo wielu chaotycznie zderzających się korpuskuł, których natura pozostawała jednak niejasna. Bernoulli wydedukował matematycznie niektóre własności gazów idealnych. Wymagało to stosowania niepopularnego wówczas w fizyce działu matematyki, w którym istotną rolę gra prawdopodobieństwo, statystyka, uśrednianie itp. Fizycy – zafascynowani wówczas mechaniką – nie znali tej matematyki i jej pojęć, odmiennych od stosowanych w dynamice Newtona. Zwyciężył więc na razie –

też korpuskularny, ale raczej jakościowy i ubogi w przewidywania – model gazu zaproponowany przez Newtona, oparty na założeniu „powszechnego odpychania” cząstek gazu.

Około połowy XIX w. pojawiły się pierwsze prace stanowiące podjęcie na nowo koncepcji Bernoulliego. Fizyk amator J.J. Waterston wpadł w 1845 r., raczej niezależnie, na pomysł skonstruowania kinetycznej teorii gazów. On pierwszy sformułował zasadę ekwipartycji, dostrzegł związek energii kinetycznej cząstek gazu z jego temperaturą oraz wyprowadził równanie stanu gazu doskonałego. Prace Waterstona napotkały jednak na niezrozumienie zawodowych uczonych i zostały zignorowane. Kilkanaście lat później problem kinetycznej teorii gazów zainteresował jednak kilku wybitnych fizyków, którzy dostrzegli w tej koncepcji możliwość mikroskopowej genezy szeregu parametrów makroskopowych oraz możliwość dedukcji wspomnianych konkretnych materiałowych własności ciał makroskopowych z ich mikroskopowej struktury. Najpierw rozwijano kinetyczną teorię gazów jako najprostszych ciał (Clausius, Maxwell, Boltzmann), a później powstały bardziej wyrafinowane schematy zwane teoriami statystycznymi materii (Gibbs). Tak więc na początku były to raczej uściślone powtórzenia niektórych wyników otrzymanych już przez Bernoulliego i Waterstona. Niebawem nastąpiło znaczne pogłębienie, rozwinięcie i rozszerzenie zainteresowań, np. na gazy rzeczywiste, ciecze i ciała stałe. Otrzymano na tej drodze proste statystyczne interpretacje, lub wręcz rachunkowe obliczenia takich wielkości i praw jak np.: ciśnienie i temperatura gazu, równania stanu gazu doskonałego i gazów rzeczywistych, lepkość, przewodnictwo i wreszcie statystyczna interpretacja entropii i drugiej zasady termodynamiki itd., itd. W 1860 r. Maxwell stwierdził, że w stanie termicznej równowagi w pozornie chaotycznym ruchu cząstek gazu występuje jednak pewien porządek wyrażający się w ścisłym rozkładzie prawdopodobieństwa ich prędkości.

Ponieważ nie było z góry wiadomo jakie własności (nawet te najprostsze, np. rozmiary) mają atomy lub drobiny, więc dla otrzymania znanych własności makroskopowych trzeba było dobierać odpowiednie wartości parametrów mikroskopowych. W ten sposób teorie statystyczne przyczyniły się pośrednio także do poznania przynajmniej niektórych, prostych własności atomów i drobin

oraz do wzmocnienia przekonania, że atomy i drobiny naprawdę istnieją. Tak więc po 1860 r. hipoteza atomowo-molekularnej struktury materii święciła coraz większe triumfy zarówno w fizyce statystycznej jak i w chemii.

Pod koniec XIX w. narastały jednak opinie krytyczne (Ostwald, Mach i inni) podkreślające niezaprzeczalny fakt, że teorie statystyczne i chemia dostarczały tylko argumentów poszlakowych. Nie znaleziono bowiem przez niemal cały wiek żadnych eksperymentalnych metod, które pozwoliłyby na bardziej bezpośredni dowód istnienia oraz na doświadczalne badania budowy atomów i drobin. Wyjątkowo ostre formy przybrała polemika między Boltzmannem i Ostwaldem. Pierwszy był zwolennikiem hipotezy atomowej i wysoce zasłużonym dla rozwoju teorii kinetycznej materii fizykiem teoretykiem. Drugi był zasłużonym twórcą chemii fizycznej i nauki o katalizie, który odrzucał istnienie atomów i usiłował oprzeć rozumienie zjawisk fizycznych i chemicznych na pojęciu energii.

Tak to – zarówno od strony fizyki jak i od strony chemii – hipotezie atomowej struktury materii towarzyszył wyjątkowy dramatyzm. Wspaniałe, wyprzedzające epokę pomysły Bernoulliego i Daltona, a także Waterstona, nie wzbudzały szerszego zainteresowania i były przez długie lata skazane na zapomnienie. O ile chemików obciąża 50 lat ignorowania hipotezy Daltona i Avogadra, to fizyków nie mniej obciąża 120 lat zapomnienia o koncepcji Bernoulliego. Gdy wreszcie po 1860 r. oba pomysły zostały zaakceptowane i pięknie rozwinięte, ich triumfalna ekspansja została pod koniec XIX w. zakwestionowana przez ostrą i – na domiar złego – uzasadnioną krytykę. Nieoczekiwanie ten węzeł dramatyczny został rozwiązany przez odkrycie pierwiastków promieniotwórczych.

5. Odkrycie elektronu i promieniotwórczości naturalnej

Pojawianie się w neutralnych ciałach zjawisk rozdzielania elektrycznych ładunków, powstawa-

nia napięć i prądów (błyskawice, elektryzowanie, elektroliza, przewodnictwo elektryczne metali, wyładowania w rozrzedzonych gazach) długo nie było kojarzone z hipotezą atomową i nie wiadano nic o ich mikroskopowym mechanizmie. Dopiero definitywne odkrycie elektronu w 1897 r. przez J.J. Thomsona wykazało niezbicie, że elektryczność ma także charakter nieciągły, ziarnisty, korpuskularny. Ponadto stało się oczywiste, że elektrony wchodzą w skład atomów. Obaliło to pierwsze założenie Daltona, że atomy są niepodzielne. Powstało natychmiast pytanie: jak rozmieszczony jest w atomie dodatni ładunek kompensujący ujemne ładunki elektronów? Odpowiedź na to pytanie usiłował odgadnąć Thomson, ale zaproponowany przez niego model „budyniu z rodzynkami” okazał się wkrótce niedobry.

W 1896 r. A.H. Becquerel prowadząc badania odkrytych parę miesięcy wcześniej przez Röntgena promieni X trafił zupełnie przypadkowo na nowe zjawisko: zagadkowe, przenikliwe promieniowanie blendy uranowej. Pojawiły się natychmiast liczne pytania chemicznej i fizycznej natury. Czy promieniowanie odkryte przez Becquerela jest emitowane tylko przez uran? Czy istnieją inne promieniotwórcze pierwiastki? Czy promieniowanie zależy od rodzaju soli uranu? Czy są w blendzie inne pierwiastki emitujące takie same lub inne promienie? Jaka jest natura tych promieni?

Konkretną odpowiedź na pierwsze dwa pytania znalazła Maria Skłodowska-Curie bardzo szybko, odkrywając promieniotwórczość toru. Dalej – zwrócił jej uwagę fakt, że promieniotwórczość blendy, tj. minerału zawierającego kopalne sole uranu, jest większa od promieniotwórczości chemicznie czystego uranu. Odpowiedź na związane z tym faktem następne pytania wymagała dobrej znajomości eksperymentalnej chemii i fizyki. Trzeba było znać trudne metody mierzenia promieniowania, oddzielania i oczyszczania związków chemicznych, wyodrębniania pierwiastków w czystej postaci itd. Maria opanowała do perfekcji potrzebne umiejętności. Już na początku swych studiów i pracy w Paryżu Maria Skłodowska-Curie była fenomenem w skali światowej. Bardzo niewiele kobiet na świecie miało wtedy jakiegokolwiek studia wyższe, a nauki ścisłe były wśród kobiet zupełnie niepopularne. Tym bardziej dotyczyło to kobiet polskich, ponieważ od wieków udział Polaków w rozwoju nauk ścisłych był znikomy.

W ciągu pierwszych kilku lat pobytu w Paryżu Maria zaliczyła studia z fizyki, chemii i matematyki.



Maria Skłodowska-Curie po otrzymaniu doktoratu (1903 r.).

Była więc dobrze przygotowana do podjęcia fascynujących ją żmudnych badań blendy uranowej. Jej mąż Piotr Curie był wybitnym fizykiem zajmującym się pierwotnie magnetyzmem, piezoelektrycznością itp., gdzie miał szereg ważnych osiągnięć. Widząc jednak ogromnie obiecujące perspektywy pracy żony dołączył do niej i już w 1898 r. ogłosili wspólnie odkrycie w blendzie uranowej innych, dużo rzadszych, ale za to bardzo intensywnie promieniujących pierwiastków: polonu i radu. Maria wprowadziła do języka nauki pojęcie (naturalnej) radioaktywności (promieniotwórczości) i stwierdziła, że jest to własność atomów określonych pierwiastków, która nie zależy ani od ich różnych związków chemicznych, ani od dostępnych wówczas działań fizycznych. Natężenie promieniowania określonego pierwiastka jest proporcjonalne do liczby jego atomów w badanej próbce. W 1903 r. Maria i Piotr Curie otrzymali Nagrodę Nobla z fizyki.

Po 1898 r. nastąpiła lawina odkryć związanych z promieniotwórczością. Odkryto jeszcze inne naturalne, ciężkie pierwiastki promieniotwórcze i stwierdzono, że mogą one emitować aż trzy różne rodzaje promieniowania: α , β i γ (M. i P. Curie, Rutherford, Villard, Soddy, Fajans i inni). Promieniowanie α polega na emisji stosunkowo ciężkiej cząstki, zidentyfikowanej później przez Rutherforda i współpracowników jako dodatnio naładowane jądro helu. Promieniowanie β polega na emisji ujemnie naładowanego elektronu. Promieniowanie γ , elektrycznie neutralne i najbardziej przenikliwe, jest po prostu promieniowaniem elektromagnetycznym o bardzo wysokiej częstotliwości, podobnym do promieni X. W 1902 r. Rutherford i Soddy stwierdzili, że emisja naładowanych cząstek α i β powoduje przemianę rozpadającego się pierwiastka na inny. Odkrycia te wykazały niezbicie, że przynajmniej niektóre atomy nie są niepodzielne, trwałe i niezniszczalne.

Wniosek ten wywołał szok u wielu chemików i fizyków, którzy uznawali koncepcje Daltona-Avogadra za absolutną prawdę. Przez szereg lat wielu z nich nie chciało się pogodzić z tym wnioskiem uważając, że gdzieś w eksperymentach lub rozumowaniu musi być błąd. Dopiero znacznie później okazało się, że doświadczenia i rozumowanie były poprawne, a rozwiązanie powstałych sprzeczności wymaga zmiany epistemologii nauk fizycznych.

Początek XX w. przyniósł tragiczny finał sporu między Boltzmannem i Ostwaldem. W 1906 r. Boltzmann popełnił samobójstwo. Nie wiem, czy uznał odkrycie nietrwałości i podzielności atomów za porażkę swojej wizji świata, czy też spowodowały ten czyn przeżycia bardziej osobiste. W 1908 r. – w dwa lata później, a w sto lat po wysunięciu przez Daltona hipotezy atomowej – Ostwald, najbardziej zagorzały jej przeciwnik, zaakceptował istnienie atomów. Dziwne, że zrobił to dopiero wtedy, gdy atomy okazały się podzielne i nie zawsze trwałe.

6. Doświadczalne odkrycie jąder atomowych i poznanie struktury atomów

Krytycy zarzucający atomistycy XIX w., że jest spekulatywną hipotezą bez doświadczalnego poparcia, mieli jednak sporo racji, choć nie mieli

konstruktywnych propozycji zmiany tej sytuacji. Spełnieniem ich żądań zajął się dopiero wiek XX. Okazało się bowiem, że właśnie naturalna promieniotwórczość otworzyła bramę wiodącą do wymierzonych eksperymentalnych badań mikrocząstek. Aż do połowy lat trzydziestych dostarczała ona bowiem praktycznie jedyne narzędzie do badania mikroświata, w postaci bombardowania atomów cząstkami alfa o dużej energii kinetycznej emitowanymi przez promieniotwórcze pierwiastki. Maksymalna energia kinetyczna niesiona przez te cząstki dochodziła do 8 MeV, co na tamte czasy było ogromną energią w porównaniu z około milion razy mniejszą energią wiązania elektronu w wodorze, a tym bardziej z energiami występującymi w reakcjach chemicznych. Podobnie – średnia energia kinetyczna przypadająca na jedną drobinę gazu o temperaturze pokojowej wynosi około 0.04 eV, tj. około 200 milionów razy mniej. Już na początku XX w. stało się więc jasne, że kluczem do poznania struktury mikroświata jest posiadanie odpowiednich mikrocząstek próbnych o energiach przekraczających o wiele rzędów wielkości energie jakimi dysponowali fizycy i chemicy w XIX w. Znacznie skromniejszą rolę od bombardowania cząstkami α odegrało bombardowanie materii elektronami lub promieniami γ . Wielka kariera elektronów jako idealnych cząstek próbnych nadających się nawet do badania struktury nukleonów zaczęła się dopiero ok. 1965 r., dzięki konstrukcji akceleratorów przyspieszających elektrony do bardzo wysokiej energii.

Analiza bombardowania cząstkami α cienkiej folii złota obserwowanego przez współpracowników Rutherforda: Geigera i Marsdena, doprowadziła Rutherforda w 1911 r. do stwierdzenia istnienia bardzo małego – w porównaniu z rozmiarami atomu – jądra atomowego. W jądrze skupiona jest niemal cała masa atomu i dodatni ładunek o liczbie równej liczbie związanych przez jądro lekkich, ujemnych elektronów. Ładunek jądra – a nie jego masa – decyduje o strukturze elektronowej powłoki atomu i o wszystkich jego własnościach chemicznych. Rutherford zaproponował tzw. planetarny model atomu, w którym lekkie elektrony krążą po klasycznych orbitach w przyciągającym je polu kulombowskim wytworzonym przez ciężkie jądro. Do tego klasycznego modelu, niezgodnego jednak z obserwacjami widm optycznych atomu wodoru, Bohr dołączył w 1913 r. trzy obce fi-

zyce klasycznej postulatory kwantowe. Były one rozszerzeniem hipotezy kwantów energii wprowadzonych wcześniej do promieniowania elektromagnetycznego przez Plancka i Einsteina. Jeśli chodzi o wartości energii, to w przypadku atomu wodoru i niektórych innych prostych (jednoelektronowych) układów model Bohra dawał dobre wyniki, ale nie nadawał się do bardziej skomplikowanych układów i nie oddawał szeregu innych własności stanów wzbudzonych.

7. Powstanie mechaniki kwantowej i ostateczna integracja chemii z fizyką

Dopiero w latach dwudziestych powstała mechanika kwantowa elektronów, atomów i drobin. Wprawdzie jej punktem wyjścia był również poglądowy planetarny model Rutherforda, ale wprowadziła ona zupełnie nowy formalizm matematyczny i nowe koncepcje związku matematycznych symboli z mierzalną rzeczywistością (amplitudy prawdopodobieństwa, równanie falowe, funkcje falowe, zasada nieoznaczoności, obserwowane przez operatory liniowe, przestrzeń Hilberta stanów fizycznych itd., itd.). Największe zasługi w konstrukcji mechaniki kwantowej mieli: de Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Dirac. Wszystkie przewidywania mechaniki kwantowej dotyczące własności atomów, drobin, jonów, a także samych elektronów, okazały się doskonale zgodne z wynikami doświadczeń.

Dzięki rozwikłaniu struktury elektronowych powłok atomów mechanika kwantowa wyjaśniła przekonująco zaobserwowane przez chemików – a poprzednio zupełnie zagadkowe – własności, jak: okresowy układ pierwiastków, wartościowości, różne typy wiązań chemicznych i przestrzenne konfiguracje drobin, oraz rozliczne inne własności mikrocząstek. Pozwoliła ona nie tylko na wytłumaczenie tych zjawisk, lecz także na rachunkowe przewidywania (obliczenia) różnych własności mikroświata, np. skomplikowanych widm optycznych atomów i drobin. Mechanika kwantowa stała się wspólną, fundamentalną teorią fizyki i chemii. Dokonała się więc w pierwszych 30 latach naszego wieku ostateczna integracja fizyki z chemią, oparta na wspólnych ilościowych koncepcjach fizycznych, wspólnych fizycznych metodach detekcyjnych i pomiarowych oraz na wspólnych podstawowych teoriach.

Symbolem tej integracji stało się małżeństwo i owocna naukowa współpraca Marii i Piotra Curie oraz przyznanie Marii Nagrody Nobla zarówno z fizyki, jak i z chemii. Komitet Nagród Nobla miał zresztą liczne kłopoty z kwalifikacją nagradzanych osiągnięć: czy do fizyki, czy do chemii. Na przykład Rutherford, który uważany jest za typowego fizyka, dostał w 1908 r. Nagrodę Nobla nie z fizyki, lecz z chemii.

8. Powstanie i rozwój fizyki jądrowej

Ogromny wysiłek poświęciło małżeństwo Curie, a po śmierci Piotra sama Maria, otrzymaniu coraz większych ilości coraz czystszych związków, a potem pierwiastkowej postaci radu i polonu.



Maria Skłodowska-Curie w swojej pracowni (1925 r.).

Zbieranie coraz większych ilości tych pierwiastków było pracą żmudną i pozornie mało ciekawą, ale Maria wykazała raz jeszcze genialną intuicję i wycucie wagi naukowej tego co robi. Pierwsza wojna światowa przerwała jednak jej pracę w dziedzinie fizyki i chemii. Maria poświęciła ten czas na pracę społeczną związaną z wykorzystaniem promieniowania X w diagnostyce chorych w szpitalach wojskowych. Zainteresowanie medycznymi

zastosowaniami promieniowania pozostało Marii do końca życia.

Wprawdzie już w 1914 r. ukończono budowę gmachu założonego przez Marię Instytutu Radowego w Paryżu, ale z powodu wojny rozpoczął on poważne prace naukowe dopiero w 1919 r., stając się niebawem jednym z głównych światowych centrów badań jądrowych. Wkrótce Maria miała już stosunkowo dużą ilość 1.5 grama radu. Silne oraz dobrze skoncentrowane promieniowanie α umożliwiło podjęcie szeroko zakrojonych badań jądrowych. W Instytucie Radowym Marii były one intensywnie prowadzone m.in. przez jej córkę Irenę wraz z mężem Fryderykiem Joliot-Curie. Bombardując cząstkami α lżejsze pierwiastki: bor, aluminium, magnez, wytworzyli oni sztucznie – po raz pierwszy – promieniotwórcze izotopy azotu, fosforu i aluminium, które w stanie naturalnym na Ziemi mają tylko trwałe izotopy. Podobne bombardowanie cząstkami α atomów berylu doprowadziło Chadwicka w Anglii do odkrycia w 1932 r. neutronu jako drugiej obok protonu cząstki składowej jąder. W 1935 r. małżonkowie Joliot-Curie otrzymali Nagrodę Nobla z chemii, a Chadwick z fizyki. W ten sposób zdarzył się jedyny w historii przypadek przyznania trzech Nagród Nobla czterem osobom z najbliższej rodziny: Marii (podwójnie) oraz jej mężowi, córce i zięciowi.

Odkrycie jąder atomowych wyjaśniło ostatecznie, że promieniotwórczość pierwiastków jest zależna tylko od budowy ich jąder. Po stwierdzeniu, że jądra składają się z protonów i neutronów stało się jasne, że ten sam pierwiastek, którego własności chemiczne są określone przez liczbę protonów w jądrze, może mieć różne liczby neutronów, czyli zawierać odmienne izotopy. Jądra różnych izotopów tego samego pierwiastka będą więc miały nie tylko odmienne masy, lecz mogą także rozpadać się na różny sposób lub też być trwałe. Dalej, podobnie jak w przypadku związków chemicznych, jądra tego samego izotopu mogą się różnić własnościami (izomery). Tak więc, wbrew założeniu Daltona, atomy określonego pierwiastka na ogół nie są identyczne, lecz są mieszaniną kilku izotopów, czy nawet izomerów. Nowym wielkim problemem stojącym przed fizykami stało się więc zbadanie struktur różnych trwałych i nietrwałych jąder oraz reakcji między nimi. Powstała nowa gałąź nauki zajmująca się tymi zagadnieniami: fizyka jądrowa.

9. W ślad za pomysłem Rutherforda

Pomysł Rutherforda, by badać struktury złożonych mikrocząstek za pomocą bombardowania ich innymi mikrocząstkami o dużej energii kinetycznej stał się najważniejszą doświadczalną metodą badania mikroświata, szeroko wykorzystywaną do dziś. Oczywiście, użycie akurat cząstek α emitowanych przez promieniotwórcze pierwiastki nie było jedyną *a priori* możliwością. W końcu lat trzydziestych odkryto reakcje rozszczepienia ciężkich jąder i zaczęto stosować neutrony do wywoływania skomplikowanych reakcji jądrowych.

Dopiero w latach trzydziestych XX w. zaczęła kiełkować era akceleratorów, które znacznie poszerzyły gamę cząstek bombardujących, a także powiększyły stopniowo ich energie o wiele rzędów wielkości. Ponad 60 ostatnich lat poświęcili fizycy i technicy na konstrukcje coraz doskonalszych generatorów strumieni rozpędzonych, różnych naładowanych mikrocząstek i bombardowanie nimi innych mikrocząstek. Przemiany jądrowe, które zachodzą samorzutnie w ograniczonym zakresie w rozpadach promieniotwórczych jąder, począwszy od lat trzydziestych umiemy wywoływać sztucznie w znacznie szerszym zakresie i pod ścisłą kontrolą, w systematycznie i celowo zmienianych warunkach.

Akceleratory umożliwiły poznanie struktury jąder, poznanie stanów podstawowych oraz wzbudzonych wielu setek jąder, konstrukcję jądrowych modeli, np. modelu powłokowego, itd. Dalej – użycie coraz wyższych energii doprowadziło do sztucznego wytworzenia wielu nowych, nie występujących w normalnej ziemskiej materii, nietrwałych cząstek (hadronów i leptonów), które jednak – ze względu na wiele podobieństw – zaliczono do cząstek elementarnych na równi z protonem, neutronem i elektronem. Dzięki wykorzystaniu akceleratorów powstała więc następna nowa gałąź fizyki: fizyka cząstek elementarnych.

Dalsze zwiększenie energii ujawniło, że protony i neutrony, a także inne hadrony, są złożone z jeszcze mniejszych cząstek fundamentalnych (subelementarnych) zwanych kwarkami. Kwarki mają bardzo dziwne własności (np. ułamkowe ładunki elektryczne), z których najdziwniejszą jest jednak ich uwięzienie w hadronach, tj. niewystępowanie w postaci izolowanej.

Zdumiewającym odkryciem naszego wieku jest fakt, że znajomość własności cząstek elementarnych i subelementarnych oraz ich fundamentalnych oddziaływań gra kluczową rolę w zrozumieniu procesów zachodzących w skali kosmicznej, np. procesów powstawania i ewolucji gwiazd oraz całego kosmosu.

10. Promieniotwórczość miernikiem czasu zdarzeń

Każde jądro promieniotwórcze rozpada się ze stałym, charakterystycznym dla niego prawdopodobieństwem. Jeśli mamy bardzo dużo, N egzemplarzy, takich samych jąder, to w określonej jednostce czasu (np. w ciągu jednego roku) rozpadnie się zawsze ten sam ich procent. Okres, w którym rozpadnie się połowa początkowych jąder (takich samych) nazywamy ich okresem połowicznego zaniku. Okres ten nie zależy od liczby jąder i jest stałą, charakterystyczną wielkością, niezależną od chwili obserwacji. Okresy połowicznego zaniku różnych jąder sięgają od ułamków sekundy do miliardów lat. Promieniotwórcze jądra tworzą szereg lub rodziny genetycznie związane ze sobą. Każdy następny członek rodziny powstaje z poprzedniego jako wynik jego promieniotwórczego rozpadu z emisją cząstki α lub β . W panujących na Ziemi warunkach występuje kilka naturalnych rodzin zaczynających się od konkretnego promieniotwórczego jądra, a kończących się na jakimś trwałym jądrze. Mamy więc rodzinę uranową zaczynającą się od ^{238}U , rodzinę torową zaczynającą się od ^{232}Th , i rodzinę uranowo-aktynową zaczynającą się od ^{235}U . Końcowymi członkami tych trzech rodzin są różne trwałe izotopy ołowiu.

Pierwiastki promieniotwórcze stanowią unikatowy czasomierz różnych zdarzeń geologicznych, paleontologicznych, prehistorycznych i historycznych, który znacznie uściślił stosowane poprzednio metody stratygraficzne, sedymentacyjne, porównawcze itd. Jeśli w chwili powstania minerału zawierał on np. tylko jednakowe jądra początkowe jakiejś rodziny, to można obliczyć czas powstania z pomiarów względnych ilości występujących w nim jąder pochodnych. Przy bardziej złożonym stanie początkowym rachunki będą podobne, choć bardziej skomplikowane. W ten sposób stwierdzono np., że wiek najstarszych skał w skorupie Ziemi wynosi ok. 3.9 miliarda lat.

Inne możliwości datowania zdarzeń biologicznych daje promieniotwórczy izotop węgla ^{14}C (Libby). Izotop ten tworzony jest ustawicznie w wyniku oddziaływań promieniowania kosmicznego z atmosferycznym azotem, tak że jego zawartość w atmosferycznym dwutlenku węgla jest stała. Żyjące istoty będące w równowadze z atmosferą mają więc stałą procentową zawartość ^{14}C . W chwili śmierci wymiana z atmosferą ustaje i w szczątkach zmarłych istot następuje powolny ubytek tego izotopu wskutek rozpadu. Jego okres połowicznego zaniku wynosi 5730 lat. Dzięki zastosowaniu bardzo precyzyjnych spektrometrów mas można dokładnie określić procentową zawartość izotopu ^{14}C już przy użyciu bardzo małych próbek badanych organicznych szczątków i w ten sposób określić datę śmierci. Metoda ta jest przydatna do wyznaczania czasu zdarzeń, które zaszły od 500 do 50 000 lat temu. Jest to więc metoda niezwykle przydatna w biologii, paleontologii, archeologii, antropologii, w badaniach starych kultur itd. Odkrycie promieniotwórczości odegrało więc przełomową rolę nie tylko w fizyce i chemii, ale także przyczyniło się do uściślenia i do rozwoju innych nauk przyrodniczych, a nawet historycznych.

11. Wiedza o mikroświecie źródłem nowej cywilizacji naukowo-technicznej

Tak oto badania nad promieniotwórczością skierowały nauki fizykalne XX w. na zupełnie nowe tory: na badania struktury i innych własności samych kwantowych cząstek mikroświata: atomów, drobin, jąder, cząstek elementarnych i subelementarnych. Poznanie podstawowych własności jąder i reakcji jądrowych doprowadziło do konstrukcji bomb jądrowych o przerażającej sile, które znacząco wpłynęły na losy świata. Z drugiej strony badania te umożliwiły pokojowe wykorzystanie energii jądrowej w postaci konstrukcji efektywnych elektrowni jądrowych, zamieniających w kontrolowany sposób energię tkwiącą w jądrach na bezpośrednio użyteczną energię elektryczną.

Ogromne znaczenie naukowe i praktyczne zyskały sztuczne promieniotwórcze izotopy pierwiastków, które w normalnych warunkach na

Ziemi zawierają tylko trwałe izotopy. Dodając dobrze kontrolowane ilości promieniotwórczego (znaczonoego) izotopu do naturalnego pierwiastka można śledzić dokładnie jego losy w interesujących nas procesach przemian materii. Izotopy znaczone stosuje się z powodzeniem w badaniach przebiegu procesów fizycznych i chemicznych, w badaniach biologicznych i medycznych, łącznie z diagnozą i terapią medyczną, a także w rozlicznych działach techniki.

Ponieważ ciała makroskopowe składają się z kwantowych mikrocząstek, więc muszą też wykazywać pewne własności kwantowe (przynajmniej „resztkowe”). Mechanika kwantowa oraz ciągle doskonalone metody doświadczalne stworzyły możliwości badania i praktycznego wykorzystania różnych kwantowych własności makroskopowych ciał: przewodników, półprzewodników i nadprzewodników, ferromagnetyków, kwantowych cieczy itd. Te gałęzie współczesnej fizyki stały się podstawą nowych, szybko rozwijających się dziedzin techniki (elektronika kwantowa, lasery, tranzystory, mikroprocesory, obwody scalone, komputery itd.) i doprowadziły do gigantycznych przemian cywilizacyjnych i kulturowych XX w., w których zachłannie uczestniczymy.

Ludzie szukają efektownych nazw dla kolejnych technicznych aspektów cywilizacji XX w. Mówi się więc o wieku telewizji, wieku energii jądrowej, tranzystorów, mikroprocesorów, komputerów, o początku ery informatycznej lub ery biologii molekularnej, itd. Warto zwrócić uwagę na wspólne źródła wszystkich wymienionych tu cywilizacyjnych i kulturowych przejawów. Otóż wszystkie one są rezultatem praktycznych zastosowań poznanych dopiero w XX w. własności mikroświata, a szczególnie praw kwantowej fizyki i chemii. Uważam, że eksponowanie jednego fragmentarycznego aspektu jest obarczone dużą dowolnością. Paczy ono obraz całości, ponieważ nie mamy tu do czynienia z relacją zastępowania, czyli wypierania, lecz z relacją nawarstwiania, tj. współistnienia. Należy więc sobie uświadomić, że od stu lat żyjemy w erze coraz szybszych zmian naszej cywilizacji spowodowanych przez coraz nowe zastosowania uzyskanej dopiero w tymże wieku wiedzy o mikroświecie.

12. Epistemologiczna rewolucja w naukach fizykalnych

Powstaje pytanie: czy po odkryciu elektronu oraz promieniotwórczości, czyli po stwierdzeniu podzielności i nietrwałości atomów nie należy daltonowskiego pojęcia atomu wyrzucić do lamusa historii błędów nauki? Otóż nie! Jest to pojęcie nadal używane w nauce i nadal bardzo pożyteczne dla zrozumienia i bardzo dokładnego opisu otaczającej nas przyrody. Trzeba tylko pamiętać, że nie wyraża ono wszechogarniającej i bezwarunkowo dokładnej prawdy absolutnej, lecz tylko prawdę cząstkową i przybliżoną. W obszarze ograniczonym do stabilnych – a przynajmniej długocycylowych – atomów i do niezbyt wysokich energii (np. temperatur) itd., pojęcie to jest nawet bardzo dobrze określone – zarówno jakościowo, jak i ilościowo. Te fizyczne i chemiczne warunki są bowiem bardzo dokładnie spełnione przez materię otaczającą nas na Ziemi. Jeśli interesują nas tylko związki i reakcje chemiczne między trwałymi pierwiastkami w normalnych ziemskich warunkach, to odstępstwa od koncepcji Daltona-Avogadra można całkowicie zaniedbać. Natomiast w obszarze zjawisk, w którym występują reakcje jądrowe, koncepcja ta nie da się jednak utrzymać. Tak więc uściślenia pojęcia atomów wynikające z odkrycia pierwiastków promieniotwórczych oraz odkrycia elektronu stały się zaczynem głębokich zmian w filozofii nauki.

Na początku XX w. pojawiły się jeszcze inne – poza promieniotwórczością – źródła idące w tym samym kierunku rewolucji epistemologicznej, która pogłębiła rozumienie sensu przyrodniczej prawdy naukowej i dróg postępu nauki. Otóż niemal do końca XIX w. naukowcy uważali, że prawda przyrodnicza – rozumiana jako dobrze zweryfikowana zgodność określonej koncepcji, twierdzenia lub teorii z empirią – może być cząstkowa, tzn. może dotyczyć tylko jakościowo ograniczonego obszaru zjawisk, ale w tym obszarze może być uważana *a priori* za absolutnie dokładną i pewną, nie wymagającą żadnych istotnych korekt. Na przykład wspomniane trzy wielkie teorie makroskopowe: mechanika, termodynamika i elektrodynamika były uważane za absolutnie dokładne teorie odnośnych zjawisk przyrody. Na początku XX w. wycofano się z tego przeko-

nia. Zmiana rozpoczęła się niemal jednocześnie w kilku obszarach fizyki.

Najwcześniej, już w 1877 r., pojawił się zwia-
stun w postaci statystycznej interpretacji entropii,
która została związana przez Boltzmann z praw-
dopodobieństwem stanu makroskopowego układu
złożonego z bardzo wielu mikrocząstek. Według
tej interpretacji procesy sprzeczne z drugą zasadą
termodynamiki nie są absolutnie wykluczone, lecz
jedynie bardzo, bardzo mało prawdopodobne. Był
to pierwszy przykład wskazujący, że teoria uwa-
żana pierwotnie za absolutnie dokładną może być
tylko bardzo dobrym przybliżeniem. Ze względu
na pewną nieufność do stosowanego w tych rozwa-
żaniach pojęcia prawdopodobieństwa, wynik ten
nie zmienił jednak powszechnie przyjętej episte-
mologii nauk fizycznych. Znacznie głębsza i bar-
dziej przekonująca zmiana filozofii tych nauk
nastąpiła dopiero w XX w.

Na początku XX w. pojawiło się innego ro-
dzaju, czysto makroskopowe ograniczenie zakresu
stosowalności mechaniki Newtona. Ograniczenie
to wynika z dobrze doświadczalnie sprawdzo-
nej, i zgodnej z elektrodynamiką Maxwella, tzw.
szczególnej teorii względności (Einstein, 1905 r.),
która doprowadziła do korekty mechaniki New-
tona i do powstania dokładniejszej mechaniki re-
latywistycznej. Dawna, nierelatywistyczna mecha-
nika Newtona wynika z relatywistycznej mecha-
niki Einsteina jako przybliżenie, które jest na-
wet bardzo dokładne, jeśli wszystkie prędkości
względne mas występujących w rozważanym ukła-
dzie są bardzo małe w porównaniu z nieprzekra-
czalną prędkością światła c . Warunek ten jest bar-
dzo dobrze spełniony nawet przez najszybciej po-
ruszające się makroskopowe ciała na Ziemi i w na-
szym układzie planetarnym. W przypadku ruchów
z prędkościami porównywalnymi z c trzeba stoso-
wać dokładniejszą relatywistyczną mechanikę.

Jeszcze dalej w rewizji podstawowych pojęć
mechaniki Newtona poszedł Einstein (1916 r.)
w ogólnej teorii względności zwanej też teorią gra-
witacji (OTW), która postuluje zależność samej
struktury przestrzeni i czasu od rozkładu mas.
Teoria ta zanegowała jeszcze wyraźniej aprio-
ryczne założenia dotyczące własności przestrzeni
oraz czasu i traktujące te wielkości jako nie-
zmienne, niezależne od warunków fizycznych, czy-
sto umysłowe kategorie poznania. Wspomniana
zwykła relatywistyczna mechanika wynika z OTW

jako przybliżenie, które jest jednak w normalnych
warunkach na Ziemi bardzo dokładne, ponieważ
wynikające z OTW poprawki są wtedy znikomo
małe i zanedbywalne. Teoria ta gra jednak bar-
dzo istotną rolę w przypadku wielkich astrono-
micznych obiektów, a więc np. w ewolucji gwiazd
i Wszechświata.

Tak więc teoria Newtona, szczególna teo-
ria względności i ogólna teoria względności two-
rzą hierarchiczną sekwencję trzech coraz ogólniej-
szych i dokładniejszych teorii makroskopowych
powiązanych relacjami wynikania (względnie za-
wierania).

Również w opisie zjawisk mikroświata mamy
do czynienia z hierarchicznymi sekwencjami co-
raz doskonalszych i coraz ogólniejszych teorii.
Na pierwszą sekwencję składa się: a) mechanika
kwantowa atomów, drobin i jonów; b) elektrody-
namika kwantowa; c) kwantowa teoria oddziały-
wań elektrostałych. Na razie mniej dokładna od
pierwszej jest druga sekwencja teorii: A) kwan-
towe modele jąder i reakcji jądrowych; B) kwan-
towa teoria silnych oddziaływań między kwarkami
zwana chromodynamiką kwantową. W trzeciej se-
kwencji znajduje się, na razie izolowana i jeszcze
nieskwantowana, ale stale rozwijana teoria gra-
witacji. W sferze poszukiwań teoretycznych i do-
świadczalnych znajduje się oczekiwane połączenie
tych trzech sekwencji w nadrzędną, jednolitą, syn-
tetyczną teorię integrującą wszystkie cztery fun-
damentalne oddziaływania: silne, elektromagne-
tyczne, słabe i grawitacyjne.

Dalej – wszystkie statystyczne teorie XIX w.
opierały się na założeniu, że podstawowe pojęcia
i prawa dynamiczne rządzące mikroświatem po-
krywają się ze znanymi już pojęciami i prawami
makroświata. Uważano, że trzeba tylko wprowa-
dzić odpowiednie masy i potencjały sił do klasycz-
nego opisu oddziaływań między mikrocząstkami.
Wspomniana już mechanika kwantowa wykazała
wyraźnie, że znaczna część starych, klasycznych
konceptji, praw i formalizmów matematycznych
nie stosuje się do mikroświata i muszą je zastąpić
zupełnie odmienne kwantowe konceptje, prawa
i teorie. Jedną z epistemologicznie bardzo waż-
nych konsekwencji mechaniki kwantowej są rela-
cje nieoznaczoności Heisenberga, według których
np. iloczyn błędów jednoczesnego pomiaru po-
łożenia i prędkości cząstki nie można uczynić do-
wolnie małym. Pozostaje on zawsze większy od

pewnej stałej liczby, która jest odwrotnie proporcjonalna do masy cząstki. Dla mas makroskopowych (np. 1 g) liczba ta jest niezmiernie mała, tak, że kwantowa nieoznaczoność jest dla takich – lub jeszcze większych – mas zupełnie zaniedbywalna. Do opisu mechanicznych ruchów makroskopowych ciał można więc dalej stosować bez zmiany dynamikę Newtona. Natomiast dla mikrocząstek (np. dla elektronów) wartość tego iloczynu jest znaczna, co implikuje duże odstępstwa od mechaniki Newtona i konieczność używania mechaniki kwantowej. Mechanika kwantowa wprowadziła też inne bardzo istotne zmiany pojęciowe i formalne, związane np. z identycznością i z nowym rodzajem statystyk obowiązujących układy jednakowych cząstek.

Innym obszarem głębokich zmian w filozofii nauk fizycznych, jakie nastąpiły w XX w., jest przyczynowe rozumienie zjawisk przyrody. Punktem wyjścia procesów badawczych w tych naukach są z reguły pytania typu: co i jak? Odpowiedzi na takie pytania udzielają zwykle stosowne obserwacje lub eksperymenty. Odpowiedzi te mają formę adekwatnych do badanych zjawisk koncepcji oraz matematycznych, fenomenologicznych zapisów wyników pomiarów. Natomiast odpowiedzi na pytania o przyczyny, tj. pytania: dlaczego jest tak, a nie inaczej? – mogą udzielić tylko głębsze, syntetyczne teorie podające wspólne przyczyny wielu różnych zjawisk i fenomenologicznych praw przyrody. Wyjaśnię to na prostym przykładzie astronomii: Najpierw Kopernik założył, że Ziemia jest jedną z planet krążących wokół nieruchomego Słońca. Potem Kepler podał znacznie dokładniejszą odpowiedź na pytanie: po jakich trajektoriach poruszają się planety? Natomiast odpowiedzi na pytanie o przyczynę takiego właśnie ruchu planet udzieliła dopiero teoria Newtona. Odpowiedź brzmiała: ponieważ ruchy planet podlegają trzem zasadom dynamiki Newtona oraz siłom powszechnego ciężenia o wykrytym przez niego kształcie. Podobnych przyczynowych wyjaśnień i przewidywań licznych makroskopowych zjawisk i fenomenologicznych praw dostarczają nie tylko zasady Newtona, lecz także powstałe dopiero w XIX w. termodynamika i elektrodynamika Maxwella. Choć te trzy wielkie teorie podawały dynamiczne przyczyny występowania określonych relacji między wspomnianymi własnościami materiałowymi, jednakże nie potrafiły przyczynowo

wytłumaczyć oraz obliczyć ich konkretnych wartości. Wykonanie tego zadania wymagało znajomości mikroskopowej struktury ciał makroskopowych i wprowadzenia koncepcji przyczyn dynamiczno-strukturalnych, czy wręcz czysto strukturalnych.

Związki przyczynowo-skutkowe ($p \rightarrow s$) mogą tworzyć długie łańcuchy, jako że znając przyczynę p jakiegoś skutku s można z kolei zapytać: dlaczego zachodzi p ? Z drugiej strony fakt s , który jest skutkiem p , może być przyczyną następnego skutku. Postęp nauk przyrodniczych polega m.in. na odkrywaniu coraz dalszych członów takich łańcuchów przyczynowych. Podjęte po 1860 r. przez klasyczne teorie statystyczne próby podania mikroskopowej genezy i przyczynowych dedukcji własności materiałowych na podstawie odpowiednich strukturalnych założeń dały jednak bardzo skromne rezultaty ze względu na nieznaną własność mikrocząstek i ich oddziaływań.

Dzięki dokonaniem przez odkrycie promieniotwórczości otwarciu bram do dogłębnego badania mikroświata poznaliśmy budowę i inne własności kolejnych rodzajów coraz mniejszych mikrocząstek: drobin, atomów, jąder, cząstek elementarnych aż do cząstek subelementarnych. Znaną tych fundamentalnych składników materii i praw nimi rządzących pozwoliła na ilościowy przyczynowy opis również wielkich konglomeratów tych cząstek w postaci konkretnych realnych gazów, cieczy i ciał stałych. Czasem te dynamiczno-strukturalne teorie są dość skomplikowane, czasem są zdumiewająco proste. Na przykład wartościowości pierwiastka chemicznego są według mechaniki kwantowej zdeterminowane już przez liczbę elektronów na zewnętrznej powłoce atomów tego pierwiastka. Z drugiej strony równania mechaniki kwantowej atomu są wynikiem oddziaływania skwantowanych pól: elektronowego, opisanego przez równania Diraca, i elektromagnetycznego, opisanego przez elektrodynamikę kwantową.

Na zakończenie naszkicuję pewną bardzo ważną formę integracji fizyki i chemii jaka dokonana się dzięki mechanice kwantowej. Chodzi konkretnie o fascynującą redukcję ogromnej liczby obserwowanych przez przyrodników rodzajów sił. W badaniach makroświata odkryto tylko dwa rodzaje sił długi zasięgowych: grawitacyjne i elektromagnetyczne. Natomiast długo wydawało się,

że występuje w przyrodzie ogromna liczba zasadniczo odmiennych sił krótkiego zasięgu (kontaktowych). Przykładowo wymienię: siły sprężyste (wywołane przez odkształcenia ciał sprężystych), różne siły tarcia powierzchniowego i wewnętrznego (lepkości), siły ciśnienia hydrodynamicznego (zależne od gęstości, temperatury, prędkości przepływu płynu), siły osmotyczne i kapilarne, siły kohezji, oraz siły i potencjały chemiczne (odpowiedzialne za przebieg reakcji chemicznych, położenia równowagi, powinowactwa itp.). Do tych makroskopowych sił trzeba dodać postulowane w modelach kinetycznych siły między różnymi atomami, jonami i drobinami, których liczba była praktycznie nieskończona.

W tym niezwykle skomplikowanym obrazie sił przyrody dokonano w XX w. zaskakującego uproszczenia. Przede wszystkim dawne, raczej antropomorficzne i nieraz niezbyt precyzyjne pojęcie siły zastało zastąpione przez ściślejsze i bardziej syntetyczne pojęcie fundamentalnego oddziaływania. Mechanika kwantowa atomów i drobin dokonała redukcji wszystkich wymienionych rodzajów sił kontaktowych do jednego tylko rodzaju, a mianowicie do kwantowego oddziaływania elektronów z polem elektromagnetycznym (z dominacją pola kulombowskiego jąder). Krótki zasięg tych różnych sił kontaktowych zastał wymuszony na skądinąd długozasięgowych oddziaływaniach elektromagnetycznych przez małe rozmiary powłok elektronowych atomów.

Ten krótki szkic pokazuje kierunki zmian jakie zaszły w epistemologii nauk fizykalnych w XX w. Aż do końca XIX w. uczeni i filozofowie byli przekonani, że postęp tych nauk polega na kolejnym odkrywaniu coraz nowych, bezwzględnie prawdziwych i – przynajmniej poten-

cjalnie – ścisłych faktów oraz praw natury, bez potrzeby rewizji i istotnych korekt już raz dobrze sprawdzonych odkryć. Wiek XX przyniósł świadomość, że odkrywane prawdy naukowe są nie tylko cząstkowe, lecz także przybliżone (tzn. niezupełnie dokładne). Innymi słowy: każda teoria fizykalna ma określony zasięg stosowalności, ograniczony zarówno jakościowo jak i ilościowo. Z teorii wyższego rzędu w hierarchii wynikają koncepcje i teorie niższego rzędu jako przypadki szczególne lub/i przybliżenia. Tak więc znalezienie teorii wyższego rzędu stwarza szerszy punkt widzenia i implikuje związany z tą syntezą nowy metajęzyk. Nie powoduje to jednak odrzucenia i zapomnienia dobrze sprawdzonych teorii niższego rzędu, lecz tylko określa jakościowo i ilościowo ich zasięgi i stopnie dokładności.

Tak więc w XX w. badacze przyrody stali się skromniejsi. Są dziś świadomi tego, że naukowa wiedza o przyrodzie nie jest ani wszechobejmująca, ani absolutnie prawdziwa, ani całkowicie dokładna. Jest nie tylko cząstkowa, lecz także przybliżona. Tak zwane ścisłe nauki przyrodnicze nie są więc absolutnie ścisłe, choć w bardzo wielu sytuacjach są zdumiewająco dokładne. Mimo świadomości tych ograniczeń możemy być jednak dumni z faktu, że przyrodnicza wiedza naukowa jest nie tylko empirycznie sprawdzalna, lecz jest także bardziej spójna, oraz ogólniejsza, dokładniejsza i pewniejsza od wszelkiej nienaukowej wiedzy o świecie.

Krytyka naukowa wobec hermetyczności badań*

Tomasz Dietl

Instytut Fizyki PAN i Szkoła Nauk Ścisłych, Warszawa

Scientific critique in days of hermetic research

Abstract: It is argued that specialization, wide front, and large costs of nowadays research make scientific critique particularly important. Principal issues which should be considered by referees are enumerated. Advantages and limitations of statistical methods, like citation index, are discussed. It is emphasised that considerable attention should be paid to evaluation of means employed for transfer of the results towards both scientific community and general public.

Chciałbym rozpocząć swoje uwagi od wyrażenia przekonania o rosnącej – przynajmniej w dostępnym mi polu obserwacji – roli krytyki naukowej. Zgodnie z tradycją, opiniodawca ma określić poprawność metodologiczną przedłożonej pracy oraz – co jest zwykle trudniejsze – ocenić jej znaczenie poznawcze. Wnikliwa recenzja ma niezrędko sama niebagatelną wartość naukową, ale jej cel jest zwykle praktyczny: na jej podstawie podejmowane są decyzje o wydaniu pracy, awansie autora lub przyznaniu mu funduszy. Ta tradycyjna rola uległa swoistemu wzmocnieniu: opinia recenzenta dotyczy obecnie często wielkich zespołów badawczych i znacznych pieniędzy.

Inną przyczyną wzrostu znaczenia krytyki naukowej jest, jak sądzę, hermetyczność badań. Ze względu na powszechnie znany, wykładniczy wzrost liczby publikacji, a także tematów i metod badawczych, daną pracę może (lub chce) zrozumieć tylko bardzo wąska grupa osób, które zajmują się tym samym i w ten sam sposób. Ich opinia, a nie sama praca, stanowi z reguły – przynajmniej w naukach ścisłych – podstawę oceny

jej wartości przez społeczność naukową. Zaryzykowałbym wręcz tezę, że uwikłanie wielu badaczy w różne procesy oceny stanowi główny mechanizm napędzający wymianę informacji naukowej – bez niego byłoby w pełni prawdziwe powiedzenie, że dzisiaj nikt nie czyta prac innych, tylko pisze swoje. Pochodną tego stanu rzeczy jest zjawisko dobrze znane w literaturze i sztuce – poddawanie się krytyce stanowi najlepszą metodę promowania swoich dokonań.

W świetle rosnącej i zmieniającej się roli krytyki naukowej wydaje się celowa refleksja nad zagadnieniami, które powinny stanowić przedmiot zainteresowania recenzenta. Ich identyfikacja wymaga wyszczególnienia zadań krytyki naukowej. O jednym z nich była już mowa – recenzja stanowi podstawę podejmowania decyzji. Od recenzenta oczekuje się więc sporządzenia swoistej listy rankingowej lub oceny w skali, która praktycznie obejmuje dwa stopnie: 0 i 1. Poza wystawieniem oceny, opiniodawca zobowiązany jest do przedstawienia jej uzasadnienia. Umiejętność zwerbalizowania swojej opinii stanowi ważny ele-

* Artykuł stanowi rozszerzoną wersję wypowiedzi podczas Sympozjum Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej „Krytyka i krytycyzm w nauce”, Serock, 16–17 października 1997 r. Ma się on ukazać w Materiałach Sympozjum FNP. W *Postęпах Fizyki* zamieszczamy go za zgodą Wydawcy, copyright ©1998 Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej (przyp. Red.).

ment sprawdzenia jej zasadności. Równocześnie uzasadnienie ujawnia hierarchię kryteriów, jakie zastosowano przy ocenianiu pracy. W ten sposób recenzent przedstawia obowiązujące jego zdaniem wzorce pracy naukowej oraz mniej lub bardziej bezpośrednio wytycza kierunki i metody dalszych badań. Jest to drugie istotne zadanie krytyki naukowej.

Jakie więc zagadnienia powinny być poruszone w recenzjach? Na pierwszym miejscu wymieniałbym poprawność zastosowanej metody badawczej. Jest oczywiste, iż błędy metodologiczne dyskwalifikują autora jako pracownika naukowego oraz z reguły unieważniają całkowicie jego wyniki. Z metodologią prowadzonych badań wiąże się także – często niedoceniany – problem właściwego wykorzystania czasu. Zbyt powolna praca świadczy o nieumiejętności skutecznego działania, jak również prowadzi często do otrzymania wyników wtórnych, pozbawionych waloru oryginalności i aktualności.

Szczególnie trudna i ryzykowna jest ocena znaczenia naukowego wykonanej pracy lub proponowanych badań. Trudności w sformułowaniu wartościującej opinii wynikają z potrzeby pewnej perspektywy czasowej dla właściwej oceny oraz wiążą się ze wspomnianą już hermetycznością poszczególnych dziedzin. W tej sytuacji recenzenci mniej lub bardziej świadomie budują swoją opinię korzystając z ocen innych. Szczególnie popularne i łatwe w użyciu są metody scjentometrii: liczba cytowań, waga czasopism, w których publikowane były prace zespołu, aktywny udział w ważnych konferencjach.

Uważam, że stosowanie metod scjentrycznych jest uzasadnione przy porównywaniu osiągnięć dużych instytucji, które prowadzą badania w podobnych dyscyplinach naukowych – w takim przypadku prawo wielkich liczb jest spełnione. Metody te powinny być natomiast używane z umiarem, gdy oceniane są poszczególne prace lub ich autorzy. Przy korzystaniu z nich gubi się bowiem znaczenie dla rozwoju nauki twórców o różnych temperamentach i stylu pracy oraz zakłada się *implicite*, że poprzedni recenzent był zarówno bardziej kompetentny merytorycznie, jak i mniej zajęty. Ponadto ich automatyczne stosowanie wzmacnia zachowania, które są zmorą komitetów wiodących czasopism i konferencji: natarczywe i nie zawsze *fair* domaga-

nie się – mimo negatywnych recenzji – przyjęcia kolejnych wersji pracy, często różniących się od poprzednich jedynie ... tytułem. Podsumowując można stwierdzić, że recenzent powinien precyzyjnie określić w jakim stopniu jego ocena wyraza z analizy merytorycznej pracy, a w jakim zdał się na opinię innych. Równocześnie nie ulega wątpliwości, że dane scjentometryczne, szczególnie zawierające informacje o cytowaniach, stanowią ważny materiał uzupełniający każdą rzetelną recenzję.

W celu ograniczenia zjawiska nieobiektywnych ocen oraz niekompetentnych recenzji związanych z hermetycznością badań coraz częściej korzysta się z opinii zagranicznych. Baza recenzentów amerykańskiego *Physical Review Letters* zawiera dane 21 000 fizyków, z których większość jest spoza USA. Mimo systematycznego zwiększania się liczby profesorów fizyki w poszczególnych państwach europejskich, w wykazie członków komisji ds. przewodów doktorskich i habilitacyjnych pojawiają się coraz częściej nazwiska fizyków z zagranicy. W Austrii projekt badawczy nie może być oceniany przez pracujących tam naukowców. Należy sądzić, że tendencja ta nie ominie Polski (w przypadku jednego z projektów badawczych zamawianych przez KBN, trzech z czterech opiniodawców było spoza Polski).

Innym ważnym zadaniem procesu opiniotwórczego jest próba oceny wyników w kontekście szerszym niż dana dziedzina. Chodziłoby tu o dostrzeżenie, niejako wbrew rosnącej hermetyczności badań, uniwersalizmu nauki, roli poszukiwań interdyscyplinarnych oraz znaczenia twórczych analogii.

Poza analizą strony merytorycznej pracy na recenzencie spoczywa obowiązek oceny jej formy. Nie ulega wątpliwości, że przy obecnym zalewie publikacji nikt nie będzie czytał pracy o nieprzejrzystej konstrukcji, źle napisanej lub niestarannie zilustrowanej. Wspomniane już przeze mnie kryterium skutecznego działania wymaga jednak postawienia pytania, czy forma pracy pozostaje we właściwej proporcji nie tylko do treści, ale i spodziewanej liczby czytelników. Czy np. spędzanie wielu miesięcy przed ekranem komputera w celu właściwego dobrania kolorów linii na rysunkach, które zostaną opublikowane w czterech egzemplarzach rozprawy, nie stanowiło ucieczki w świat zabawy komputerowej przed obowiązkiem napisa-

nia artykułu do czasopisma naukowego lub wykonania dodatkowych badań empirycznych? Przed recenzentem stoi też zadanie jasnego określenia, w jakim stopniu jego opinia na temat pracy czy wystąpienia naukowego dotyczy meritum, a w jakim powstała w wyniku np. zauroczenia zgrabną animacją komputerową.

W świecie rosnącej konkurencji coraz większej wagi nabiera nie tylko otrzymanie wartościowego wyniku naukowego, ale także umiejętność jego skutecznego upowszechnienia. Wyróżniłbym tu dwa zagadnienia, które powinny stanowić przedmiot zainteresowania opiniodawcy. Po pierwsze, powinien on ocenić, czy wybrano właściwe czasopismo lub konferencję dla zainteresowania społeczności naukowej otrzymanymi wynikami. Należy też sądzić, że coraz częściej w polu oceny recenzenta będzie dokonany wybór bazy danych dla umieszczenia wersji elektronicznej artykułu oraz umiejętność właściwego przygotowania stron internetowych, które powinny na bieżąco informować o osiągnięciach zespołu. Po drugie, poza oceną skuteczności przekazywania rezultatów naukowych innym badaczom, recenzent powinien także stwierdzić, czy podjęto dostateczne wysiłki w celu przedstawienia uprawianej dziedziny naukowej niespecjalistom. Wydaje się, że szeroko pojęte popularyzowanie osiągnięć nauki z zajęcia marginalnego stanie się wkrótce – podobnie jak uczenie – obowiązkiem każdego uczonego, z dobrze zapowiadającymi się włącznie.

I wreszcie sprawa o kolorycie lokalnym – związek między aktywnością w Polsce i za granicą. Jak sądzę, i ta sprawa powinna być poddana krytycznej analizie. Chodziłoby tu o stwierdzenie, czy zachowane są właściwe proporcje między ko-

niecznymi okresowymi zmianami środowiska naukowego i tematu badań, a czasem poświęconym na kształcenie młodzieży w macierzystym ośrodku oraz na tworzenie tam warsztatu naukowego. Z tą ostatnią sprawą wiąże się także ocena aktywności w zdobywaniu budżetowych i pozabudżetowych, krajowych i zagranicznych funduszy na badania naukowe oraz – co może najważniejsze – przedstawienie opinii na temat ich spożytkowania.

Na zakończenie tego – zapewne niepełnego – przeglądu zagadnień, które powinny wypełniać treść recenzji, warto zwrócić uwagę, że miarą znaczenia krytyki naukowej jest także czas, jaki różnym formom jej uprawiania poświęca wielu badaczy. W tej sytuacji szczególnej wagi nabiera racjonalne organizowanie procesu zasięgania opinii. Jest to obszerne zagadnienie samo w sobie, ale tytułem przykładu warto wspomnieć, że w wielu krajach liczba recenzentów danego projektu badawczego rośnie proporcjonalnie do sumy oczekiwanego dofinansowania. Rozumne działanie wymaga także często przedstawienia recenzentowi wszystkich konkurencyjnych wniosków z prośbą o ich uszeregowanie, a nie żądanie oceny w oderwaniu od poziomu konkursu. I wreszcie, recenzent wykonując swoją pracę musi być przekonany, że będzie ona czemuś służyła. Przykładem niepotrzebnych recenzji są z reguły merytoryczne oceny sprawozdań – historia nauki nie zna praktycznie przypadków zwrotu dotacji. Jedyną karą za zmarnowanie pieniędzy może być odmowa przyznania nowego dofinansowania. Z tego względu, a także ze względu na trudności w ocenie planów, sprawozdania z wykonanych prac powinny stanowić część integralną nowych wniosków.

Wybrane zagadnienia teorii liczb w fizyce

Andrzej B. Więckowski, Grzegorz Spichał

Instytut Fizyki, Wyższa Szkoła Pedagogiczna im. T. Kotarbińskiego, Zielona Góra

Selected problems of number theory in physics

Abstract: Relations between the representation of a natural number as a three-second-power-sum, representation of a natural number as a two-second-power-sum and Farey's tree and some resonance phenomena, are shown.

1. Wstęp

W roku 1905 Hermann Minkowski w mowie wygłoszonej na zebraniu Towarzystwa Matematycznego w Getyndze, odbywającego się z okazji setnej rocznicy urodzin Petera Lejeune-Dirichleta, powiedział ([1], tłumaczenie własne): „Ostatecznie jestem optymistą co do teorii liczb i żywię nadzieję, że nie jesteśmy daleko od chwili, w której niezafalszowana arytmetyka święcić będzie triumfy tak w fizyce, jak i w chemii, np. tam, gdzie bardzo ważne właściwości materii rozpoznane zostaną jako związane z rozkładem liczb pierwszych na sumę dwóch kwadratów”. Była to wówczas odważna, a przez niektórych wyśmiewana wypowiedź.

Teoria liczb uważana była od bardzo dawna, nawet w obrębie matematyki, za naukę abstrakcyjną. Carl Friedrich Gauss powiedział, iż „matematyka jest królową nauk, natomiast teoria liczb królową matematyki”.

Dzisiaj jesteśmy u schyłku XX w. i wiemy, że Hermann Minkowski nie mylił się. W światowej literaturze od pewnego czasu ukazują się opracowania, w których omawiane jest znaczenie teorii liczb w fizyce ([2]).

W artykule omówimy przykłady, w których „niezafalszowana arytmetyka” sprawdza się w opisie zjawisk fizycznych. Niech to będzie zachętą do głębszego zainteresowania Czytelnika zagadnieniami teorioliczbowymi mającymi zastosowanie w fizyce.

Poniższy tekst powstał na podstawie prac Manfreda R. Schroedera [1,3] i składa się z trzech zasadniczych części, które przedstawiają:

1) związek pomiędzy częstościami rezonansowymi sześciennego rezonatora mikrofalowego a rozkładem liczby naturalnej na sumę trzech kwadratów;

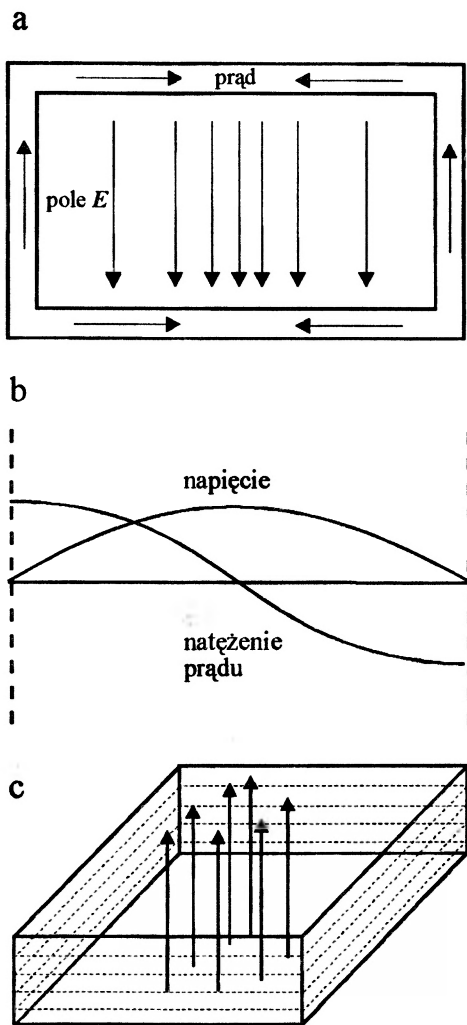
2) zależność między częstościami rezonansowymi płaskiego kwadratowego rezonatora akustycznego i wzorem dotyczącym rozkładu liczby naturalnej na sumę dwóch kwadratów;

3) zastosowanie drzewa Fareya do obliczania stosunków częstości rezonansowych w nieliniowej dynamice na przykładzie orbitalnych i rotacyjnych ruchów planet.

2. Częstości rezonansowe a rozkład liczby naturalnej na sumę trzech kwadratów

2.1. Sześcienna wnęka rezonansowa. Rezonans

Wnęka rezonansowa przedstawiana jest często w postaci odcinka falowodu, który jest utworzony przez jego zamknięcie poprzecznymi płytami w punktach, gdzie występują minima napięcia. Rozkład napięcia i natężenia prądu w takiej wnęce oraz rozkłady pola pokazane są na rys. 1. Jeżeli z jednej strony do takiej wnęki wprowadzimy falę, to ulegnie ona odbiciu i będzie interferować z falą padającą. Przy odpowiedniej długości falowodu wytworzy się fala stojąca. Przestrzeń zamknięta pomiędzy tymi ścianami będzie wtedy w rezonansie z wprowadzonymi drganiami.



Rys. 1. Rozkład pola we wnęce rezonansowej: a) rozkład linii pola E i prądu we wnęce utworzonej z odcinka falowodu; b) zmiana napięcia i natężenia prądu wzdłuż szerokości wnęki; c) półfalowy odcinek falowodu (wnęka kwadratowa) [4].

Wzór na częstotliwość rezonansową wyprowadzony z równań Maxwella [5] dla rezonatora sześciennego przyjmuje postać:

$$f = \frac{c}{2L} \sqrt{m^2 + n^2 + p^2}, \quad (1)$$

gdzie c jest prędkością światła w próżni, a L długością krawędzi sześcianu. Rezonansowa długość fali wyraża się wzorem:

$$\lambda = \frac{2L}{\sqrt{m^2 + n^2 + p^2}}. \quad (2)$$

Liczby naturalne m, n, p oznaczają, że w rozkładzie wektorów pola w fali wzdłuż boku L_x mamy m połówek cyklu sinusoidy, n wzdłuż boku L_y ,

a p wzdłuż boku L_z , gdzie w przypadku rezonatora sześciennego $L_x = L_y = L_z$.

Przed omówieniem wyników doświadczalnych przedstawimy zasadę działania aparatury pomiarowej.

Klistron, wytwarzający falę o żądanej długości, połączony jest z sześciennym rezonatorem za pomocą złącza hybrydowego (tzw. magicznego T). Dzięki temu całkowita energia fali zostaje podzielona pomiędzy ramionami złącza. Jej połowa jest przekazywana do wnęki rezonansowej, natomiast druga połowa zostaje całkowicie wytracona na odpowiednio dopasowanym obciążeniu, przyłączonym do drugiego ramienia magicznego T. Ta część fali, która dotarła do rezonatora, ulega prawie całkowitemu odbiciu z dala od rezonansu, natomiast pewna mała jej część zostaje pochłonięta. Po odbiciu powraca ona do złącza hybrydowego, gdzie znów ulega podziałowi. Połowa z niej przechodzi do ramienia klistronu i zostaje przejęta przez tłumik łączący klistron z magicznym T. Pozostała część mocy dociera do czwartego ramienia, gdzie znajduje się detektor. W ten sposób energia dostarczona do detektora wynosi 25% jej całkowitej wartości. Magiczne T działa tutaj jak sprzęgacz kierunkowy o czynniku sprzęgającym 0.5 i powstrzymuje falę przed bezpośrednim przejściem ze źródła do detektora, co powodowałoby powstanie zakłóceń. Napięcie wytworzone w detektorze byłoby niezależne od fazy odbicia we wnęce i fala na oscyloskopie nie przyjęłaby kształtu krzywej rezonansowej. W celu zbadania statystycznego rozkładu częstości rezonansowych wnękę zasila się przez sondę, będącą przedłużeniem wewnętrznego przewodnika w kablu współosiowym. W pomiarowym ramieniu magicznego T jest wykorzystywany falowodowy konwerter współosiowy. Długość i kształt wprowadzonej sondy zostały uzyskane metodą prób i błędów, tak aby osiągnąć jak największą liczbę możliwych częstości rezonansowych. W przypadku tych pomiarów wymagana jest skala częstości na krzywej obserwowanej na ekranie oscyloskopu. W niektórych oscyloskopach jest to możliwe [3].

Tabela 1 przedstawia uzyskane wyniki pomiarowe oraz pewne oszacowania teoretyczne [3]. Częstości rezonansowe zostały zmierzone dla sześciennego rezonatora o boku $L = 20$ cm. Długość fali wytwarzanej przez klistron dla tego przypadku wynosiła $\lambda = 3.2$ cm.

Tabela 1. Wyniki pomiarów oraz teoretyczne oszacowanie stopnia degeneracji częstości rezonansowych dla sześciennego rezonatora mikrofalowego o długości boku $L = 20$ cm.

N	Stopień degeneracji	Odkryte częstości rezonansowe	n, m, p	Permutacje	Polaryzacja
150	30	13	11, 5, 2	6	2
			10, 7, 1	6	2
			10, 5, 5	3	2
151	0	0			
152	18	9	12, 2, 2	6	2
			10, 6, 4	6	2
153	36	15	12, 3, 0	6	1
			11, 4, 4	3	2
			10, 7, 2	6	2
			9, 6, 6	3	2
			8, 8, 5	3	2
154	24	14	12, 3, 1	6	2
			9, 8, 3	6	2
155	24	17	11, 5, 3	6	2
			9, 7, 5	6	2
156	0	0			
157	18	9	12, 3, 2	6	2
			11, 6, 0	6	1
158	24	12	11, 6, 1	6	2
			10, 7, 3	6	2
159	0	0			
160	6	6	12, 4, 0	6	1
161	48	22	12, 4, 1	6	2
			11, 6, 2	6	2
			10, 6, 5	6	2
			9, 8, 4	6	2
			12, 3, 3	3	2
162	21	12	11, 4, 5	6	2
			9, 9, 0	3	1

Zapiszmy teraz wzór na częstość rezonansową (1) w nieco innej postaci:

$$f = \frac{c}{2L} \sqrt{N}, \quad (3)$$

gdzie $N = m^2 + n^2 + p^2$. Pomiary, których wyniki są przedstawione w tab. 1 zostały przeprowadzone dla N z równ. (3) w zakresie od 150 do 162. Druga kolumna, „stopień degeneracji”, została przewidziana teoretycznie na podstawie kolumny „permutacje” oraz liczby możliwych stanów polaryzacji, która w przypadku elektryczności przeważnie jest równa 2. Kolumna „permutacje” daje liczbę możliwych przestawień wykładników, która zazwyczaj równa jest 6, lecz ulega zmianie na 3, jeżeli dwa wykładniki są takie same. Stan polaryzacji zmienia się z podwójnego na po-

jedynczy w przypadku, gdy któryś z wykładników jest równy 0.

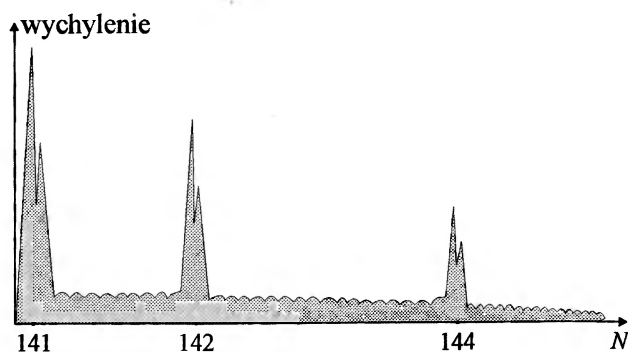
Przykładowo postaramy się teraz przewidzieć stopień degeneracji dla $N = m^2 + n^2 + p^2 = 153$. Liczbę 153 możemy rozłożyć na pięć różnych sposobów w postaci sumy trzech kwadratów. Pierwszy i trzeci rozkład daje liczbę permutacji równą 6; pozostałe liczbę 3. Dodajmy teraz wszystkie liczby permutacji odpowiadające podwójnej polaryzacji, a następnie pomnożmy przez 2. Do otrzymanego wyniku dodajmy liczbę permutacji odpowiadającą pojedynczej polaryzacji. Otrzymany wynik stopnia degeneracji wynosi 36. Trzecia kolumna przedstawia liczbę częstości rezonansowych odkrytych doświadczalnie. Jest ona niższa od wielkości przewidywanych,

co można wytłumaczyć tym, że częstotliwości rezonansowe leżą bardzo blisko siebie. Wszystkie rezonanse zostały odkryte tylko w przypadku $N = 160$.

Przyjrzyjmy się jeszcze tabeli 1. Nietrudno zauważyć, że dla pewnych wartości N degeneracja nie została przewidziana oraz nie zarejestrowano żadnego rezonansu.

2.2. Związek częstotliwości rezonansowych z rozkładem liczby naturalnej na sumę trzech kwadratów

Przedstawimy teraz możliwość zastosowania twierdzenia teorioliczbowego, które opisuje rozkład liczby naturalnej na sumę trzech kwadratów, do rezonatora sześciennego [1].



Rys. 2. Rezonanse elektromagnetyczne sześciennego rezonatora o długości krawędzi $L = 20$ cm, zaobserwowane za pomocą spektrometru mikrofalowego [1]. Widać brak rezonansu dla $N = 143$.

Na podstawie odpowiednich pomiarów okazało się, że pewne rezonanse przewidziane równaniem (3) nie wystąpiły (rys. 2). Brakowało rezonansu dla $N = m^2 + n^2 + p^2 = 143$. Następne brakujące rezonanse odpowiadały liczbom $N = 151, 156, 159, \dots$ (tabela 1). W jaki sposób można to wytłumaczyć? Otóż istnieje twierdzenie teorioliczbowe, według którego dla liczb naturalnych N , które przy podzieleniu przez 8 dają resztę 7 ($N \equiv 7 \pmod{8}$), nie istnieje rozkład zapisany w postaci sumy trzech kwadratów. Wyjaśnia to brak liczb 143, 151, 159:

$$\begin{aligned} 143 &= 17 \cdot 8 + 7, \\ 151 &= 18 \cdot 8 + 7, \\ 159 &= 19 \cdot 8 + 7; \\ 143 &\equiv 151 \equiv 159 \equiv 7 \pmod{8}. \end{aligned}$$

Jednak wzór ten nie znajduje zastosowania dla liczby 156 – również dla niej rezonans nie wystąpił.

$$156 = 19 \cdot 8 + 4, \text{ czyli } 156 \equiv 4 \pmod{8}.$$

Pełne sformułowanie twierdzenia o rozkładzie liczb naturalnych na sumę trzech kwadratów brzmi [6]:

Twierdzenie 1: Na to, aby liczba N rozkładała się na sumę kwadratów trzech liczb całkowitych, potrzeba i wystarcza, aby nie była ona postaci $4^l(8k + 7)$ dla żadnych k i l całkowitych nieujemnych.

Zgodnie z twierdzeniem możemy zapisać:

$$\begin{aligned} 143 &= 4^0(8 \cdot 17 + 7), \\ 151 &= 4^0(8 \cdot 18 + 7), \\ 156 &= 4^1(8 \cdot 4 + 7), \\ 159 &= 4^0(8 \cdot 19 + 7), \\ 167 &= 4^0(8 \cdot 20 + 7), \\ 175 &= 4^0(8 \cdot 21 + 7), \\ 183 &= 4^0(8 \cdot 22 + 7), \\ 188 &= 4^1(8 \cdot 5 + 7), \\ 191 &= 4^0(8 \cdot 23 + 7). \end{aligned}$$

Po wypisaniu wszystkich liczb całkowitych z przedziału od 141 do 191 i wykreśleniu tych, które są postaci $4^l(8k + 7)$, pozostaną takie, które dają się przedstawić jako suma trzech kwadratów i dla nich wystąpi rezonans.

(...)	141,	142,	143,	144,	145,	146,	147,	148,	149,
150,	151,	152,	153,	154,	155,	156,	157,	158,	159,
160,	161,	162,	163,	164,	165,	166,	167,	168,	169,
170,	171,	172,	173,	174,	175,	176,	177,	178,	179,
180,	181,	182,	183,	184,	185,	186,	187,	188,	189,
190,	191,	...							

Dowód twierdzenia 1 można znaleźć w książce Wacława Sierpińskiego [6]. Ponadto jest godne uwagi, że twierdzenie to można odwrócić i dowieść, że każda liczba naturalna, nie będąca postaci $4^l(8k + 7)$ dla żadnych całkowitych k i l , rozkłada się na sumę kwadratów trzech liczb całkowitych.

Dowód tego twierdzenia jest długi. Podał go Gauss, a następnie uprościli Lejeune-Dirichlet i Landau [7].

Powyższy przykład w sposób jasny ukazuje nam związek pomiędzy częstotliwościami rezonansowymi w sześciennym rezonatorze a rozkładem liczby naturalnej na sumę trzech kwadratów.

3. Rozkład liczby naturalnej na sumę dwóch kwadratów oraz drgania kołowo spolaryzowane

3.1. Kołowo spolaryzowane pole dźwiękowe

W płaskiej kwadratowej skrzyni napełnionej powietrzem można wzbudzić kołowo spolaryzowane pole dźwiękowe. Brzmi to dość dziwnie, ponieważ biegnące fale dźwiękowe w nieograniczonej przestrzeni wypełnionej gazem są falami podłużnymi; nie ma poprzecznych wielkości pól dźwiękowych i stąd też nie ma polaryzacji kołowej. Jednak w przypadku fal stojących w ograniczonej objętości (pudle rezonansowym) wygląda to inaczej; istnieją poprzeczne ruchy cząsteczek gazu. W płaskiej skrzyni o podstawie kwadratowej ze zdegenerowanym podwójnie rezonansem można oba rezonanse (prostopadłe względem siebie), będące o ćwierć okresu przesunięte między sobą, pobudzić tak, że w skrzyni utworzy się eliptyczne lub kołowo spolaryzowane pole. W przypadku większych stopni degeneracji pojawia się nieoczekiwana mieszanina fal.

W artykule Schroedera ([1] s. 1125) opisane zostało doświadczenie, ukazujące kołowo spolaryzowane pole dźwiękowe. Otóż do wieka płaskiego kwadratowego rezonatora przymocowane są dwa głośniki. Znajdują się one przy ściankach skrzyni tworzących ze sobą kąt prosty dokładnie w połowie ich długości. W środku rezonatora na stalowej igle spoczywa plastikowy kubek powleczony pochłaniającym dźwięk materiałem absorbującym energię dźwięku, co powinno spowodować jego ogrzanie, jednak przy dość niskich natężeniach nie można tego zaobserwować. Dzięki posiadaniu momentowi pędu kubek coraz szybciej rotuje, co można już łatwo zauważyć. Kiedy zostanie zmieniona polaryzacja, kubek będzie się kręcił w przeciwnym kierunku. Gdy ściągniemy dźwiękochłonny materiał, pozostanie on w spoczynku, ponieważ plastik praktycznie nie pochłania pola dźwiękowego.

3.2. Związek kołowo spolaryzowanego pola dźwiękowego z rozkładem liczby naturalnej na sumę dwóch kwadratów

Dla płaskiego kwadratowego rezonatora wzór dotyczący częstotliwości rezonansowych otrzymamy, gdy do równania (3) za p wstawimy zero. Ponieważ opisany poniżej przykład dotyczy fal dźwiękowych, wówczas za c – prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej – podstawione zostanie V – prędkość rozchodzenia się dźwięku. Równanie przyjmuje wtedy postać [1]:

$$f = \frac{V}{2L} \sqrt{m^2 + n^2} = \frac{V}{2L} \sqrt{N}, \quad (4)$$

gdzie L jest długością boków rezonatora, a m i n są liczbami naturalnymi.

Liczba N znajdująca się pod pierwiastkiem we wzorze (4) jest sumą kwadratów dwóch liczb całkowitych. W celu otrzymania wszystkich możliwych częstotliwości rezonansowych, trzeba się dowiedzieć, jakie liczby naturalne rozkładają się na sumę dwóch kwadratów. Wszystkie liczby naturalne można zapisać jako rozwinięcie na czynniki pierwsze ([8] s. 49):

$$N = 2^\alpha \prod_i p_i^{r_i} \prod_i q_i^{s_i}, \quad (5)$$

gdzie $2, p_i = (5, 13, 17, 29, \dots) \equiv 1 \pmod{4}$, $q_i = (3, 7, 11, 19, \dots) \equiv 3 \pmod{4} \equiv -1 \pmod{4}$, są odpowiednimi liczbami pierwszymi. Zgodnie z twierdzeniem o rozkładzie liczby naturalnej na sumę kwadratów dwóch liczb całkowitych można stwierdzić, iż jeżeli wszystkie wykładniki s_i w równaniu (5) są parzyste (lub równe zero), to otrzymana w ten sposób liczba N na pewno da się przedstawić w postaci $N = m^2 + n^2$ (twierdzenie i dowód: [8], s. 88-89).

Ciąg liczb, które można zapisać jako sumę kwadratów dwóch liczb całkowitych, a w rezultacie dający kolejne możliwe częstotliwości rezonansowe, jest następujący:

$$N = 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 13, 16, 17, 18, 20, 25, 26, \dots$$

We wcześniejszej części tego rozdziału napisano, że w celu osiągnięcia kołowo lub eliptycznie spolaryzowanego pola dźwiękowego musi zaistnieć podwójnie zdegenerowany rezonans. Teoria liczb dysponuje pewnym wzorem, który po-

zwala określić stopień degeneracji częstości rezonansowych. Otóż najniższy zdegenerowany rezonans występuje w przypadku, gdy

$$N = 1 = (\pm 1)^2 + (0)^2 = (0)^2 + (\pm 1)^2 ;$$

jest on podwójnie zdegenerowany. Jednak dla $N = 2, 8, 18, 25, 125, 169, \dots$ rezonanse nie są zdegenerowane, lub są więcej niż podwójnie zdegenerowane. Aby nie wykonywać pomiarów dla wszystkich wartości N , można skorzystać z twierdzenia 2:

Twierdzenie 2: Jeżeli $N \geq 1$, wtedy $r(N) = 4 \prod_i (r_i + 1)$.

W twierdzeniu tym r_i są wykładnikami liczb pierwszych p_i w rozkładzie (5). Funkcja $r(N)$ jest określona jako liczba przedstawień liczby naturalnej N w postaci równania $N = m^2 + n^2$, gdzie m i n są liczbami całkowitymi. Przedstawienia będziemy traktować jako różne w odniesieniu do porządku m i n , jak i znaku (\pm).

Żeby otrzymać oczekiwane wartości N , funkcja $r(N)$ musi być równa 8, lub równa 4 w przypadku gdy liczba N jest kwadratem.

Podsumowując, ciąg liczb N , dla których powstaje eliptycznie lub kołowo spolaryzowane pole otrzymujemy w sytuacji, gdy w rozkładzie liczb na czynniki pierwsze wszystkie wykładniki s_i liczb pierwszych postaci q_i będą parzyste lub równe zero; ponadto wszystkie wykładniki r_i liczb pierwszych postaci p_i muszą być równe zero, kiedy N jest kwadratem, w przeciwnym razie tylko jedna liczba r_i może równać się 1.

Przykłady:

$$N = 1, 4, 5, 9, 10, 13, 16, 17, 20, 26, 29, 26, 34, 36, \dots$$

Warto dodać, że zarówno sposób wyprowadzenia twierdzenia 2, jak i jego dowód są bardzo ciekawie przeprowadzone i znajdują się w monografii Hardy'ego i Wrighta [9].

4. Związek dynamiki nieliniowej z ułamkami Fareya

4.1. Ruch orbitalny planet i księżyców oraz ich związek z ruchem obrotowym

Większość ciał w Układzie Słonecznym porusza się po orbitach eliptycznych lub zbliżonych do kołowych. Są też takie, których torem ruchu jest

parabola lub hiperbola. Ruch ciała podlegającego przyciąganiu pojedynczego obiektu można opisać za pomocą równań różniczkowych, których rozwiązanie daje kilka prostych zależności [10], jakie pozwalają na obliczenie okresu małego ciała (czyli czasu zużywanego przez nie na odbycie jednego obiegu po orbicie), promienia wodzącego będącego odległością pomiędzy ciałem większym i mniejszym, oraz prędkości obiegu ciała znajdującego się w dowolnym punkcie jego orbity. Planety Układu Słonecznego nie zbliżają się do siebie zbyt mocno, zatem na każdą oddziałuje przede wszystkim przyciąganie Słońca, a więc krótkotrwałe zachowanie się orbit planetarnych i znajdujących się na nich ciał można dobrze opisać za pomocą powyższych wielkości fizycznych. Niemniej każda z planet jest słabo przyciągana przez wszystkie pozostałe planety i w długich przedziałach czasu te dodatkowe siły mogą wywołać znaczące zmiany (perturbacje wiekowe) w parametrach orbit.

Warto dodać, że rozmieszczenie orbit planet w Układzie Słonecznym podlega pewnej prawidłowości. Średnia odległość każdej planety od Słońca jest około 75% większa od odległości od sąsiedniej planety wewnętrznej (tzw. reguła Titiusa-Bodego). Reguła ta wyraża najmniejsze odstępstwa planet w takim Układzie Słonecznym, który byłby dynamicznie stabilny przez jakiś czas.

Przyjrzyjmy się teraz pewnej sytuacji – sprzężeniu grawitacyjnemu Ziemi i Księżyca [11]. W obecnej sytuacji siły przyływowe pochodzące od Księżyca spowalniają obrót Ziemi. Proces ten działa również w drugą stronę, a jego wynikiem jest powolne zwiększanie się odległości między tymi ciałami.

Kiedyś Księżyc niewątpliwie obracał się, ale jego moment pędu został zmniejszony przez momenty sił wywierane na jego wybrzuszenia przyływowe dzięki ziemskiej grawitacji. Ostatecznie osiągnął on swój obecny stabilny stan, kiedy to dokonuje jednego obrotu podczas obiegu swej orbity, tak że do Ziemi zwrócona jest zawsze ta sama strona satelity. Ponieważ zanikł obrót Księżyca, to jego wybrzuszenie przyływowe nie zalega już dłużej za linią Ziemia-Księżyc; w pewnym sensie skierowane jest ono wprost ku Ziemi i przyciąganie grawitacyjne wywierane na nie przez Ziemię nie rzutuje na obrót Księżyca w jedną czy drugą stronę.

Natomiast o orientacji Księżyca przesądziły niejednorodności rozkładu masy w jego wnętrzu. W każdym ciele, które nie jest sferycznie symetryczne, istnieje pewna szczególna oś, wokół której masa planety jest skupiona ciaśniej (choćby w pewnym stopniu) niż wokół dowolnej innej możliwej osi (jest to oś najmniejszego z głównych momentów bezwładności). Przyspieszenie grawitacyjne między dwoma ciałami przy danej odległości pomiędzy środkami ich mas jest najsilniejsze wtedy, gdy ich osie minimum bezwładności są współliniowe. Jeśli jedno z tych ciał obracałoby się, ale z prędkością malejącą, to jasne jest, że orientacją, w jakiej się ono ostatecznie zatrzyma, byłaby ta, która kierowałaby jego oś minimum bezwładności na drugie ciało. To właśnie stało się z Księżycem.

W przypadku, kiedy mamy do czynienia z nierównomiernym rozkładem masy w ciele obracającym się i siłą działającą na to ciało w sposób taki, że jej wartość zmienia się cyklicznie, może dojść do rezonansu. Taki rezonans właśnie wystąpił w przypadku ruchu obrotowego Księżyca wokół Ziemi, a jego stosunek wynosi 1 : 1. Zresztą w przypadku Fobosa i Deimosa – księżyców Marsa – obserwujemy taki sam rezonans.

Innym, bardziej złożonym przykładem powiązania ruchu rotacyjnego i orbitalnego może być ruch Merkurego. Mimośród jego orbity jest większy niż dla większości innych planet, a przyspieszenie przyływowego Słońca jest największe w peryhelium i taka też jest tendencja ustawiania linii w kierunku Słońca. To, co się dzieje na pozostałej części orbity Merkurego jest mniej ważne. Merkury, zanim zwolnił swój obrót, przeszedł przez wiele etapów, kiedy jego oś minimum bezwładności leżała na linii Słońce-Merkury podczas każdego przejścia przez peryhelium, ale odstępowała od tej zależności, gdy planeta znajdowała się w innym punkcie swej orbity. Obecny stan, w którym znalazł się Merkury, uważany jest za stabilny, a rezonansowy stan obiegu w stosunku do obrotu wynosi 2 : 3.

Pewną ciekawostką w przypadku Merkurego jest zachód Słońca i jego wschód – przynajmniej jak na warunki ziemskie [12]. Kiedy Słońce zachodzi na Merkurym można zaobserwować zaskakujące zjawisko. Tuż po zachodzie Słońca zatrzymuje się i zaczyna wędrować na niebie Merkurego w przeciwną stronę. W efekcie bezpośrednio po

zachodzie Słońce wschodzi po zachodniej stronie nieba.

4.2. Rezonans a drzewo Fareya

Częstości sprzężonych rezonatorów nieliniowych ułożyły się w faworyzowanych stosunkach małych liczb całkowitych. W przypadku księżyców Marsa czy też Księżyca ziemskiego rotacje wokół własnej osi i obieg wokół odpowiednio Marsa czy Ziemi stosunek ten wynosi 1 : 1.

Podczas dwóch okrążeń Merkurego wokół Słońca wykonuje on dokładnie trzy obroty wokół swej osi (2 : 3). Zgodnie z tym jeden dzień na Merkurym trwa dwa lata merkuriańskie [11].

Aby zaprowadzić porządek wśród wielu różnych możliwych stosunków częstości, wykorzystuje się tak zwane drzewo Fareya [1,2] (rys. 3). Drzewo Fareya tworzy się w następujący sposób. Na samej górze stoją ułamki 0/1 i 1/1. Wszystkie następne ułamki wynikają z przedstawienia wartości mediany nad nimi stojących ułamków. Wartości mediany dwóch skróconych ułamków a/b oraz c/d definiuje się następująco:

$$\frac{a}{b} \oplus \frac{c}{d} = \frac{a+c}{b+d}. \quad (6)$$

Jest to dość swoista metoda dodawania ułamków, która jednak w stosunkach fizycznych w dynamice nieliniowej jest użyteczna w obliczeniach. Na przykład w drugim wierszu drzewa Fareya mamy ułamek:

$$\frac{1}{2} = \frac{0}{1} \oplus \frac{1}{1},$$

natomiast w trzecim wierszu znajdują się ułamki:

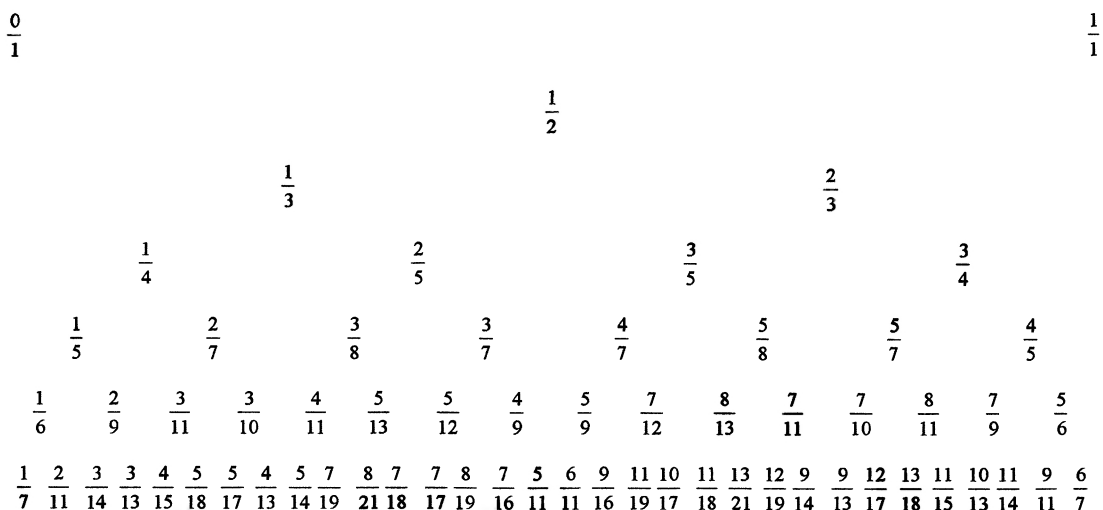
$$\frac{1}{3} = \frac{0}{1} \oplus \frac{1}{2} \quad \text{oraz} \quad \frac{2}{3} = \frac{1}{2} \oplus \frac{1}{1}.$$

Liczba ułamków w k -tym wierszu ($k > 1$) jest równa 2^{k-2} , a suma poprzeczna odpowiednich rozwinięć ułamków łańcuchowych danego wiersza jest stała i równa k .

Na przykład w wierszu są $2^2 = 4$ ułamki:

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{4} = [4], \quad \frac{2}{5} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = [2, 2],$$

$$\frac{3}{5} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{2} = [1, 1, 2], \quad \frac{3}{4} = \frac{1}{1} + \frac{1}{3} = [1, 3].$$



Rys. 3. Drzewo Fareya do opisu wymiernych stosunków częstości w nieliniowych układach dynamicznych.

Przedstawione na początku tego podrozdziału stosunki rezonansowe 1 : 1 i 2 : 3 są, jak łatwo zauważyć, ułamekami leżącymi dość wysoko w drzewie Fareya.

Niech stosunek obiegu do obrotu pewnej planety krążącej wokół Słońca wynosi $2/5 = [2,2]$. Gdyby siła sprzężenia grawitacyjnego zmalała, moglibyśmy przewidzieć, który ze stanów rezonansowych ustaliłby się. W tym celu do ostatniej części ułamka łańcuchowego dodajemy 1, co daje większy ułamek łańcuchowy $[2,3] = 3/7$. Na drzewie Fareya przesunęliśmy się o jeden wiersz w dół. Zapisując ułamek łańcuchowy $[2,2]$ w postaci równoważnego mu ułamka łańcuchowego $[2,1,1]$ i dodając potem 1 do ostatniego członu, otrzymujemy mniejszy ułamek łańcuchowy $[2,1,2] = 3/8$. Przewidzieliśmy w tym przypadku dwa możliwe stany rezonansowe $3/7$ lub $3/8$, gdy zmalała siła sprzężenia grawitacyjnego. Opisana powyżej sytuacja nazwana została przez Schroedera „nauką przewidywać” [1].

Nieco inna sytuacja zachodzi podczas sprzężenia ruchu orbitalnego Ziemi w relacji obrót – orbita planety Wenus [10,11]. Wenus obiega Słońce

2.6 raza w tym czasie, kiedy Ziemia wykonuje 1.6 obiegu. W momencie kiedy Ziemia, Wenus i Słońce znajdują się na tej samej linii, Wenus jest zwrócona do Ziemi zawsze tą samą stroną. Ruch obrotowy Wenus jest w rezonansie z ruchem orbitalnym Ziemi. Ponadto częstości obiegowe tych dwóch planet wokół Słońca zazębiły się w stosunku $8/13$, co znów wskazuje na związek z ułamekami w drzewie Fareya.

Dnia 5 maja 1812 roku Carl Friedrich Gauss napisał do swego przyjaciela Friedricha Wjhlhelma Bessela o swoim osobliwym odkryciu, że częstości obiegowe Jowisza i Pallady wokół Słońca pozostają dokładnie w stosunku $7/18$.

Zauważmy, że liczby 7 i 18 nie są „jakimiś tam” liczbami, tylko są to dwie blisko siebie stojące liczby Lucasa. Są to liczby podlegające tej samej rekurencji, co liczby z ciągu Fibonacciego (tabela 2).

Ciągiem Fibonacciego nazywamy taki ciąg $\{U_n\}$, że

$$U_0 = 0, \quad U_1 = 1 \quad \text{oraz} \quad U_{n+2} = U_{n+1} + U_n. \quad (7)$$

Tabela 2. Ciąg Fibonacciego oraz Lucasa: kilka pierwszych wyrazów.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ciąg Fibonacciego B_n ($a = b = t = s = 1$)	1	1	2	3	5	8	13	21	34
Ciąg Lucasa B_n ($a = s = t = 1, b = 3$)	1	3	4	7	11	18	29	47	76

Ciąg Fibonacciego (7) jest przedstawicielem zbioru ciągów $\{B_n\}$ spełniających warunki [13]:

$$B_1 = a, \quad B_2 = b, \quad B_{n+2} = sB_{n+1} + tB_n,$$

gdzie $a, b, s, t \in C; s, t \neq 0$.

Podobnie jak liczby Fibonacciego, również liczby Lucasa odgrywają rolę przy problemach synchronizacji. Stosunki częstości rezonansowych w przypadku obiegowych i rotacyjnych ruchów planet są dwiema sąsiednimi liczbami Fibonacciego lub Lucasa (np. 1/1, 2/3, czy stosunek 8/13, lub 1/3, 3/4, itd.) albo ponadsąsiednimi (np. 1/2, 1/3, 2/5, lub 1/4, 3/7, 4/11, czy 7/18, itd.). Stosunki liczb sąsiednich konwergują ze „złotym podziałem”: $\lim_{n \rightarrow \infty} (B_n/B_{n+1}) = (\sqrt{5} - 1)/2 \approx 0.618$; stosunki zaś liczb ponadsąsiednich spełniają drugą równość: $\lim_{n \rightarrow \infty} (B_n/B_{n+2}) = (3 - \sqrt{5})/2 \approx 0.382$ („złoty podział”: $(\sqrt{5} - 1)/2 = [1, 1, 1, \dots]$).

Można postarać się określić, jakie stosunki czasu obiegów będą faworyzowane, jeśliby grawitacyjne oddziaływanie Jowisza z Palladą było większe (na przykład z powodu większej masy Jowisza). Rzeczywisty eksperyment z większym przyrostem masy Jowisza jest naturalnie niemożliwy do przeprowadzenia, ale poprzez symulację komputerową można dziś tego typu pytania wygodnie analizować.

W przypadku silniejszego sprzężenia grawitacyjnego między planetami stosunki częstości rezonansowych przedstawiają się w postaci ułamków z mniejszym mianownikiem, czyli tych, które leżą wyżej w drzewie Fareya. Dwa tego rodzaju ułamki („ułamki rodzice”) otrzymuje się, gdy w rozwinięciu ułamka łańcuchowego danego stosunku $7/18 = [2, 1, 1, 3]$ weźmie się ostatnią liczbę i zmniejszy o 1 względnie opuści. Daje nam to odpowiednio ułamki: $[2, 1, 1, 2] = 5/13$ albo $[2, 1, 1] = 2/5$. A więc mógłby stosunek czasu obiegu Pallas i Jowisza przy silniejszym sprzężeniu, zależnie od ubocznych uwarunkowań, uzyskać wartości $5/13 = 0.3846$ albo $2/5 = 0.4$. Również tu natrafiamy na stosunki z ciągu liczb Fibonacciego. Przy jeszcze silniejszym sprzężeniu między Palladą a Jowiszem musielibyśmy w drzewie Fareya odszukać „dziadków” stosunku 7/18. Otrzymujemy wówczas (według wspomnianej „nauki przewidywać”) następujące stosunki: 3/8 i 2/5 jak i 1/3 i 1/2 (znów stosunki z liczb Fibonacciego). Ułamek 2/5 jest więc zarówno „ojcem”, jak i „dziadkiem” ułamka 7/18 (rys. 3).

5. Zakończenie

W artykule ukazane zostały możliwości występowania zagadnień teoriolichbowych w fizyce. Omówione problemy dowiodły, że teoria liczb może być pomocna w rozwiązywaniu czy też opisie zjawisk fizycznych.

W pierwszym przykładzie pokazano w jaki sposób – za pomocą twierdzenia o rozkładzie liczby naturalnej na sumę trzech kwadratów liczb całkowitych – można przewidzieć brakujące rezonanse w widmie sześciennego rezonatora mikrofalowego. Dalej ukazano związek, jaki istnieje między kołowo spolaryzowanymi drganiami w płaskim kwadratowym rezonatorze i twierdzeniem, na podstawie którego określamy liczbę różnych sposobów przedstawienia liczby naturalnej w postaci sumy kwadratów dwóch liczb całkowitych. W trzecim przykładzie opisano zależność występującą między ułamkami odpowiednio rozmieszczonymi w drzewie Fareya a ruchami obrotowymi i obiegowymi planet oraz ich księżyców będących w rezonansie.

Obecnie praktyczne zastosowanie teorii liczb w fizyce daleko wybiega poza obręb przykładów podanych w tej pracy. Między innymi bierze się pod uwagę interesujące zastosowania teorii liczb przy omawianiu nieintegralnych układów dynamicznych oraz w ścisłych rozwiązaniach modeli w fizyce statystycznej [2].

Autorzy dziękują prof. Manfredowi R. Schroederowi za udostępnienie materiałów wykorzystanych w niniejszym artykule. Dziękujemy serdecznie także doc. Bolesławowi Klimaszewskiemu za cenne uwagi i pomoc podczas pisania tego artykułu.

Literatura

- [1] M.R. Schroeder, *Phys. Bl.* **50**, 1123 (1994).
- [2] *From Number Theory to Physics*, red. M. Waldschmidt, P. Moussa, J.-M. Luck, C. Itzykson (Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 1992).
- [3] M.R. Schroeder, „Normal Frequency and Excitation Statistics in Rooms: Model Experiments with Electric Waves” (manuskrypt).
- [4] H.E. Thomas, *Techniki i urządzenia mikrofalowe – poradnik* (WNT, Warszawa 1978).
- [5] A. Piekara, *Mikrofałe i spektroskopia mikrofalowa* (PWN, Warszawa 1953).

- [6] W. Sierpiński, *Teoria liczb*, wyd. 3 powiększ., Monografie Matematyczne, t. 19 (Warszawa-Wrocław 1950).
- [7] E. Landau, *Vorlesungen über Zahlentheorie* (Leipzig 1927).
- [8] W. Sierpiński, *Wstęp do teorii liczb*, wyd. 2 zmien., Biblioteczka Matematyczna, t. 25 (PZWS, Warszawa 1965).
- [9] G.H. Hardy, E.M. Wright, *Introduction to Number Theory* (Oxford 1938).
- [10] J.A. Wood, *Układ Słoneczny* (PWN, Warszawa 1983).
- [11] L. Czechowski, *Planety widziane z bliska* (Wiedza Powszechna, Warszawa 1985).
- [12] L. Czechowski, *Delta* 11 (7), 4 (1984).
- [13] P. Domański, *Delta* 6 (1), 8 (1979).

Laser atomowy: poradnik dla początkujących*

Daniel Kleppner

Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA

A beginner's guide to the atom laser

Laser atomowy już istnieje i pewnie niebawem niektórzy ludzie zaczną myśleć o tym, żeby go sobie sprawić. Jeśli jesteś jedynym fizykiem w okolicy, sąsiedzi mogą się do ciebie zwrócić po radę, który model jest najlepszy. Mogą cię nawet zapytać, co to w ogóle jest laser atomowy. Jeśli nie jesteś na bieżąco z literaturą, ten poradnik może ci się przydać.

Pierwszym krokiem na drodze do wyjaśnienia, co to jest laser atomowy, jest ustalenie, co to jest laser. W dawnych czasach spory na ten temat rozdierały środowisko ludzi zajmujących się laserami – przelano morze atramentu, rozpadło się wiele przyjaźni. Dziś ta sprawa nie budzi już większych emocji i nikt się do ciebie nie przyczepi, jeśli zdefiniujesz laser po prostu jako urządzenie, które wysyła światło laserowe. Światło laserowe jest na ogół bardzo silne, niemal monochromatyczne i bardzo kierunkowe. Definicja ta nie jest niestety najlepsza, gdyż światło wysyłane przez bardzo gorące ciało też jest bardzo silne, niemal

monochromatyczne i bardzo kierunkowe po przejściu przez dobry filtr i kolimator, a nie jest to światło laserowe.

Oto wskazówka, jak odróżnić oryginalne światło laserowe od jego taniej imitacji. Przede wszystkim zmierz szerokość widma w skali częstości $\Delta\omega$. Następnie postaraj się o przerywacz, który przepuszcza światło przez czas nie dłuższy od czasu korelacji $\tau_c = 1/\Delta\omega$. Zmierz liczbę fotonów w takim impulsie N (jeśli do licznika dociera zbyt wiele fotonów, możesz osłabić wiązkę). Powtórz pomiar wiele razy. Jeśli za każdym razem otrzymujesz z grubsza tę samą wartość N , masz prawdopodobnie prawdziwy laser. Jeśli mierzysz bardzo różne wartości N , twój laser to falsyfikat.

Zrozumienie podstawowych właściwości światła laserowego zawdzięczamy Royowi J. Glauberowi, który stworzył teorię kwantową pola laserowego wkrótce po wynalezieniu lasera [1]. To on nadał stanowi kwantowemu pola laserowego jego oficjalną nazwę: stan spójny, choć przy mniej uro-

* Artykuł, opublikowany w *Physics Today* 50, nr 8, 11 (1997), został przetłumaczony za zgodą Autora i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1997 by American Institute of Physics] (przyp. Red.).

czystych okazjach spotyka się również termin: stan Glaubera. Pole w stanie spójnym jest do takiego stopnia klasyczne, do jakiego tylko pozwala mechanika kwantowa. Na przykład fluktuacje jego amplitudy i fazy są równocześnie najmniejsze z możliwych. Glauber pokazał też, że istota światła laserowego tkwi w jego właściwościach statystycznych. Do ich opisu używa się spójności kolejnych rzędów, które wyznaczają prawdopodobieństwa pomiaru dwu-, trój- i więcej krotnych koincydencji przy detekcji fotonów.

Jeśli więc chcemy zdefiniować laser korzystając z właściwości wysyłanego przezeń światła, to powiemy, że jest to źródło promieniowania w stanie spójnym. Definicja ta ma jedną małą wadę: lasery wysyłają promieniowanie od rentgenowskiego aż do mikrofal (w tym ostatnim zakresie nazywa się je maserami). Rzecz jasna, długość fali promieniowania nie ma podstawowego znaczenia dla naszej definicji. Jednakże w zakresie mikrofal mamy wiele urządzeń, jak klistrony i magnetrony, które wytwarzają promieniowanie w stanie spójnym. Co więcej, każdy generator jest źródłem promieniowania w stanie spójnym. Nikomu nie przychodzi do głowy nazywać te urządzenia laserami. Nasza definicja nie jest więc doskonała. Pomińmy jednak tę niedoskonałość – ktoś, kto nie potrafi odróżnić lasera od generatora, nie powinien udzielać sąsiadom porad naukowych.

Gdy już określimy w ten sposób, co to jest laser, definicja lasera atomowego nasuwa się sama: jest to źródło atomów w stanie spójnym.

Laser atomowy mógł powstać dzięki uzyskaniu kondensacji Bosego-Einsteina w gazie atomowym. Jego debiut odbył się w dniu, gdy Wolfgang Ketterle z MIT zaobserwował interferencję atomów z dwóch oddzielnych kondensatów Bosego [2]. Atomy uwolniono z kondensatu metodą rezonansu magnetycznego, za pomocą której umożliwiono im powolną ucieczkę przez barierę potencjału pułapki magnetycznej, w której były schwytane. Nałożenie się chmur atomów z dwóch oddzielnych źródeł dało w wyniku wyraźne prążki interferencyjne. Ich okres był równy połowie długości fali de Broglie'a, dla której – jak dla fali świetlnej – natężenie przechodzi przez maksimum dwa razy w czasie okresu. Ktoś może na to powiedzieć, że dla promieniowania termicznego też obserwuje się interferencję. Tak, ale interferować mogą jedynie wiązki pochodzące z tego samego

źródła – nie obserwuje się interferencji wiązek z różnych źródeł termicznych. Natomiast wiązki z dwóch laserów interferują ze sobą, i – jak stwierdził Ketterle – tak samo jest dla wiązek atomów z dwóch kondensatów Bosego.

Prawdziwe znaczenie obserwacji prążków interferencyjnych polega na tym, że potwierdza ona istnienie porządku długozasięgowego w kondensacie Bosego, co pozwala sądzić, że atomy kondensatu tworzą nadciekły gaz atomowy. Nadciekły gaz to nowość w fizyce. Laser atomowy jest w istocie produktem ubocznym jego odkrycia.

Fakt, że występuje interferencja, dowodzi, że dla atomów w różnych częściach kondensatu istnieje dobrze określona różnica faz, co oznacza istnienie spójności, dokładniej: spójności pierwszego rzędu. Co więcej, uzyskano już wyniki doświadczalne świadczące o istnieniu spójności także drugiego i trzeciego rzędu [3,4].

Podstawowa różnica między stanem termicznym a spójnym polega na tym, że w stanie termicznym fluktuacje koncentracji są olbrzymie, a w stanie spójnym praktycznie ich nie ma. Dla stanu termicznego prawdopodobieństwo zaobserwowania N cząstek jednocześnie, a ściślej: w czasie krótkim w porównaniu z czasem korelacji, jest dane przez funkcję wykładniczą o ujemnym wykładniku, co daje rozkład tak szeroki, jak rzadko który. Natomiast dla stanu spójnego rozkład prawdopodobieństwa zaobserwowania N cząstek ma bardzo wąskie maksimum dla średniej liczby cząstek; dla dużych wartości N szerokość rozkładu jest praktycznie do zaniedbania.

Spójność drugiego rzędu jest miarą prawdopodobieństwa detekcji dwóch cząstek jednocześnie (lub w ustalonej odległości w przestrzeni i czasie). Ta wielkość zależy od wartości średniej n^2 . Koncentracja n ma takie same właściwości statystyczne jak liczba cząstek N . Jeśli średnia koncentracja $\langle n \rangle$ jest duża, to w stanie spójnym $\langle n^2 \rangle = \langle n \rangle^2$, a w stanie termicznym $\langle n^2 \rangle = 2\langle n \rangle^2$ (nawiasy kątowne oznaczają średnią przestrzenną). Jak więc widać, dla gazu o ustalonym $\langle n \rangle$ proces drugiego rzędu jest w stanie termicznym dwa razy szybszy niż w stanie spójnym.

Do pomiaru spójności drugiego rzędu można wykorzystać w zasadzie każdy proces, którego zajęcie zależy od bliskości dwóch atomów, innymi słowy od $\langle n^2 \rangle$. W kondensacie Bosego część energii układu pochodzi od krótkozasięgowego odpy-

chania się atomów. Energia oddziaływania dla pojedynczego atomu zależy od n , a więc energia układu zależy od n^2 . Gdy pułapka zostaje gwałtownie otwarta, atomy rozbiegają się, a ich końcowa energia kinetyczna zależy od początkowej energii oddziaływania. Mierzając tę energię oraz $\langle n \rangle$ można porównać $\langle n^2 \rangle$ i $\langle n \rangle^2$. Metoda ta wymaga znajomości siły oddziaływania. Na szczęście, dla kondensatu Bosego przy małej energii siła oddziaływania zależy tylko od jednej wielkości atomowej: długości rozpraszania. Dla sodu i rubidu długość rozpraszania jest znana z teorii oraz z badań spektroskopowych i zderzeniowych w niskich temperaturach.

Pomiary wykonane w JILA (wspólnym laboratorium Narodowego Instytutu Standardów i Technologii oraz Uniwersytetu stanu Kolorado, mieszczącym się w Boulder, w stanie Kolorado) przez Erica Cornella i Carla Wiemana dla kondensatu Bosego-Einsteina rubidu dały wynik: $\langle n^2 \rangle = (1.0 \pm 0.2)\langle n \rangle^2$, a Ketterle otrzymał dla sodu $\langle n^2 \rangle = (1.25 \pm 0.58)\langle n \rangle^2$. Czynniki liczbowe są w oczywisty sposób bliższe wartości 1 niż 2, co stanowi silną przesłankę istnienia spójności drugiego rzędu. Mówiąc ściśle, wyniki te potwierdzają istnienie krótkozasięgowej spójności drugiego rzędu. (Czynnik 2 otrzymano dla gazu w równowadze termodynamicznej mierząc korelacje chwil docierania atomów ultrazimnych do detektora [5]. Czynnik ten przybiera wartość 1, gdy odstęp czasów docierania atomów do detektora przekracza czas korelacji układu).

Jeśli ktoś ciągle nie jest przekonany, że kondensat jest w stanie spójnym, mamy jeszcze wyniki doświadczenia Cornella i Wiemana, w którym wykazano istnienie krótkozasięgowej spójności trzeciego rzędu [4]. Przy dużej koncentracji kondensat może być niszczone w wyniku zderzeń trójciałowych. Są to procesy, w wyniku których w gazie atomowym powstają cząsteczki, co jest pierwszym krokiem przejścia od fazy gazowej do stałej. Częstość zderzeń trójciałowych zależy od n^3 , a – jak można łatwo wykazać – dla gazu w równowadze termodynamicznej, dla dużych wartości $\langle n \rangle$ mamy $\langle n^3 \rangle = 6\langle n \rangle^3$. Dla gazu w stanie spójnym czynnik 6 nie występuje. Cornell i Wieman porównali częstości zderzeń trójciałowych w temperaturach poniżej i powyżej temperatury kondensacji Bosego-Einsteina. Stwierdzili, że stosunek tych częstości wynosi 7.4 ± 2.6 , co

dobrze zgadza się z wartością 6 oczekiwaną dla stanu spójnego kondensatu, a jest jawnie niezgodne z wartością 1.

Tak więc mamy silne dowody doświadczalne na to, że atomy opuszczają kondensat Bosego w stanie spójnym, co w pełni upoważnia nas do nazwania tego układu laserem atomowym. Laser atomowy działa jednak w sposób tak różny od tradycyjnego, że termin ten, choć formalnie poprawny, można uważać za nieco dziwaczny. Z drugiej strony, niemal w każdym szczególe obu urządzeń można odnaleźć znaczne podobieństwa.

Źródłem fotonów w laserze optycznym (LO) jest zwykle gaz lub inny układ atomów wzbudzonych elektronowo; w laserze atomowym (LA) źródłem jest gaz atomów wzbudzonych termicznie. W LO atomy w wyniku emisji wymuszonej promieniują do pojedynczego modu pola z szybkością równą $(k + 1)\Gamma_0$, gdzie Γ_0 jest szybkością emisji spontanicznej (szybkością promieniowania do modu pustego), a k – liczbą fotonów w modzie. W LA atomy ulegają rozpraszaniu do pojedynczego modu (stanu podstawowego pułapki) z szybkością $(k + 1)\Gamma_s$, gdzie Γ_s jest szybkością rozpraszania do modu pustego, a k – liczbą atomów w modzie. W LO liczba fotonów w pojedynczym modzie zwiększa się w wyniku emisji spontanicznej; w LA liczba atomów w pojedynczym modzie zwiększa się w wyniku rozpraszania spontanicznego. W LO promieniowanie wyprowadza się zwykle na zewnątrz przez jedno ze zwierciadeł tworzących komorę rezonansową; w LA atomy wydostają się na zewnątrz przez barierę potencjału tworzącego pułapkę. Główna różnica między oboma urządzeniami polega na tym, że fotony wychodzą z LO na ogół w postaci wiązki silnie skolimowanej, a atomy wybiegają z LA na wszystkie strony. Różnica ta jest jednak powierzchowna: LO działa w modzie wysokiego rzędu, a LA – w stanie podstawowym wnęki (innymi słowy – pułapki). W tym względzie LA jest w istocie bardziej maserem niż laserem, bo to maser, zamknięty wnęką mikrofalową, niemal zawsze działa w stanie podstawowym wnęki. Ale któżby miał ochotę na „maser atomowy”?

Jeśli twój sąsiad wie przypadkiem, że słowo „laser” jest akronimem od „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” (wzmocnienie światła przez wymuszoną emisję promieniowania), może cię zapytać, jak można używać

tego terminu w stosunku do urządzenia emitującego atomy. Tu masz szansę wykazać się wiedzą historyczną. Pierwsze lasery działały w zakresie podczerwieni i proponowano wówczas, by nazywać je raczej „iraserami” (od Infra-Red ...). Gdy dotarto do zakresu promieni X, próbowano wprowadzić termin „xaser”. Szczęśliwie terminy te nie przyjęły się – mamy dziś lasery w podczerwieni i lasery rentgenowskie. Jeśli sąsiad jest uparty, wyjaśnij mu, że bardziej ścisłym określeniem byłoby „Coherent State Atom Amplification by Stimulated Scattering of Atoms” (wzmocnienie atomów w stanie spójnym przez wymuszone rozpraszanie atomów), czyli „csaassa”. Słowo „csaassa” nie jest jednak łatwe do wymówienia, przynajmniej dla mnie.

Jest jeszcze jedna sprawa, którą musisz wyjaśnić sąsiadowi. Atomy to nie fotony. Atomy z lasera atomowego nie ulecą daleko w powietrzu (w rzeczywistości dzisiejsze lasery atomowe wymagają ultrawysokiej próżni), cóż dopiero mówić o przejściu przez szklane okienko. Atomy spadają pod wpływem siły ciężkości i mogą wpadać na siebie. W związku z tym zastosowania lasera atomowego nie są zbyt powszechne. Lecz jeśli twój

sąsiad myśli poważnie o interferometrii atomowej lub nanotechnologii, albo po prostu marzy o badaniu gazów nadciekłych, to laser atomowy może być akurat tym, czego mu potrzeba.

Dziękuję Wolfgangowi Ketterlemu za dyskusje, w wyniku których powstał ten esej, oraz Carlowi Wiemanowi za cenne uwagi.

Tłumaczył *Mirostław Łukaszewski*
Instytut Fizyki PAN
i Szkoła Nauk Ścisłych
Warszawa

Literatura

- [1] R.J. Glauber, *Phys. Rev.* **130**, 2529 (1963); **131**, 2766 (1963).
- [2] M.R. Andrews, C.G. Townsend, H.-J. Miesner, D.S. Durfee, D.M. Kurn, W. Ketterle, *Science* **257**, 637 (1997).
- [3] W. Ketterle, H.-J. Miesner, preprint.
- [4] E.A. Burt, R.W. Ghrist, C.M. Myatt, M.J. Holland, E.A. Cornell, C.E. Wieman, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 337 (1997).
- [5] M. Yasuda, F. Shimizu, *Phys. Rev. Lett.* **77**, 3090 (1996).

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

XXXIV Zjazd Fizyków Polskich w Katowicach



W dniach 15–18 września 1997 r. odbył się XXXIV Zjazd Fizyków Polskich. Miejszem tego kolejnego zgromadzenia fizyków polskich był Instytut Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, a głównym organizatorem Polskie Towarzystwo Fizyczne – Oddział w Katowicach.

Zjazd był niewątpliwie nobilitującym wydarzeniem dla całego środowiska naukowego w Katowicach. Wzięło w nim udział ok. 700 osób.

Do wygłoszenia wykładów plenarnych, dających przegląd osiągnięć fizyki światowej i polskiego wkładu do niej, zaprosiliśmy wybitnych fizyków polskich. Gośćmi honorowymi Zjazdu byli czterej laureaci Nagrody Nobla: J. Georg Bednorz, Herbert A. Hauptman, Harold W. Kroto, Rudolf L. Mössbauer, a także prezes Europejskiego Towarzystwa Fizycznego Herwig Schopper, którzy poprzez swoje wykłady plenarne nadali naszemu Zjazdowi jeszcze większą rangę i znaczenie. Wszystkich wykładów plenarnych było siedemnaście. W Zjeździe uczestniczyli także przedstawiciele kilkunastu europejskich towarzystw fizycznych.

Prócz wykładów plenarnych odbyła się specjalna sesja (sześć wykładów) poświęcona dydaktyce fizyki, a także sesja wyjazdowa w Żorach (jeden wykład) związana z odsłonięciem tablicy upamiętniającej urodzonego tam w 1888 r. Ottona Sterna, laureata Nagrody Nobla z fizyki (w roku 1943 – za rozwinięcie metody wiązek molekularnych i odkrycie momentu magnetycznego protonu).

Wykłady plenarne odbywały się przez cztery dni przed południem w wielkiej sali koncertowej Centrum

Kultury przy placu Sejmu Śląskiego. Każdego dnia na zakończenie sesji wygłaszany był wykład z historii fizyki.

W Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego przy ul. Uniwersyteckiej 4 towarzyszyła Zjazdowi czynna codziennie, znakomita wystawa aparatury naukowej i dydaktycznej oraz wydawnictw naukowych i dydaktycznych. W Instytucie Fizyki odbyła się również sesja dotycząca dydaktyki fizyki oraz Walne Zebranie Delegatów PTF.

W pierwszym dniu Zjazdu, tj. 15 września, po uroczystej ceremonii otwarcia z pierwszym wykładem plenarnym wystąpił prof. Herwig Schopper (Szwajcaria), prezes Europejskiego Towarzystwa Fizycznego i były dyrektor CERN-u. W swoim wykładzie „The Future of Physics and the Role of the European Physical Society” nawiązał do roli, jaką fizyka odegrała w mijającym stuleciu. Schopper stwierdził, że wbrew opinii, iż kończący się wiek należał do fizyki, a następny będzie erą biologii, fizyka pozostanie dalej istotą nauki, mimo rzeczywiście rosnącej roli biotechnologii. Już wiele razy przekonywano, że kończy się czas dominacji fizyki, jednakże wielu fundamentalnych zagadnień tego działu nauki jeszcze nie rozwiązano. Według Schoppera, poziom naszego życia zależy od rewolucji technicznej, opierającej się właśnie na fizyce. Fizyka jest nieodłącznym elementem naszej kultury współczesnej, gdyż stanowi podstawę nauk przyrodniczych i technicznych, a także kształtuje nasz pogląd na świat.

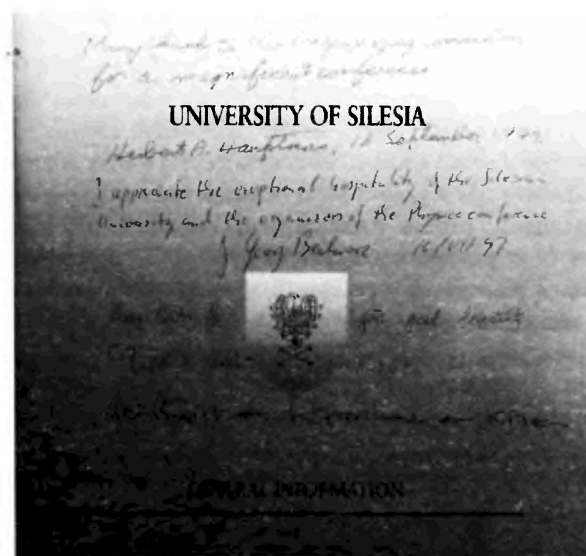


Przed domem przy ul. Młyńskiej 5 w Katowicach, gdzie urodziła się Maria Goeppert-Mayer, laureatka Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki. Od lewej stoją laureaci Nagrody Nobla: J. Georg Bednorz, Rudolf L. Mössbauer, Herbert A. Hauptman, Harold W. Kroto.

W czasie ceremonii otwarcia Zjazdu wręczono nagrody i wyróżnienia Polskiego Towarzystwa Fizycznego

nego. Najważniejszą, prestiżową nagrodę – Medal Smoluchowskiego otrzymał prof. Włodzimierz Zawadzki z Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk. Właśnie jemu, jako laureatowi Medalu Smoluchowskiego, przypadł zaszczyt wygłoszenia kolejnego wykładu plenarnego pt. „Półwzględność w półprzewodnikach”, w którym przedstawił on teoretyczną i doświadczalną analogię między własnościami elektronów w półprzewodnikach i swobodnych, relatywistycznych elektronów w próżni.

Następnym mówcą był prof. Sir Harold W. Kroto (Wielka Brytania) – laureat Nagrody Nobla w dziedzinie chemii (1996). Temat jego wykładu brzmiał: „ C_{60} : Buckminsterfullerene, not just a pretty molecule”. Wykład ten dotyczył uhonorowanego Nagrodą Nobla jego odkrycia czwartej odmiany alotropowej węgla (po graficie, diamentcie i karbonie), mianowicie fullereny, oraz ogromnych możliwości zastosowań technicznych tego odkrycia. Cząsteczki fullereny składają się na ogół z 60 lub 70 atomów węgla. W ich wnętrzu można umieszczać atomy innych pierwiastków i wytwarzać substancje o zadanych własnościach fizycznych. Dzięki temu fullereny stwarzają fascynujące możliwości rozwoju nauki o materiałach i technologii XXI w.



Autografy czterech laureatów Nagrody Nobla. W ostatniej linijce jest napisane: Harold Kroto ← Krotoschiner ← Krotoszyn, co ma oznaczać, że Harold Kroto pochodzi z Krotoszyna, jego ojciec zaś nazywał się Krotoschiner.

Kontynuując tematykę związaną z odkryciem fullerenów prof. Jan Stankowski w swoim wykładzie „Nadprzewodnictwo interkalowanego grafitu i fullereny” omówił własności czystych fullerenów oraz własności interkalowanych związków M_xC_{60} ($M = K$ lub Rb) w funkcji koncentracji x . Własności te zmieniają się od półprzewodnika ($x = 0$), przez metale ($x = 1$) i nadprzewodniki ($x = 3$) aż do izolatorów ($x = 6$). W zależności od koncentracji w dwuskładniko-

wym związku M_xC_{60} można otrzymać materiał o różnych własnościach niezbędnych dla elektroniki przyszłości.

Inny charakter miało wystąpienie prof. Macieja Suffczyńskiego zamykające sesję plenarną pierwszego dnia Zjazdu. Tematem wykładu była setna rocznica odkrycia elektronu (przez J.J. Thomsona w 1897 r.), tej najważniejszej dla naszej cywilizacji i rozwoju techniki cząstki elementarnej.

Drugi dzień Zjazdu, tj. 16 września poświęcony był tematyce kosmosu, cząstek elementarnych, oddziaływań fundamentalnych i promieniotwórczości.

Jako pierwszy wystąpił prof. Rudolf L. Mössbauer (Niemcy), laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki (1961), który wygłosił wykład pt. „The solar neutrino problem”. Tym razem prof. Mössbauer mówił o cząstkach elementarnych – neutrinach, badanie których ma fundamentalne znaczenie dla poznania natury Wszechświata. Dotychczasowe badania prowadzone były dla neutrin o wysokich energiach. Nowe możliwości detekcji umożliwiają pomiar niskoenergetycznych neutrin wysyłanych z dużym natężeniem przez Słońce. Dlaczego do Ziemi ze Słońca dociera o 1/3 do połowy neutrin mniej niż powinno? Niezwykle interesujący wykład poświęcony był opisowi teoretycznych podstaw i możliwości pomiarowych międzynarodowego zespołu prowadzącego projekt GALLEX pod Gran Sasso we Włoszech.

Następny wykład pt. „Teoria grawitacji i kosmologia” wygłosił ks. prof. Michał Heller. Stwierdził, że dzisiejsza fizyka cierpi na rozdwojenie jaźni. Opisuje ona świat za pomocą dwu całkowicie nieprzystających do siebie teorii, a mianowicie obowiązującej w mikroskali mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności Einsteina, która obowiązuje w skali astronomicznej i kosmologicznej. Nie ma reguł, które ustalałyby jakikolwiek związek między metodami matematycznymi tych teorii. Ks. Heller mówił o próbie stworzenia kwantowej teorii grawitacji oraz znalezienia związków tej teorii z problemem klasycznych osobliwości w kosmologii relatywistycznej.

Trzeci wykład poświęcony był tematyce cząstek elementarnych wysokich energii. Prof. Ryszard Sosnowski w wykładzie pt. „Przyszłe doświadczenia w dziedzinie fizyki wysokich energii i udział w nich fizyków polskich” przedstawił najważniejsze obecnie problemy fizyki wysokich energii, możliwości eksperymentalne zarówno obecne jak i przyszłe oraz rolę fizyków polskich, głównie z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, Uniwersytetu Warszawskiego i Instytutu Problemów Jądrowych w Świerku, w rozwiązywaniu tych problemów.

Na zakończenie sesji plenarnej drugiego dnia Zjazdu mówcą był prof. Andrzej Kajetan Wróblewski, który wygłosił wykład pt. „Pierwsze trzy lata promieniotwórczości – konsekwencje odkrycia polonu i radu”. Prof. Wróblewski opowiedział o pierwszych fascynu-

jących badaniach nad promieniotwórczością w końcu XIX w., które doprowadziły w 1898 r. do odkrycia pierwiastków promieniotwórczych polonu i radu przez Marię Skłodowską-Curie i jej męża Pierre'a Curie. Właśnie w tym roku przypada setna rocznica tego odkrycia o niezwykle wielkim znaczeniu. W 1903 r. małżonkowie Curie otrzymali za swe badania Nagrodę Nobla z fizyki.



Uczestnicy kolacji wydanej przez Rektora Uniwersytetu Śląskiego prof. Tadeusza Sławka wyszli na zewnątrz budynku, aby oglądać zaćmienie Księżyca. Od lewej stoją profesorowie: Jerzy Ziolo, Ryszard Sosnowski, Jerzy Niedwiczński, Harold W. Kroto, Andrzej K. Wróblewski, Herbert A. Hauptman, Jerzy Warczewski, Henryk Szymczak, Rektor Tadeusz Sławek, Rudolf L. Mössbauer, Prorektor Krystian Roleder, J. Georg Bednorz, Prorektor Jacek Jania, Herwig Schopper, Włodzimierz Zawadzki; z tyłu na podwyższeniu stoi właściciel restauracji.

Trzeci dzień Zjazdu upłynął pod znakiem struktur i symetrii. Prof. Herbert A. Hauptman (USA) – laureat Nagrody Nobla w dziedzinie chemii (1985) wygłosił wykład pt. „A probabilistic approach to the phase problem of X-ray crystallography”. W wykładzie tym prof. Hauptmann przedstawił tzw. metody bezpośrednie wyznaczania struktury kryształu. Metody służą do wyznaczania najbardziej skomplikowanych struktur kryształów, w szczególności białek, które odgrywają ważną rolę w medycynie i biologii. Właśnie za opracowanie tych metod bezpośrednich wyznaczania struktury kryształów H.A. Hauptman otrzymał Nagrodę Nobla.

Następny wykład pt. „Novel two-dimensional perovskites” wygłosił J. Georg Bednorz (Szwajcaria) – laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki (1987) za odkrycie wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa w materiałach ceramicznych. Wykład Bednorza dotyczył niezwyklej własności związków chemicznych pokrewnych minerałowi perowskitu o strukturze regularnej w dwóch wymiarach.

Kolejny wykład pt. „Badania dynamiki kryształów molekularnych i ciekłych kryształów” wygłosił

prof. Jerzy Janik. Wykład ten dotyczył dyskusji ruchów typu rotacji w kryształach molekularnych (lub jonowo-molekularnych) oraz ciekłych kryształach termotropowych. Prof. Janik przedstawił wyniki badań uzyskane za pomocą trzech metod doświadczalnych: metody relaksacji dielektrycznej, metody protonowego rezonansu magnetycznego i metody rozpraszania neutronów.

Następnie prof. Jan Mozrzyk przedstawił wykład pt. „Symetrie w przyrodzie”, omawiając różne typy symetrii występujących w przyrodzie. Prof. Mozrzyk próbował ukazać na wielu przykładach związki między pięknem, symetrią i fundamentalną jednością przyrody.

Na zakończenie sesji plenarnej drugiego dnia Zjazdu prof. Andrzej Fuliński w swoim wykładzie pt. „O wkładzie Mariana Smoluchowskiego do fizyki” przedstawił najważniejsze zasługi Smoluchowskiego w rozwoju metod fizyki statystycznej, a w szczególności teorii procesów stochastycznych. Omawiając szczegółowo równanie Smoluchowskiego prof. Fuliński uwypuklił te elementy teorii Smoluchowskiego, które są używane do dzisiaj.

Ostatni dzień Zjazdu, tj. 18 września rozpoczął prof. Andrzej Hryniewicz wykładem pt. „Wpływ energetyki na środowisko naturalne”. Nie ulega wątpliwości, że zapotrzebowanie na energię w skali globalnej stale rośnie. Najlepszą postacią energii finalnej jest energia elektryczna, a więc będą budowane nowe elektrownie. Pytanie, jakie. Dalej prof. Hryniewicz porównuje skutki ekologiczne wykorzystywania różnych źródeł energii wykazując, że również ze względów ekologicznych, proces rozszczepienia ciężkich pierwiastków, a w przyszłości zjawisko syntezy termojądrowej lekkich pierwiastków, staną się głównym źródłem energii elektrycznej.

Następnie prof. Adam Sobiczewski wygłosił wykład pt. „Pierwiastki superciężkie”. Przedmiotem tego wystąpienia było omówienie możliwości syntezy pierwiastków superciężkich, tj. pierwiastków cięższych od uranu ($Z > 92$). Obecnie znanych jest 20 pierwiastków wytworzonych sztucznie w reakcjach jądrowych. Wśród bardzo ciężkich jąder, które zostały uzyskane eksperymentalnie, wiele istnieje tylko dzięki ich strukturze powłokowej. Obecnie dzięki nowym możliwościom doświadczalnym zaobserwowano wiele jąder w pobliżu jądra $^{270}108$ o zamkniętej powłoce zarówno protonowej ($Z = 108$) jak i neutronowej ($N = 162$), a zmierzone ich własności potwierdziły przewidywania teoretyczne modelu powłokowego. Prof. Sobiczewski zwrócił uwagę, że przewidywania teoretyczne dla niektórych jąder z obszaru o liczbie atomowej $Z = 110 - 118$ wskazują na długi czas życia. Wytworzenie tych jąder rozszerzyłoby badania ich własności fizycznych. Obecnie trwają prace nad syntezą pierwiastka o $Z = 113$ różnymi metodami w Instytucie Ciężkich Jonów w Darmstadcie oraz w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej. Prof. Sobi-

czewski zaznaczył, że prace teoretyczne przewidujące istnienie jąder najcięższych są prowadzone przez fizyków polskich od ponad trzydziestu lat.

Pragnę w tym miejscu przypomnieć, że twórcą modelu powłokowego struktury jądra atomowego była Maria Goeppert-Mayer (1906 – 1972), urodzona w Katowicach, laureatka Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki (1968).

Na zakończenie Zjazdu ostatni wykład plenarny pt. „Nadciekłość ^3He . Nagroda Nobla 1996” wygłosił prof. Jerzy Czerwonko. Przedstawił on fakty historyczne, które doprowadziły do odkrycia nadciekłości izotopu helu ^3He , za co Osheroff, Richardson i Lee otrzymali w 1996 r. Nagrodę Nobla z fizyki. Niezwykłe zjawisko nadciekłości izotopu helu ^3He jest spektakularnym potwierdzeniem zasad mechaniki kwantowej. Prof. Czerwonko zwraca również uwagę na możliwości zastosowań własności nadciekłego helu ^3He .

Ogromnym zainteresowaniem cieszyła się specjalna sesja dydaktyczna, która odbyła się 16 września po południu w Auli Andrzeja Pawlikowskiego w Instytucie Fizyki. Pięć wykładów poprzedziło bardzo żywą dyskusję na temat dydaktyki fizyki. Oto tytuły tych wykładów: „Dlaczego ignorancja w zakresie fizyki nie jest w Polsce rzeczą wstydliwą?” (prof. Jan Blinowski), „O odpowiedzialności polskich fizyków za katastrofalny stan nauczania fizyki” (prof. Władysław Błasiak), „Fizyka w szkołach – konsekwencje reformy oświaty” (dr Stanisław Jakubowicz), „Wyzwania czasu dla systemu edukacji fizyki” (prof. Ireneusz Strzałkowski), „Dydaktyka fizyki, struktura i metodologia fizyki oraz sama fizyka są nierozłączne” (prof. Jerzy Warczewski).

Na zaproszenie prezydenta miasta Żory, 18 września po południu uczestnicy naszego Zjazdu Fizyków wzięli udział w sesji wyjazdowej w Żorach, gdzie nastąpiło uroczyste odsłonięcie tablicy upamiętniającej miejsce urodzenia Ottona Sterna, laureata Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki. Podczas tej sesji wykład pt. „Osiągnięcia naukowe Otto Sterna i jego wkład w rozwój mechaniki kwantowej” wygłosił prof. Marek Zralek.

W tym miejscu pragnę zaznaczyć, że każdy uczestnik Zjazdu otrzymał specjalnie wydaną książkę zawierającą pełne teksty omawianych wyżej wykładów. W czasie Zjazdu wystąpienia wykładowców były filmowane, aby służyć jako materiał edukacyjny i popularzatorski.

Pierwszego dnia Zjazdu wieczorem odbył się w Centrum Kultury koncert Wielkiej Orkiestry Symfonicznej Polskiego Radia, która pod dyrekcją Antoniego Wita wykonała z solistą Piotrem Pławnerem Koncert Skrzypcowy D-dur Johannesa Brahmsa oraz słynną już III Symfonię Henryka Mikołaja Góreckiego, w której solo sopranowe zaśpiewała Izabella Kłosińska. Patronat nad koncertem objął Jego Magnificencja Rektor Uniwersytetu Śląskiego prof. Tadeusz Sławek.

Bezpośrednio po koncercie organizatorzy Zjazdu przygotowali dla jego uczestników oraz dla zaproszonych znakomitych gości i sponsorów cocktail party, na którym przy obficie zastawionych stołach długo i żywo dyskutowano nie tylko o fizyce.

Na Walnym Zebraniu Delegatów PTF w dniu 17 września wybrany został nowy Zarząd Główny PTF oraz nowy prezes, którym został prof. Ireneusz Strzałkowski.

Dla naszych gości zorganizowaliśmy ciekawe wycieczki: do Krakowa, Wieliczki, Oświęcimia, Częstochowy, na zamek w Pszczynie i do zabytkowej kopalni w Tarnowskich Górach. Uczestnicy Zjazdu i goście zagraniczni wyrażali swe jak najlepsze wrażenia.

Na zakończenie Zjazdu, 17 września wieczorem odbyło się tradycyjne jak na każdym Zjeździe „spotkanie towarzyskie”.

Z publicznych wypowiedzi wielu fizyków oraz wielu pism gratulacyjnych, które nadeszły z kraju i zagranicy wynika, że XXXIV Zjazd Fizyków Polskich w Katowicach był pod każdym względem udany. „Byłem na wszystkich Zjazdach”, powiedział *Dziennikowi Zachodniemu* prof. Andrzej Hrynkiewicz. „Ten ma zdecydowanie największą klasę, a to przez liczbę uczestników, noblistów, program i oczywiście fantastyczny koncert WOSPR-u”. Profesor Henryk Szymczak też nie ukrywał zadowolenia. „To najlepszy Zjazd w naszej historii”, powiedział. Stwierdził, że poprzedni Zjazd we Wrocławiu oceniany był tak wysoko, że nikt nie spodziewał się, by następny poszedł jeszcze lepiej.

Organizatorom Zjazdu, na czele z przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego prof. Jerzym Warczewskim, należą się gratulacje i podziękowania za świetne przygotowanie Zjazdu i wspianą atmosferę.

Pragnę nadmienić, że informacje związane ze Zjazdem znajdują się w Internecie pod adresem: <http://www.us.edu.pl/zfp>.

Wiktor Zipper

Instytut Fizyki UŚI
Katowice

Quantum Optics IV

W dniach 17–24 czerwca 1997 r. odbyła się w Jaszowcu kolejna, czwarta już międzynarodowa konferencja Quantum Optics IV. Poprzednie konferencje z tego cyklu odbyły się w latach 1985, 1989 i 1993. Konferencje te, organizowane przez Instytut Fizyki i Centrum Fizyki Teoretycznej PAN w Warszawie, weszły już na trwałe do kalendarza spotkań fizyków zajmujących się szeroko rozumianą optyką kwantową. Trzon Komitetu Organizacyjnego obecnej konferencji stanowili: Iwo Białynicki-Birula, Jan Mostowski, Kazimierz Rzażewski oraz Leszek Sirko, a w pracach Komitetu Programowego brali także udział: N. Bigelow (USA), J.H. Eberly (USA), M. Fiodorow (Rosja) oraz H. Walther (Niemcy).

Konferencje Quantum Optics mają charakter raczej szkoły niż typowej konferencji. Zasadniczym jej elementem są godzinne wykłady wygłaszane przez wybitnych specjalistów w danej dziedzinie, zaś uczestnicy mogą przedstawiać wyniki własnych badań w sesjach plakatowych. W tym roku mogliśmy wysłuchać 25 wykładów wygłoszonych przez fizyków z 9 krajów. Najliczniejszą grupę wykładowców stanowili fizycy z USA (11 osób), a następnie z Niemiec (4), Polski (3), Francji (2) oraz po jednym wykładowcy z Izraela, Rosji, Białorusi, Wielkiej Brytanii i Holandii. Wśród uczestników konferencji, których w sumie było 91 z 14 krajów, najliczniejszą grupę, co zrozumiałe, stanowili Polacy (70 osób).

Tematyka wykładów to najbardziej aktualne zagadnienia optyki kwantowej: wytwarzanie stanów kwantowych pola „na zamówienie” – „pistolet fotonowy” (J.H. Eberly), manipulowanie stanami kwantowymi w układach sprzężonych do niemarkowskich rezerwuarów (G. Kurizki), atomy w silnych polach (M. Fiodorow, M. Bowden, P.M. Koch), problemy dekoherencji i ich konsekwencje dla przesyłania i przetwarzania informacji (W. Żurek, A. Ekert, S.Ya. Kilin), rekonstrukcja stanów kwantowych pola metodami interferencyjnymi i tomografii kwantowej (I.A. Walmsley), kwantowe korelacje w stanach opisujących trzy lub więcej cząstek, inaczej zwanych stanami GHZ (M. Żukowski), chaos w układach klasycznych i kwantowych (F. Haake, R. Blümel, J. Zakrzewski), rozchodzenie się impulsów laserowych (R. Grobe, C. Radzewicz), spektroskopia pojedynczych jonów (W. Lange), chłodzenie laserowe i ogólniej manipulowanie ruchem atomów za pomocą światła laserowego (N.P. Bigelow, J. Dalibard, H. Metcalf), oraz bardzo „gorące” tematy dotyczące różnych aspektów kondensacji Bosego-Einsteina (C. Clark, M. Lewenstein, M. Wilkens, G.W. Szlapnikow, L. You, R.J. Glauber).

W czerwcu, w czasie konferencji, nie wiedzieliśmy jeszcze, że Nagroda Nobla z fizyki w 1997 r. zostanie przyznana za osiągnięcia w dziedzinie chłodzenia i pułapkowania atomów za pomocą światła laserowego. Schłodzenie atomów do temperatur poniżej jednego mikrokelwina otworzyło drogę do obserwacji zjawiska kondensacji Bosego-Einsteina, czyli makroskopowego obsadzenia stanu podstawowego gazu. W tak niskich temperaturach długość fali de Broglie’a związanej z ruchem atomu staje się porównywalna z odległościami międzyatomowymi i zbiór atomów jest opisywany jedną makroskopową funkcją falową. Takie przejście od nieuporządkowanych fal materii związanych z pojedynczymi atomami do spójnych fal materii opisujących cały zbiór atomów można porównać do przejścia od światła niespójnego emitowanego przez źródła termiczne do światła spójnego emitowanego przez laser. Atomy zaczynają odgrywać tutaj rolę taką jak fotony w optyce, a więc możemy obserwować np. ich interferencje. W ostatnich kilku latach obserwujemy burzliwy rozwój optyki atomowej – różnej od optyki

atomowej znanej z podręczników – zajmującej się badaniem falowych własności atomów. Optyka atomowa przewiduje możliwość stworzenia lasera atomowego – „bosera”. Tak rozumiana optyka atomowa, szczególnie intensywnie rozwijana w ostatnich latach, stanowiła główny nurt konferencji.

Istnienie korelacji kwantowych, które zdecydowanie odróżniają opis kwantowy od klasycznego, jest ciągle przedmiotem zainteresowania fizyków, a tak się składa, że wiele zjawisk kwantowych, które nie mają swoich odpowiedników klasycznych, zostało doświadczalnie potwierdzonych w dziedzinie optycznej. Fakt, że stan kwantowy może być superpozycją innych stanów, ma kluczowe znaczenie dla przesyłania i przetwarzania informacji na poziomie kwantowym. Taka superpozycja – „qubit” – stanowi podstawowy element działania komputera kwantowego, który w przyszłości, jak się wydaje, powinien zastąpić tradycyjne komputery. W chwili obecnej jednak jest jeszcze wiele problemów do rozwiązania, choćby takich jak wytwarzanie superpozycji stanów o z góry zadanych amplitudach, identyfikacja takich stanów, czy też problem dekoherencji, która niszczy superpozycje stanów. Problemy te są przedmiotem intensywnych badań, i o niektórych wynikach uzyskanych dotąd mogliśmy usłyszeć na konferencji.

Wykłady były tak ciekawe, że mimo ciągłej pokusy aby pójść w góry, szkoda było opuścić choćby jeden, i ja osobiście wysłuchałem wszystkich.

Konferencja była znakomicie zorganizowana, z dobrym jedzeniem oraz wycieczką do Krakowa i Wieliczki. Zagraniczni uczestnicy bardzo chwalili sobie możliwość dostępu do Internetu, którą zapewnił Organizatorzy. Słowem – czekamy na Quantum Optics V!

Materiały konferencyjne są opublikowane w *Acta Physica Polonica A* 93, z. 1 (1998).

Ryszard Tanaś
Instytut Fizyki UAM
Poznań

Symposium Maksa Borna

W dniach 24–27 września 1997 r. w Przesece k. Jeleniej Góry odbyło się 10. Symposium Maksa Borna pt. „Quantum Future”, zorganizowane przez Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego. Wśród zaproszonych wykładowców byli zarówno teoretycy – J. Audretsch (Konstancja), I. Białynicki-Birula (Warszawa), H. Carmichael (Eugene, Oregon, USA), D. Dürr (Monachium), B. d’Espagnat (Paryż), F.H.M. Faisal (Bielefeld), R. Haag (Schliersee-Neuhaus, RFN), K. Hepp (Zurych), C. Kiefer (Freiburg), J. Klauder (Gainesville, Florida, USA), B. Mielnik (Warszawa), R. Omnes (Paryż), C. Piron (Genewa), H. Stapp (Berkeley), W.G. Unruh (Vancouver), G. Vitiello (Salerno), jak i doświadczalnicy – S. Haroche (Paryż), G. Nimtz

(Kolonja), A. Tonomura (ARL Hitachi, Hatoyama), H. Walther (Monachium), H. Weinfurter (Innsbruck).

Symposium odbyło się w siedemdziesiąt lat po słynnej konferencji w Como i piątym Kongresie Solvayowskim, kiedy to zapoczątkowany został dialog między Einsteinem a Bohrem. Celem Symposium było przedyskutowanie w podobnym duchu niestandardowych podejść do teorii kwantów, jak również przedstawienie najważniejszych metodologii i wyników doświadczalnych w zakresie podstaw mechaniki kwantowej.

Największe zainteresowanie wywołały wykłady doświadczalników. To właśnie doświadczenia sięgają dziś do samych podstaw teorii kwantów i wyznaczają aktualne granice naszego poznania. Wśród zagadnień omawianych przez fizyków doświadczalnych największe kontrowersje wzbudził wykład G. Nimtza, opisujący próby przesyłania informacji z prędkościami nadświetlnymi. Doświadczenia te wykorzystują zjawisko tunelowania fali elektromagnetycznej. S. Haroche omówił doświadczenia optyczne nad dekoherencją, nawiązujące bezpośrednio do znanego paradoksu kota Schrödingera. Wykład A. Tonomury był bogato ilustrowanym sprawozdaniem z obserwacji dynamiki skwantowanych wirów magnetycznych w nadprzewodnikach, obserwacji, które stały się możliwe dzięki użyciu fal elektronowych. H. Walther przedstawił doświadczenia nad zjawiskami kwantowymi przy obserwacji pojedynczych atomów, zaś H. Weinfurter omówił wyniki i metodykę stosowaną przez grupę z Innsbrucku pod kierunkiem A. Zeilingera.

Teoretycy oferowali raczej abstrakcyjne teorie „konsystentnych historii” (Omnes) i dekoherencji (Kiefer, Omnes) oraz opartą na parametrach ukrytych mechanikę Bohma (Dürr). Ostatnia sesja (w sobotę 27 września) była poświęcona ewentualnym związkom teorii kwantów z pojęciem świadomości i z funkcjonowaniem organizmów żywych. Ta właśnie tematyka dominowała też w dyskusji okrągłego stołu, zorganizowa-

nej na zakończenie konferencji. Podczas gdy H. Stapp bronił poglądu, że redukcja paczki falowej związana jest ze swoistym efektem świadomości, K. Hepp szczególnie uzasadniał pogląd, że współczesna neurofizjologia nie wskazuje na to, by zjawiska kwantowe odgrywały istotną rolę w funkcjonowaniu układu nerwowego, krytykując dość popularne ostatnio poglądy lansowane przez Penrose’a i Hameroffa.

Symposium było tak nabite wykładami i dyskusjami, że uczestnicy nie mieli w ciągu czterech dni jego trwania nawet kwadransa wytchnienia – i to do późnych godzin wieczornych. Konferencja spełniła – jak się wydaje – pokładane w niej oczekiwania, pozwalając czołowym fizykom w żywej atmosferze przedyskutować nurtujące ich problemy, zaś licznej grupie młodszych kolegów z kraju i zagranicy dała możliwość uczestniczenia w tych dyskusjach. Bernard d’Espagnat napisał do mnie wkrótce po zakończeniu Symposium: „I really enjoyed this most exciting and instructive conference”.

Współdyrektorami Symposium byli: Philippe Blanchard z Uniwersytetu w Bielefeld i niżej podpisany. Nasza własna propozycja rozwiązania zagadnienia pomiaru w teorii kwantów, tzw. „Event Enhanced Quantum Theory” (w skrócie EEQT – Wzmocniona Pomiarami Teoria Kwantów) była w czasie symposium reprezentowana w dwóch krótkich wystąpieniach: R. Olkiewicza z Wrocławia, który przedstawił podstawy matematyczne EEQT, oraz A. Rushhaupta reprezentującego Bielefeld i referującego wyniki symulacji komputerowych czasu tunelowania według algorytmu EEQT.

Sponsorami 10. Symposium Maksa Borna byli: Ministerstwo Edukacji Narodowej, Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet w Bielefeld, Komitet Fizyki PAN, Fundacja Heraeusów i British Council. Materiały Symposium będą wydane przez Springer Verlag.

Arkadiusz Jadczyk

Instytut Fizyki Teoretycznej UW
Wrocław

RECENZJE

Zaginiony wykład Feynmana

David L. Goodstein, Judith R. Goodstein: *Zaginiony wykład Feynmana. Ruch planet wokół Słońca*, z jęz. angielskiego tłumaczyli Ewa L. Łokas i Bogumił Bieniok, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, s. 159.

„Intelektualiści nie mogą ograniczać się do gromadzenia wiedzy, ich zadanie polega również na kształtowaniu poglądów pokolenia, do którego należą. Intelektualista dokonuje ocen, wypowiada opinie, komentuje”. Napisał to John Brockman we wstępie do zre-

dagowanego przez niego zbioru esejów zatytułowanego *Trzecia kultura* [1].

Termin „trzecia kultura” został stworzony na początku lat dziewięćdziesiątych przez tegoż Brockmana na określenie tych „uczonych, myślicieli i badaczy świata empirycznego, którzy dzięki swym pracom i piarstwu przejmują rolę tradycyjnej elity intelektualnej w poszukiwaniu odpowiedzi na pytania od zawsze nurtujące ludzkość: czym jest życie, kim jesteśmy i dokąd zmierzamy” [1]. Takim właśnie uczonym, myślicielem i badaczem był zmarły przed dziewięcioma laty Ri-

chard P. Feynman, profesor fizyki w Kalifornijskim Instytucie Technologii w Pasadenie, laureat Nagrody Nobla, wielka postać fizyki XX w. Postać Feynmana stanowiła dla Brockmana inspirację przy tworzeniu pojęcia trzeciej kultury. Richard Feynman był sztandarowym przykładem uczonego, przedstawiciela tej kultury. Potrafił z ogromną swadą i wielkim powodzeniem porozumiewać się z tzw. szeroką publicznością, poza plecami różnego rodzaju pośredników: niefrasobliwych dziennikarzy oraz pseudohumanistów uważających, że mają monopol na kontakt z masami, chętnych się często swoją ignorancją w sprawach nauk ścisłych.

Recenzowana książeczka *Zaginiony wykład Feynmana* jest właściwie zbiorem trzech powiązanych, ale niezależnych części. Oprócz rekonstrukcji samego dowodu prawa elips zawiera ona wspomnienia Autorów o Feynmanie oraz historyczne wprowadzenie do zagadnienia ruchu planet. Centralna część książki to oczywiście „Feynmana dowód prawa elips”. Pozostałe części są jedynie dla niej tłem; zgrabnie napisanym i przyjemnie się czytającym, ale jedynie tłem. Wykład Feynmana na temat ruchu planet był wygłoszony w ramach sławnych *Feynmana wykładów z fizyki* [2], ale nie został włączony do wydania książkowego. Sądząc, że powodem tej decyzji była nieprzystająca do reszty książki złożoność wywodów potrzebnych do pełnego zrozumienia dowodu. Złożoność dowodu Feynmana (a także pierwotnego dowodu Newtona) prawa elips nie polega na wykorzystywaniu przez niego zaawansowanych działów matematyki. Wręcz przeciwnie, dowód jest trudny, ponieważ wykorzystuje w zasadzie jedynie wiedzę z geometrii dostępną uczniom szkół podstawowych. Za tę skromność użytych środków trzeba zapłacić cenę: dowód jest złożony, bo trzeba wykazać wiele rzeczy, które przy użyciu mocniejszych metod matematycznych stają się dziecinnie proste, a czasem nawet wręcz banalne. W odnalezionych notatkach do wykładu Feynman zastąpił słowo „prosty” przez „elementarny” i ta zmiana dobrze charakteryzuje istotę zagadnienia. Wywody elementarne są najczęściej bardziej złożone, bo nie możemy w nich wykorzystać mądrości nagromadzonej przez pokolenia uczonych. Każdy student dysponujący podstawową wiedzą z równań różniczkowych powinien umieć wykazać, że ruch ograniczony w polu siły malejącej z kwadratem odległości odbywa się po elipsie. Niewielu jednak zawodowych matematyków i fizyków potrafiłoby to udowodnić wykorzystując tylko elementarne pojęcia z zakresu geometrii na płaszczyźnie.

Podanie dowodu prawa elips było dla Feynmana swojego rodzaju wyzwaniem. Znany był, co prawda, dowód Newtona, ale wykorzystane tam były pewne zapomniane już szczególne własności krzywych stożkowych. Feynman kochał wyzwania tego typu. Słynął np. z umiejętności obliczania całek i chętnie się, że każdą całkę potrafi obliczyć (oczywiście nie w jawnej postaci analitycznej, bo to jest na ogół niemożliwe,

ale w postaci trafnego przybliżenia). Uważam, że dowód Feynmana jest nie tylko majstersztykiem w posługiwaniu się elementarną geometrią, ale także spełnia znacznie ważniejszą rolę. Uświadamia nam bowiem dlaczego Newton w wyniku swoich studiów nad ruchami ciał niebieskich wymyślił rachunek różniczkowy. To, co w ujęciu geometrycznym (chodzi tu oczywiście o geometrię Euklidesa a nie o nowoczesną geometrię obejmującą także geometrię różniczkową) jest trudne i zawile, w rachunku różniczkowym jest naturalne i proste. Rozważmy np. pojęcie stycznej do krzywej, które w rachunku różniczkowym jest bezpośrednio związane z podstawowym pojęciem pochodnej. Wprowadzenie pojęcia stycznej w geometrii elementarnej udało się Feynmanowi tylko dlatego, że elipsa jest szczególną krzywą. Przyjął on bowiem, że styczna to taka prosta, która ma wspólny punkt z elipsą, zaś poza tym leży całkowicie na zewnątrz elipsy. Taka definicja oczywiście nie może być zastosowana do krzywych, które mają punkty przegięcia.

Wydawnictwu Prószyński i S-ka należą się słowa uznania za umożliwienie polskiemu czytelnikowi zapoznania się z zaginionym wykładem Feynmana. Książeczka ta została słusznie zakwalifikowana do serii *Klasyki Nauki*, ponieważ nie jest to typowa pozycja z gatunku popularyzacji wiedzy. Typowe popularne pozycje mają bowiem charakter opisowy i można je czytać „do poduszki”, bez większego wysiłku umysłowego. Inaczej przedstawia się sprawa z zaginionym wykładem. Pełnię szczęścia można dopiero osiągnąć, jeżeli uda się nam zrozumieć każdy krok dowodu, a najlepiej będzie jeżeli po zamknięciu książki potrafimy odtworzyć cały dowód. Mając wątpliwości, czy wielu dorosłych czytelników potrafi wykrzesać z siebie dostatecznie silną motywację dla takiej działalności, sądząc, że najwierniejszymi czytelnikami mogą być młodzi adepci fizyki i nauk pokrewnych, studenci, uczestnicy różnych kółek naukowych i olimpiad oraz patronujący im nauczyciele.

Książka została przetłumaczona i wydana bardzo starannie, jak przystało na tak ambitną serię. Na poparcie mojego twierdzenia, że w każdym tłumaczeniu książki można znaleźć błąd podaję, iż tłumacze na stronie 12 zmienili na żeńską płęć Walentego Telegdiego.

Literatura

- [1] *Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*, red. J. Brockman; przekład polski: *Trzecia kultura* (Wydawnictwo CIS, Warszawa 1996).
- [2] *Feynman Lectures on Physics* (Addison-Wesley, 1963–65); przekład polski: *Feynmana wykłady z fizyki* (PWN, Warszawa 1974).

Iwo Białynicki-Birula

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN
i Szkoła Nauk Ścisłych
Warszawa

PTF

Komisje

Zarząd Główny PTF na posiedzeniu w dniu 24 stycznia 1998 r. powołał przewodniczących komisji PTF w kadencji 1997–99:

- H. Szymczak – Komisja Nagród i Odznaczeń,
- E. Śniadek – Komisja Nagród Dydaktycznych,
- U. Woźnikowska-Bezak – Komisja ds. Nauczania Fizyki w Szkołach,
- A. Zastawny – Komisja ds. Nauczania Fizyki w Szkołach Wyższych,
- S. Bauch – Komisja ds. Współpracy z Zagranicą,
- W.A. Kamiński – Komisja Legislacyjna,
- B. Jancewicz – Komisja ds. Nazewnictwa,
- J. Turnau – Komisja Popularyzacji i Promocji Fizyki,
- Anna Pazdur – Komisja Fizyki Środowiska,
- A. Strzałkowski – Komisja Historii Fizyki.

Zarząd Główny uprzejmie prosi oddziały o zgłaszanie kandydatów na członków tych komisji. Można ich zgłaszać bezpośrednio do przewodniczących komisji.

Składki

Na posiedzeniu w dniu 15 listopada 1997 r. Zarząd Główny PTF postanowił, wobec inflacji, podnieść od 1 stycznia 1998 r. składki członków zwyczajnych. Nowa wysokość składki rocznej wynosi: profesorowie i docenci – 24 zł, studenci i pracownicy do 3 lat ogólnego stażu pracy – 6 zł, pozostali – 12 zł.

Oddział Słupski

Na walnym zebraniu sprawozdawczo-wyborczym, w dniu 21 stycznia 1998 r., został wybrany na nową kadencję Zarząd Oddziału w składzie: Henryk Wrembel (przewodniczący), Zbigniew Meger (wiceprzewodniczący), Zdzisław Szpiter (sekretarz), Tomasz Wróblewski (skarbnik). Na korespondenta Oddziału została powołana Małgorzata Kuzio.

Zebranie założycielskie Oddziału Słupskiego PTF odbyło się 30 września 1983 r. Wykaz członków-założycieli obejmował 20 osób, z których 16 było pracownikami Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Słupsku, a 6 – nauczycielami słupskich szkół średnich. Z grona założycieli 6 osób jest nadal członkami Oddziału, jedna zmarła, a pozostałe zrezygnowały z dalszej przynależności do PTF (częściowo z uwagi na zmianę miejsca zatrudnienia lub zamieszkania).

W dniu 9 listopada 1983 r. Rektor WSP w Słupsku wyraził zgodę na zlokalizowanie Oddziału przy ówczesnym Zakładzie Fizyki WSP. Zatwierdzenia Oddziału jako osiemnastego oddziału PTF dokonano na walnym zebra-

niu delegatów PTF 19 listopada 1983 r. Jako siedzibę Oddziału ustalono WSP w Słupsku, a obszar działania – województwo słupskie i województwo koszalińskie. Wreszcie 6 marca 1984 r. nastąpiło formalne zalegalizowanie działalności Oddziału przez Wydział Spraw Społeczno-Administracyjnych Urzędu Wojewódzkiego w Słupsku.

W ubiegłej kadencji (27.3.96 – 21.1.98) odbyło się 12 posiedzeń Zarządu Oddziału. Ich tematem były sprawy bieżące, a w szczególności problem ściągania składek członkowskich. Sprawy tej, mimo wielokrotnych i różnorodnych prób, monitów itp. nie udało się rozwiązać i znaczna część członków zalega z ich uiszczeniem. Oddział liczy obecnie 32 osoby, w tym 8 emerytów.

Jedną z ważniejszych form działania Oddziału są comiesięczne seminaria (organizowane wspólnie z Instytutem Fizyki WSP) pod nazwą „Spotkania Fizyków”. W ubiegłej kadencji zorganizowano ich 15, a łącznie od powstania Oddziału – 103. Cieszą się dobrą frekwencją. W ostatnich latach uczestniczyło w nich średnio 29 osób. Najliczniejsze audytorium miał wykład prof. Piotra Kwieka (IFD UG) „Holografia optyczna” (53 osoby) oraz wykład prof. Józefa Pacyny (Norsk Institutt for Luftforskning, Kjeller, Norwegia) „Regionalne problemy zanieczyszczenia środowiska na przykładzie Bałtyku” (52 osoby). W seminariach uczestniczą również osoby spoza uczelni (głównie nauczyciele) i w coraz większym stopniu studenci.

Podobnie jak w latach ubiegłych, w latach 1996–97 Oddział był współorganizatorem wojewódzkich Turniejów Wiedzy Fizycznej dla młodzieży szkół licealnych w Słupsku i Koszalinie. W turniejach tych wzięło udział 170 uczniów. Ponadto Oddział uczestniczył w zorganizowanych przez mgra Zdzisława Szpitera dwóch Rejonowych Turniejach Wiedzy Fizycznej w Słupsku (w 1996 i 1997 r.) dla młodzieży szkół podstawowych; brało w nich udział 50 uczniów z województwa słupskiego.

Małgorzata Kuzio

Oddział Toruński

Oddział Toruński PTF zorganizował w dniach 10–12 września 1997 r. na terenie Instytutu Fizyki UMK „Pokazy doświadczeń z fizyki” dla młodzieży szkół średnich z regionu Polski Północnej.

Wychodząc z założenia, iż fizyce, jako najważniejszej z nauk przyrodniczych, powinno w edukacji dotyczącej środowiska przypaść zadanie szczególne, organizatorzy jako temat pokazów wybrali fizykę środowiska. Jest to temat bardzo szeroki, ponieważ fizyka stara się wyjaśnić i opisać wszystkie zjawiska zachodzące w świecie przyrodniczym, w tym także w naszym codziennym życiu.

Pokazane doświadczenia były wybranymi przykładami, zwracającymi uwagę na rolę fizyki w rozumieniu

globalnych, interdyscyplinarnych zagadnień dotyczących środowiska. Poruszono m.in. takie zagadnienia jak rodzaje energii i jej przemiany, niekonwencjonalne źródła energii, globalne obserwacje satelitarne, dziura ozonowa, efekt cieplarniany, badanie parametrów stanu środowiska, promieniowanie jonizujące, hałas środowiskowy, niskie temperatury (doświadczenia z ciekłym azotem).

Wykłady prowadzili: prof. Franciszek Bylicki, prof. Hubert Lucjan Oczkowski, dr Maria Berndt-Schreiber i dr Józefina Turło. Demonstracje i materiały do pokazów w postaci skryptu przygotowali: prof. Franciszek Bylicki, mgr Andrzej Karbowski, mgr Waldemar Krychowiak, Waldemar Krzywdziński, prof. Hubert L. Oczkowski, mgr Lech Polakiewicz, mgr Krzysztof Przegiętka, mgr Hieronim Ratajczak, mgr Jacek Rybicki, mgr Krzysztof Służewski, dr Józefina Turło, dr Zygmunt Turło, Bernard Witkowski. Opiekę nad organizacją pokazów sprawował prof. Czesław Koepke, a sekretarzem był mgr Dariusz Dyl.

O tym, że temat pokazów „Fizyka w środowisku” był interesujący, może świadczyć fakt, że w pokazach uczestniczyło ponad 4000 uczniów.

Józefina Turło

Dofinansowanie z KBN

Na posiedzeniu w dniu 20 czerwca 1997 r. Komitet Badań Naukowych przydzielił podmiotom działającym na rzecz nauki środki na dofinansowanie działalności ogólnotechnicznej i wspomagającej badania. Polskiemu Towarzystwu Fizycznemu przyznano:

- na konferencje naukowe: XXXIV Zjazd Fizyków Polskich – 24 000 zł, Kriokryształy i kryształy kwantowe CC '97 – 4000 zł, Int. Symposium Plasma '97 – 4000 zł, Quantum Optics IV – 6000 zł, XI Międz. letnia szkoła fizyki fazy skondensowanej – 4000 zł, I Międz. Symp.: Skaningowa spektroskopia próbkująca SPS '97 – 4000 zł, Intermolecular Interaction in Matter – 4000 zł, Międz. Szkoła fizyki związków półprzewodnikowych Jaszowiec '97 – 6000 zł, XXXII Zakopane School of Physics – 6000 zł, Krakowskie Konwersatorium PTF z okazji 125. rocznicy urodzin i 80. rocznicy śmierci Mariana Smoluchowskiego – 1000 zł;

- na działalność wydawniczą: Biuletyn Zarządu Głównego PTF, Biuletyny oddziałów PTF – 1000 zł.

Podane powyżej sumy są to kwoty przyznane przez KBN; wysokość dofinansowania faktycznie uzyskanego przez poszczególne konferencje może być inna w zależności od stopnia, w jakim organizatorzy są w stanie spełnić warunki umowy ustalone przez KBN.

Sprawy Nauki, nr 4 (1997)

Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej otrzymali w dniu 8 lipca 1997 r.: Mirosław Andrzej Dakowski (WSR-P, Siedlce), Jacek Dobaczewski (UW), Andrzej Ja-

siński (IFJ, Kraków), Zbigniew Kłos (CBK PAN, Warszawa), Bogdan Lesyng (UW); w dniu 15 listopada 1997 r. tytuł otrzymał Piotr Erazm Rozmej (UMCS); w dniu 20 listopada 1997 r. tytuł otrzymali: Katarzyna Józefa Chałasińska-Macukow (UW), Wojciech Kopczyński (UW), Czesław Józef Lewa (UG), Andrzej Maziewski (UB), Jacek Turnau (IFJ, Kraków).

Sprawy Nauki, nr 4 i 6 (1997)

Nagroda Marii Skłodowskiej-Curie

Nagrodę im. Marii Skłodowskiej-Curie przyznaje Polska Akademia Nauk, w latach parzystych chemikom, w latach nieparzystych fizykom, za wybitne osiągnięcia badawcze w okresie ostatnich sześciu lat. W 1997 r. nagrodzono dwóch wyróżniających się fizyków ciała stałego – prof. Tomasza Dietla (IF PAN) i prof. Józefa Spałka (IF UJ). Nagroda trafiła w godne ręce, laureaci i ich osiągnięcia w pełni zasługują na to wysokie wyróżnienie. Gratulacje należą się również jurorom za dostrzeżenie tych ważnych osiągnięć.

Profesor Tomasz Dietl jest fizykiem doświadczalnym zajmującym się układami mezoskopowymi oraz problemami lokalizacji w układach nieuporządkowanych. Prace jego to wyrafinowane eksperymenty prowadzone w temperaturach milikelwinowych, również na układach o obniżonej wymiarowości (studnie i druty kwantowe). Szczególnie wiele uwagi w pracach tych poświęcono roli oddziaływań spinowych. Wytwarzanie struktur zawierających jony posiadające momenty magnetyczne pozwoliło badać wpływ oddziaływań elektron-jon magnetyczny, zarówno na zjawiska lokalizacji, jak również na uniwersalne fluktuacje w układach jednowymiarowych. Prowadzenie takich badań wymagało stworzenia warsztatu badawczego wyposażonego w chłodziarki do temperatur milikelwinowych oraz opanowanie techniki wytwarzania i charakterystyki nanostruktur. Prace prof. Dietla, oprócz oryginalności i rzetelności eksperymentalnej, charakteryzują się głęboką analizą, wspartą modelami teoretycznymi, których nie powstydziłoby się teoretycy pracujący w tej dziedzinie. Nagrodzono osiągnięcia fizyka o dużej erudycji fizycznej, podejmującego ambitne problemy naukowe.

Profesor Józef Spałek jest fizykiem-teoretykiem. Jego zainteresowania naukowe w ostatnich latach to układy skorelowane. Zainteresowania te skierowały aktywność naukową prof. Spałka na nadprzewodniki wysokotemperaturowe. Mechanizm opisujący nadprzewodnictwo w tych materiałach jest ciągle dyskutowany w gronie ekspertów. Profesor Spałek swoimi pracami włączył się do tej dyskusji, wskazując na nowe możliwości, prowadzące do tworzenia się par. Znaczący jest wkład prof. Spałka w zrozumienie złożonego wykresu fazowego tlenków wanadu (V_2O_3). Zaskakujące własności tego materiału stanowiły wyzwanie dla teoretyków ciała stałego, które prof. Spałek podjął ze współpracownikami, i to z powodzeniem. Jest fizykiem, który doskonale opanował złożone metody badań układów skorelowanych; posiadając doskonały warsztat naukowy, potrafi on równocześnie

współpracować z doświadczalnikami i posiada niezwykle cenną dla teoretyka umiejętność „wycucia doświadczalnego” możliwości eksperymentu oraz niedostatków przeprowadzonego doświadczenia. Ostatnie jego prace nad układami skorelowanymi i lokalizacją w pełni uzasadniają przyznaną nagrodę.

Obydwaj laureaci przed laty pracowali wspólnie nad opisem związanego polaronu magnetycznego w półprzewodnikach półmagnetycznych; prace te weszły na trwałe do literatury przedmiotu.

Marian Grynberg

Nagroda Jabłońskiego

Jak pisaliśmy w Kronice 3/96, dla uczczenia wybitnych osiągnięć Aleksandra Jabłońskiego (1898 – 1980), profesora Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, w dziedzinie teorii i zastosowań spektroskopii fluorescencyjnej i fotofizyki amerykańska firma Spectronic Instruments Inc. (poprzednio SLM Instruments) ustanowiła nagrodę pod nazwą: Nagroda Jabłońskiego. Laureatem pierwszego konkursu tej Nagrody został Gregorio Weber za swe prace, które pokazały ogromne znaczenie badań nad fluorescencją dla rozwoju współczesnej biologii.

Gregorio Weber urodził się w Buenos Aires, gdzie też ukończył studia fizyki. W 1947 r. doktoryzował się na Uniwersytecie Cambridge i prowadził tam badania do roku 1953. W latach 1953–62 pracował na Wydziale Biochemii Uniwersytetu w Sheffield, skąd wyjechał do Stanów Zjednoczonych.

Jego prace badawcze dotyczyły zarówno podstawowych, jak i stosowanych aspektów fluorescencji, a mianowicie podstaw fotofizyki, rozwoju aparatury pomiarowej i metod analizy danych, jak również badań struktury i dynamiki białek oraz membran. Opisał m.in. rotacyjną dyfuzję białek, sformułował prawo sumowania polaryzacji fluorescencji, scharakteryzował nadfioletową fluorescencję aromatycznych aminokwasów, zidentyfikował nanosekundowe fluktuacje strukturalne białek (używając metody wygaszania tlenem) oraz zastosował wysokociśnieniową spektroskopię fluorescencyjną do badań membran biologicznych i agregatów białek, wraz z wirusami. Prace prof. Webera znalazły szerokie zastosowanie w dziedzinie chemii białek, chemii klinicznej, genetyce, biofizyce membran i mikroskopii, oraz miały ważne znaczenie dla zrozumienia procesów zachodzących w żywych komórkach.

Profesor Gregorio Weber zmarł 18 lipca 1997 r.

Sponsorami drugiej z kolei Nagrody Jabłońskiego są: Biological Fluorescence Group of the Biophysical Society i Spectronic Instruments Inc. Laureat drugiego konkursu Nagrody Jabłońskiego zostanie wyłoniony podczas międzynarodowej konferencji „The Jabłoński Centennial Conference on Luminescence and Photophysics”, która odbędzie się w Toruniu w dniach 23–27 lipca 1998 r. W skład Jury wchodzi: dr J.B. Alexander Ross (USA) – przewodniczący, prof. Danuta Frąckowiak (Polska), prof. Zbigniew R. Grabowski (Polska), prof. Saburo Nagakura (Japonia) i dr Robert Fugate (Spectronic Instruments Inc.).

Laureat Nagrody otrzyma pamiątkową plakietkę oraz 2500 USD, a podczas Konferencji wygłosi specjalny Wykład Laureata (Award Lecture). Kandydatów do Nagrody można zgłaszać do przewodniczącego Jury na adres: Dr. J.B. Alexander Ross, Department of Biochemistry, Box 120, Mount Sinai School of Medicine, 1 Gustave L. Levy Place, New York, N.Y. 10029, USA; adres elektroniczny: sross@smtpink.mssm.edu. Termin nadsyłania wniosków – 15 maja 1998 r.

Józefina Turko

Superpomiar częstości optycznej

Theodor Hänsch ze współpracownikami z Instytutu Optyki Kwantowej Maksa Plancka w Garching pod Monachium dokonał pomiaru częstości przejścia 1S–2S w wodrze z dokładnością względną 3×10^{-13} (T. Udem i in., *Phys. Rev. Lett.* **79**, 2646 (1997)). Jest to rekordowo dokładny pomiar częstości w widzialnym i nadfioletowym zakresie widma, a w stosunku do najlepszych dotychczasowych pomiarów częstości przejścia 1S–2S daje blisko stukrotny wzrost dokładności!

Dokładny pomiar częstości przejścia w dziedzinie widzialnej i nadfioletu nie jest rzeczą łatwą. W dziedzinie fal radiowych i mikrofal można bardzo dokładnie mierzyć częstość (z dokładnością względną dochodzącą do 10^{-14}) przez elektroniczne zliczanie drgań. Tak właśnie działają „zegary atomowe” – wzorzec sekundy wykorzystuje pomiar częstości przejścia nadsubtelnego w cezie o częstości ok. 9 GHz. Podejście to nie daje się jednak zastosować dla znacznie większych częstości przejść optycznych. Standardową metodą jest w tym zakresie zliczanie prążków interferencyjnych, lecz na tej drodze nie daje się uzyskać lepszej dokładności niż rzędu 10^{-10} .

Dokładność ta nie jest wystarczająca, jeśli myśleć o zegarach wykorzystujących przejścia w dziedzinie optycznej. A myśleć warto, bo, jak mówi Hänsch: „Korzystając z cezowego zegara atomowego o częstości 10^{10} Hz, trzeba czekać godzinami na pomiar czasu z dokładnością do 10^{-14} , a mając zegar wykorzystujący przejście optyczne, uzyskiwalibyśmy dokładność 10^{-15} w ciągu sekundy”. Niezwykle stabilne lasery o bardzo wąskich liniach już mamy, główna trudność to właśnie dokładny bezwzględny pomiar ich częstości.

Od dawna trwają próby rozwiązania tego problemu na drodze powiązania częstości z dziedziny optycznej z częstością wzorca cezowego przez zbudowanie całego „łańcucha częstości”, w którego poszczególnych ogniwach porównuje się częstości bliskie siebie. Najtrudniej dokonać tego w zakresie najwyższych częstości, między dziedziną widzialną a podczerwienią. Fizycy z Garching zastosowali tu nowe rozwiązanie, polegające na wytwarzaniu drgań o częstości będącej średnią arytmetyczną dwóch częstości, które mają być porównane. Wielokrotne zastosowanie tego podejścia pozwala sprowadzić badaną różnicę częstości do zakresu mikrofal, gdzie można już użyć standardowej metody zliczania. W omawianym doświadczeniu użyto pięciu takich „dzielników częstości”

dla porównania częstości lasera wzbudzającego przejście 1S–2S w wodorce z częstością lasera helowo-neonowego o długości fali $3.39 \mu\text{m}$, wykalibrowanego względem wzorca cezowego z dokładnością do 3×10^{-13} .

Prace Hänscha i współpracowników prowadzone są głównie z myślą o zastosowaniach metrologicznych, lecz uzyskanie tak dużej dokładności może być również wykorzystane do celów bardzo podstawowych. Już od czasów Diraca spekuluje się o ewentualnej zmienności w czasie podstawowych stałych fizycznych. Dokładność pomiarów Hänscha jest tak duża, że wystarczy po prostu powtórzyć pomiar za rok, by uzyskać informacje na temat zmienności (czy stałości) stałej struktury subtelnej lepsze od dostępnych dziś danych pochodzenia astrofizycznego.

Daniel Kleppner z MIT w rozmowie z redaktorem *Physics Today* powiedział: „Nie ma w USA laboratorium, w którym można by powtórzyć pomiar Hänscha przy obecnym poziomie finansowania nauki. Stany Zjednoczone były niegdyś liderem w dziedzinie rozwoju zegarów atomowych. W wyniku spadku nakładów na badania utraciliśmy tę pozycję na rzecz Niemiec i Francji. Prace dotyczące częstości optycznych są doskonałym przykładem, jak nowe rozwiązania techniczne biorą się wprost z badań podstawowych”.

Hänsch jest optymistą: „W celu udostępnienia naszej metody innym laboratorium chcemy zastąpić wszystkie nasze duże i drogie lasery barwnikowe małymi laserami półprzewodnikowymi. W najnowszej wersji układu wykorzystujemy już lasery diodowe w dzielnicach częstości. Zbudowaliśmy do tego celu specjalne lasery półprzewodnikowe stabilizowane za pomocą siatek dyfrakcyjnych. Lasery te są już oferowane do sprzedaży przez jedną z firm niemieckich”.

Phys. Today 50, nr 12 (1997)

M. Ł.

FNP pomaga bibliotekom

Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej (FNP) prowadzi – wśród licznych działań wspierających naukę – wieloletni program Librarius. Celem tego programu jest poprawa bazy technicznej bibliotek naukowych w Polsce, szczególnie w szkołach wyższych. Fundacja subwencjonuje zakupy wyposażenia technicznego bibliotek oraz wspiera finansowo końcowe etapy inwestycji budowlanych lub adaptacyjnych. Program nie obejmuje uzupełniania zbiorów, prenumeraty czasopism, ani komputeryzacji bibliotek. Do końca 1997 r. przyjęto do realizacji 58 wniosków na łączną kwotę 15 mln zł.

W 1997 r. zaakceptowano 20 wniosków, przeznaczając na ich realizację 6 mln zł. Wśród bibliotek, które w 1997 r. uzyskały subwencję z FNP, bezpośrednio związana z fizyką jest Biblioteka Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego. Za uzyskaną z FNP sumę 172 tys. zł biblioteka ta zakupiła przesuwane regały do trzech pomieszczeń (umożliwiające znacznie lepsze wykorzystanie posiadanej przestrzeni), przeprowadziła adaptację tych pomieszczeń oraz zakupiła i zainstalowała systemy antywłamaniowe.

Wnioski o dofinansowanie z programu Librarius można składać przez cały rok. Będą one rozpatrywane co najmniej dwa razy do roku. Adres elektroniczny Fundacji: fnp@fnp.org.pl; Internet: <http://www.fnp.org.pl>.

B. W.

Europejskie czasopismo fizyczne

Dwa czołowe europejskie, wieloseryjne czasopisma fizyczne: *Zeitschrift für Physik* i *Journal de Physique* połączyły się i wychodzą od 1998 r. jako *European Physical Journal*. Celem tego połączenia jest zapewne stworzenie przeciwwagi dla czasopisma Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego *Physical Review*, które fizycy uważają za najbardziej prestiżowe. Trzeba tu zaznaczyć, że udział nieamerykańskich prac publikowanych w *Physical Review* rośnie – w 1990 r. wynosił 40%, w 1996 r. już 65%.

Journal de Physique ma już 125-letnią historię. W 1872 r. grono fizyków francuskich zaczęło wydawać *Journal de Physique, théorique et appliquée*. Zamierzeniem założycieli było „dać nowy impuls badaniom fizyki przez przedstawianie najnowszych lub najmniej znanych teorii, opisywać doświadczenia, na których one się opierają, wskazywać najłatwiejsze sposoby powtórzenia tych doświadczeń”. Początkowo czasopismo miało charakter analityczny, publikowało też artykuły przeglądowe (głównie referaty ze spotkań Francuskiego Towarzystwa Fizycznego). Od początku wieku zaczynają dominować prace oryginalne. W 1920 r. połączyło się z wychodzącym od 1904 r. *Le Radium* i zmieniło tytuł na *Le Journal de Physique et le Radium*, a od 1963 r. ukazywało się jako *Journal de Physique*.

Zeitschrift für Physik, czasopismo Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego (DPG), zaczęło ukazywać się w 1920 r., a wyłoniło się z wychodzących od 1882 r. *Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft*. Ostatnio wydawane było przez Springer Verlag we współpracy z DPG.

„Europa potrzebuje kanału publikowania, który odzwierciedlałby rosnącą współpracę europejską” – powiedział ostatni redaktor *Journal de Physique* Denis Jérôme. Ma on nadzieję, że z *European Physical Journal* połączą się w przyszłości inne narodowe czasopisma fizyczne. Jak dotychczas, wieloseryjne pismo brytyjskiego Instytutu Fizyki *Journal of Physics* nie wyraziło jeszcze chęci włączenia się w europejskie wydawnictwo fizyczne.

European Physical Journal wychodzi w 5 seriach: hadrony i jądra (A), fizyka materii skondensowanej (B), cząstki i pola (C), atomy, cząsteczki, zlepki (klastery) (D), fizyka stosowana (*EPJ – Applied Physics*). Językiem publikacji jest w zasadzie angielski, ale w uzasadnionych przypadkach redakcja może również zaakceptować prace w innym europejskim języku. W Internecie *EPJ* jest dostępny pod: <http://www.ed-phys.fr> lub <http://link.springer.de>. Firmami wydającymi czasopismo są wspólnie Springer Verlag i Les Editions de Physique.

Phys. Today 51, nr 1 (1998)

B. W.

Joaquin M. Luttinger (1924 – 1997)

Dnia 6 kwietnia 1997 r. zmarł w Nowym Jorku Joaquin M. Luttinger. W grudniowym numerze *Physics Today* ukazało się obszerne wspomnienie o nim pióra jego długoletnich przyjaciół i znakomych współpracowników – P.W. Andersona, R.M. Friedberga oraz W. Kohna. Nie miałem nigdy okazji spotkać Luttingera i przekonać się osobiście o opisywanej przez nich jego wielkiej kulturze osobistej, poczuciu humoru i talentach towarzyskich, odsyłam więc zainteresowanych do tekstu w *Physics Today*. Dla mnie Luttinger był postacią niemal mityczną, jednym z tytanów kwantowej fizyki wielu ciał i fizyki ciała stałego. Z jego nazwiskiem zetknąłem się pierwszy raz na studiach, blisko czterdzieści lat temu, gdy zgłębiałem tajniki teorii masy efektywnej w półprzewodnikach o złożonej strukturze pasmowej. Później poznawałem coraz to nowe prace Luttingera z bardzo rozmaitych dziedzin i nie mogłem się nadziwić jego wszechstronności. Większość jego prac należy do teorii materii skondensowanej, używając dzisiejszej terminologii, ale w początkach kariery naukowej miał także osiągnięcia w elektrodynamice kwantowej i teorii cząstek elementarnych.

Luttinger ukończył prestiżową uczelnię amerykańską MIT w Bostonie, uzyskując w 1947 r. stopień doktorski; jego rozprawa doktorska dotyczyła teorii antyferromagnetyzmu. Pochodził z Austrii i może dlatego odbył staż podoktorski w Europie w grupie Wolfganga Pauliego w Zurychu. Tam, niemal równocześnie z Julianem Schwingerem, ale niezależnie od niego, wykonał obliczenia anomalnego momentu magnetycznego elektronu. Po powrocie do USA pracował kolejno w różnych instytucjach naukowych, m.in. na Uniwersytetach stanów Wisconsin, Michigan i Pensylwania, by w 1960 r. osiąść na stałe na nowojorskim Uniwersytecie Columbia. Odbył też kilka wizyt naukowych jako profesor-gość w Ecole Normale Supérieure w Paryżu oraz na Uniwersytecie Rockefellera w Nowym Jorku. Niezmiernie ważne dla całej dalszej drogi naukowej Luttingera okazały się kilkunastokrotne letnie pobyty naukowe w Bell Telephone Laboratories. Tam nawiązał długoletnią współpracę naukową w pierwszym rządzie z Walterem Kohnem, ale także z Philipem Andersonem, Melvinem Laxem, Conysem Herringiem, Philippem Nozièerem i Johnem Wardem.

Prace Luttingera, wykonane częściowo wspólnie z Kohnem, stworzyły zasadnicze ramy teoretyczne dla całej współczesnej elektroniki półprzewodnikowej. Po pierwsze, stworzyli oni teorię masy efektywnej – precyzyjny opis dynamiki pojedynczego nośnika prądu, elektronu lub dziury w periodycznej sieci krystalicznej w obecności wolno zmiennych pól elektrycznych i magnetycznych. Po wtóre, podali kwantowe wyprowadzenie równania Boltzmanna, używanego do statystycznego opisu gazu elektronów i dziur w kryształach metali i półprzewodników. Pozwoliło to poznać postać poprawek kwantowych do tego równania, które okazały się niezbędne przy opisie niektórych zjawisk przenoszenia (transportu).

Luttinger bardzo poważnie przyczynił się do rozwoju kwantowej teorii wielu ciał; wystarczy wspomnieć tożsamość Luttingera-Warda, czy twierdzenie Luttingera o objętości zawartej wewnątrz powierzchni Fermiego dla oddziałujących elektronów, czy też ściśle uzasadnienie (wraz z Kohnem, Nozièerem i Wardem) teorii Landaua cieczy Fermiego w dowolnym rzędzie rachunku zaburzeń względem oddziaływania.

W ostatnich latach bardzo wiele się mówi o tzw. cieczy Luttingera (patrz np. *Postępy Fizyki* 48, 415 (1997)). W 1963 r. Luttinger podał ścisły opis w jednym wymiarze układu oddziałujących fermionów o liniowym prawie dyspersji. Okazało się, że własności takiego układu w drastyczny sposób odbiegają od standardowych wyobrażeń opartych na teorii Landaua. Okazuje się, że występują w nim dwa typy wzbudzeń elementarnych – nafałdowane wzbudzenia bezspinowe i neutralne wzbudzenia spinowe. Model cieczy Luttingera ma bezpośrednie zastosowanie do opisu jednowymiarowych przewodników i tzw. prądów krawędziowych w kwantowym zjawisku Halla, ale ostatnio coraz więcej fizyków wierzy, że jego dwuwymiarowy wariant może być użyteczny przy opisie nadprzewodników wysokotemperaturowych.

Jak napisali w *Physics Today* jego przyjaciele, choć okres największej płodności naukowej Luttingera przypadł na czas rozwoju klasycznego kanonu kwantowej fizyki wielu ciał, to przyczynił się on nie tylko do powstania tego kanonu, ale i do jego współcześnie zachodzącej krytycznej weryfikacji. Prace Luttingera, wyróżniające się zarówno ścisłością matematyczną, jak i jasnością sformułowań, na długo pozostawią ślad w fizyce materii skondensowanej.

Jan Blinowski

Aleksander Zawadzki (1918 – 1997)

W dniu 10 października 1997 r. zmarł w Paryżu Aleksander Zawadzki, były profesor Uniwersytetu Łódzkiego, Instytutu Badań Jądrowych i Collège de France, twórca ośrodka fizyki promieniowania kosmicznego w Łodzi, uhonorowany wieloma odznaczeniami państwowymi i resortowymi, laureat Nagrody miasta Łodzi, światowy autorytet naukowy w dziedzinie badań nad promieniowaniem kosmicznym, członek Łódzkiego Towarzystwa Naukowego i Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Aleksander Zawadzki urodził się 18 maja 1918 r. w Łodzi. Jego działalność naukowa poprzedzona była trzyletnimi studiami (przerwanymi wojną) na Wydziale Nauk Ścisłych Uniwersytetu Paryskiego i Wydziale Nauk Ścisłych Uniwersytetu w Bordeaux, gdzie uzyskał Certificat de Mathématiques Générales i Certificat de Physique Générale. Studia kontynuował po wojnie na nowo powstałym Uniwersytecie Łódzkim, podejmując jednocześnie pracę na stanowisku młodszego asystenta w kierowanej przez prof. Mariana Grotowskiego Katedrze Fizyki Doświadczalnej.

W opinii prof. Grotowskiego „Aleksander Zawadzki jest jednym z najzdolniejszych fizyków młodego pokolenia

w Polsce, zasługującym na szczególną opiekę i ułatwienia w pracy badawczej jako bardzo dobry znawca przedmiotu, o twórczym umyśle". Dzięki tym cechom i wielkiemu zaangażowaniu Zawadzki przechodzi przez wszystkie stopnie zawodowe pracownika naukowego, uzyskując w 1964 r. tytuł profesora nadzwyczajnego.



Aleksander Zawadzki.

W początkowym okresie zajmuje się sprawami dydaktyki, pracami organizacyjno-administracyjnymi Katedry oraz przygotowaniem do pracy naukowej. Tym sprawom poświęcił wiele pracy i umiejętności.

We wrześniu 1948 r. na Międzynarodowej Konferencji w Anglii przedstawił wzbudzający duże zainteresowanie i uznanie projekt spektrometru do pomiaru masy mezonu w skrzyżowanych polach elektrycznym i magnetycznym. Projekt ten wiązał się z faktem pojawienia się kontrowersji, wynikającej z istnienia dwóch cząstek w tym obszarze mas: mezonu π i mionu. Projekt, z uwagi na ówczesne trudności techniczne w Polsce, nie został w pełni zrealizowany, a opracowana część detekcyjna stała się podstawą do budowy hodoskopu, służącego do badania wielkich pęków atmosferycznych promieniowania kosmicznego. Tak więc z inspiracji Aleksandra Zawadzkiego powstał w Łodzi ośrodek zajmujący się badaniem promieniowania kosmicznego, skupiający grupę pracowników Katedry Fizyki Doświadczalnej UŁ i pracowników powstałego w 1956 r. Oddziału Łódzkiego Instytutu Badań Jądrowych. Ośrodkiem tym Zawadzki kierował przez wiele lat i doprowadził go do rangi ośrodka liczącego się w skali światowej.

W czasie pobytu w Paryżu nawiązał kontakt naukowy z prof. Rolandem Mazem z Laboratoire de Physique Cosmique. Wspólnie postawili hipotezę o istnieniu w pierwotnym promieniowaniu kosmicznym wysokoenergetycznych fotonów. Słuszność tej hipotezy została potwierdzona doświadczalnie za pomocą rozbudowanej w Łodzi aparatury. Liczne publikacje i referaty na światowych kongresach przyniosły Zawadzkiemu i kierowanemu przez niego ośrodkowi duże uznanie, czego wyrazem są liczne wizyty fizyków zagranicznych i organizowane w Łodzi konferencje.

Aleksander Zawadzki był znany nie tylko jako twórca ośrodka, wieloletni jego kierownik i inspirator badań. Dużo czasu i energii poświęcał sprawom dydaktyki i organizacji Katedry i Uniwersytetu Łódzkiego. Po śmierci prof. Grotowskiego, gdy kierownikami Katedry byli kolejno prof. Stanisław Rouppert i prof. Ludwik Natanson (dojeżdżający z Warszawy), faktycznie większość obowiązków spadała na prof. Zawadzkiego, który był rzecznikiem spraw Katedry na forum Uniwersytetu. Wyrazem tego jest opinia prof. Adama Szpunara, rektora UŁ: „Aleksander Zawadzki wyróżnia się wieloma zdolnościami, sumiennością i rzetelnością w pracy naukowej. Jest bez reszty oddany Uniwersytetowi – we wszystkich sprawach dotyczących fizyki kierownictwo uczelni polega na jego energii, zdolnościach organizacyjnych i pracowitości”. Przez okres kilku miesięcy zastępował prorektora UŁ ds. nauki.

Na dalszą działalność Zawadzkiego decydujący wpływ wywarły sprawy rodzinne. W związku z poważną chorobą siostry mieszkającej w Paryżu wyjeżdża we wrześniu 1968 r. do Francji. Prośbę o przedłużenie bezpłatnego urlopu władze Instytutu Badań Jądrowych i Uniwersytetu Łódzkiego załatwiły odmownie, zwalniając go z dniem 3 grudnia 1968 r. Po śmierci siostry w 1969 r. Zawadzki podjął pracę u prof. Maze'a i w Collège de France, służąc nadal ośrodkowi łódzkiemu zarówno radami, jak i pomocą w utrzymywaniu współpracy z ośrodkiem paryskim.

Profesor Zawadzki całą swoją działalnością zapisał się chlubnie w dziejach łódzkiego ośrodka badań promieniowania kosmicznego, zarówno jako człowiek, jak i naukowiec. Senat Uniwersytetu Łódzkiego docenił tę działalność, nadając mu w 1995 r. medal w uznaniu zasług dla Uczelni – symboliczną rekompensatę za poniesione krzywdy moralne.

Gorący patriota, szlachetny człowiek i dociekliwy naukowiec, był wzorem do naśladowania dla licznej grupy wychowanków i współpracowników. Praca pod jego kierunkiem przynosiła im wielki zaszczyt.

Ryszard Firkowski

KALENDARZ IMPREZ

Informacje podajemy w następującej kolejności: data i miejsce imprezy, nazwa, instytucje organizujące, nazwisko osoby, która może udzielić bliższych informacji, Z – termin nadsyłania zgłoszeń, A – termin nadsyłania streszczeń, P – przewidziane wydanie materiałów, U – liczba uczestników, O – wysokość opłaty konferencyjnej, język (jeśli inny niż polski).

1998

22 – 25 kwietnia 1998, Warszawa

5th Int. Symp. on Systems with Fast Ionic Transport

Inst. Fizyki Pol. Warszawskiej; prof. F. Krok, IF PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, adr.el.: fkrok@mp.pw.edu.pl.

P, U: 100, O: 300 USD, ang.

10 – 13 maja 1998, Jurata

7th Spring School on Acousto-Optics and Applications

Inst. Fizyki Doświadczalnej UG; dr Bogumił Linde, IFD UG, Wita Stwosza 57, 80-952 Gdańsk, tel.: (58) 529213, fax: (58) 413175, adr.el.: fizas@univ.gda.pl lub fizbl@univ.gda.pl.

O: 550 USD (łącznie z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

10 – 13 maja 1998, Nałęczów

V Polish Conf. on Crystal Growth

Inst. Fizyki i Katedra Inżynierii Materiałowej PL, Polskie Towarzystwo Wzrostu Kryształów; mgr Tatiana Pałczyńska, IF PL, Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, tel.: (81) 5257051 w. 29, fax: (81) 5259385, adr.el.: pccg@antenor.pol.lublin.pl.

Z: 1.3.98, A: 1.3.98, U: 100, O: 550 zł uczestnik, 450 zł osoba towarzysząca, ang.

18 – 22 maja 1998, Borki

5th Int. Conf. on Computer Graphics and Image Processing (GKPO '98)

Inst. Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej oraz Pol. Śląska; GKPO '98, IPI PAN, Ordonia 21, 01-237 Warszawa, fax: (22) 376564, informacje: <http://www.ipipan.waw.pl/MGV/GKPO98.html>.

ang.

20 – 24 maja 1998, Łądek Zdrój

11. Sympozjum Maxa Borna – Anomalous Diffusion, Theory, Simulations

Inst. Fizyki Teoretycznej Uniw. Wrocławskiego i Inst. Fizyki Doświadczalnej Uniw. Warszawskiego; prof. Andrzej Pękalski, IFT UW, Pl. Maksy Borny 9, 50-204 Wrocław, adr.el.: mborn11@ift.uni.wroc.pl; informacje: <http://www.ift.uni.wroc.pl/mborn11>.

P, U: 80, ang.

25 – 29 maja 1998, Kazimierz Dolny

Int. Conf. on Colorimetry

Sekcja Polska SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; IOS, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, fax: (22) 133265, adr.el.: iosto@atos.warman.com.pl.

Z: 15.3.98, A: 15.3.98, P, O: 250 USD (wraz z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

26 – 30 maja 1998, Toruń

XXX Symp. on Mathematical Physics with special session: „Dynamical Systems: from Integrability to Chaos”

Inst. Fizyki UMK; M. Michalski, IF UMK, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń, tel.: (56) 22367, fax: (56) 25397, adr.el.: romp@phys.uni.torun.pl; informacje: <http://www.phys.uni.torun.pl/~romp98/>.

Z: 3.4.98, P, O: 130 USD, ang.

26 – 30 maja 1998, Kraków

Conf. on the Structure of Mesons, Baryons and Nuclei

Inst. Fizyki Jądrowej Kraków, Forschungszentrum Jülich, Inst. Fizyki UJ; Stanisław Drozd, IFJ, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, adr.el.: structure98@ifj.edu.pl; informacje: <http://www.ifj.edu.pl/structure98>.

Z: 31.3.98, P, U: 150, O: 300 USD (z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

30 maja – 2 czerwca 1998, Kraków

MESON 98 – Workshop on Production, Properties and Interaction of Mesons

Inst. Fizyki UJ, Forschungszentrum Jülich, GSI Darmstadt; Andrzej Magiera, IF UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków, adr.el.: meson98@jetta.if.uj.edu.pl; informacje: <http://www.if.uj.edu.pl/meson98>.

Z: 31.3.98, P, U: 150, O: 3000 USD (z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

6 – 7 czerwca 1998, Ustroń-Jaszowiec

Przed szkole Fizyki Półprzewodników

Inst. Fizyki PAN; prof. J. Kossut, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: (22) 8437001 w. 3193, fax: (22) 8430926, adr.el.: kossut@ifpan.edu.pl.

7 – 12 czerwca 1998, Ustroń-Jaszowiec

XXVII Int. School on Physics of Semiconducting Compounds

Inst. Fizyki PAN, Wydz. Fizyki UW, Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN; dr W. Szuszkiewicz, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: (22) 8435626, fax: (22) 8430926, adr.el.: szusz@ifpan.edu.pl.

U: 250, ang.

14 – 20 czerwca 1998, Jaszowiec

4th Int. School and Symp. on Synchrotron Radiation in Natural Science

Polskie Towarzystwo Promieniowania Synchrotronowego; dr hab. K. Ławniczak-Jabłońska, Inst. Fizyki PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: (22) 8437001 w. 3384, fax: (22) 8430926, adr.el.: synchro@ifpan.edu.pl, informacje: http://info.ifpan.edu.pl/pelkay/issrns_98.html.

P, U: 130, O: 300 USD, ang.

17 – 19 czerwca 1998, Kazimierz Dolny

II Int. Symp. on Ion Implantation and Other Applications of Ions and Electrons – ION '98

Inst. Fizyki UMCS, Pol. Lubelska, Pol. Wrocławska; dr Janusz Zinkiewicz, IF UMCS, tel.: (81) 5376257, fax: (81) 5376191, adr.el.: zinkiew@tytan.umcs.lublin.pl lub dr Paweł Węgierek, Pol. Lubelska, tel/fax: (81) 5256972, adr.el.: mario@elektron.pol.lublin.pl.

Z: 15.3.98, A: 30.4.98, P, U: 100, O: 220 USD, ang., ros., pol.

30 czerwca – 4 lipca 1998, Warszawa

Nuclear Physics Close to the Barrier

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów UW, Inst. Fizyki Doświadczalnej UW, Inst. Problemów Jądrowych; Anna Stolarz, ŚLCJ UW, tel.: (22) 6582021, fax: (22) 6592714, adr.el.: conf@slcj.uw.edu.pl, informacje: <http://www.slcj.uw.edu.pl/~conf>.

Z: 30.4.98, A: 30.3.98, P, U: ok. 130, O: 280 USD, ang.

30 czerwca – 2 lipca 1998, Poznań

XII Konferencja: Nauczanie Fizyki w Wyższych Szkołach Technicznych

Wydział Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej; prof. Mirosław Drozdowski, WFT PP, Piotrowo 3, 60-965 Poznań, tel.: (61) 8782325, fax: (61) 8782324.

23 – 27 lipca 1998, Toruń

The Jabłoński Centennial Conference on Luminescence and Photophysics

Inst. Fizyki UMK; prof. J.S. Kwiatkowski, IF UMK, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń, tel. (56) 21065, fax: (56) 25397, adr.el.: lum98@phys.uni.torun.pl.

Z: 31.3.98, A: 15.4.98, P, ang.

1 – 5 września 1998, Zakopane

32nd Solid Mechanics Conf. (SolMec '98)

IPPT PAN i Komitet Mechaniki PAN; prof. Zenon Mróz, IPPT PAN, SolMec '98, Świętokrzyska 21, 00-049 Warszawa, tel.: (22) 8277571, fax: (22) 8269815, adr.el.: solmec98@ippt.gov.pl.

O: 300 USD, ang.

6 – 11 września 1998, Jaszowiec

Int. Conf. on Extended Defects in Semiconductors
Inst. Fizyki PAN, Georg-August-Universität, Getynga; Halina Granat, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: (22) 8436034, fax: (22) 8430926, adr.el.: granat@ifpan.edu.pl, informacje: http://info.ifpan.edu.pl/pelkay/eds_98.html.

Z: 31.3.98, A: 31.3.98, P, O: 320 USD (z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

7 – 10 września, Łódź

Eurotherm Seminar on Quantitative Infrared Thermography (QIRT '98)

Inst. Elektroniki PŁ i Polski Komitet Optoelektroniki SEP; QIRT '98, Inst. Elektroniki PŁ, Stefanowskiego 18/22,

90-924 Łódź, tel.: (42) 312637, fax: (42) 362238, adr.el.: qirt98@ck-sg.p.lodz.pl.

Z: 15.3.98, A: 8.9.98, O: 300 ECU, ang.

10 – 15 września 1998, Ustroń

22nd Int. School on Theoretical Physics – Quantum Coherence in Superconductors and Nanostructures

Zakład Fizyki Teoretycznej IF UŚI, Inst. Fizyki PAN, Inst. Fizyki UAM; prof. Elżbieta Zipper, Inst. Fizyki UŚI, Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, tel.: (32) 588211 w. 1409, fax: (32) 588431, adr.el.: thschool@us.edu.pl, informacje: <http://server.phys.us.edu.pl/thschool/>.

Z: 30.6.98, A: 30.5.98, P, U: 70, ang.

13 – 19 września 1998, Jaszowiec

III Int. School and Symp. on Physics in Material Science – Modifications and Characterization of Materials Using Nuclear Methods

Inst. Energii Atomowej; prof. A. Czachor, IEA, 05-400 Świerk-Otwock, tel.: (22) 7798805, fax: (22) 7793888, adr.el.: isspms@cyf.gov.pl.

A: 30.6.98, P, U: 120, O: ok. 200 USD, ang.

15 – 18 września 1998, Gdańsk

Krajowy Kongres Metrologii (KKM '98)

Politechnika Gdańska; dr hab. Ryszard Roskosz, PG, Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk, tel.: (58) 471397, fax: (58) 471726, adr.el.: kongres@ely.pg.gda.pl, informacje: <http://www.ely.pg.gda.pl/kongres/>.

A: 15.3.98, O: 600 zł (z wyżywieniem), ang. i pol.

24 – 27 września 1998, Szczyrk

Dielectric and Related Phenomena '98

Pol. Łódzka Filia w Bielsku-Białej, Inst. Polimerów, Inst. Fizyki PŁ; dr inż. Elżbieta Targosz-Wrona, PŁ Filia w Bielsku-Białej, Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, tel.: (33) 27400, (33) 29224 w. 29, fax: (33) 123502, adr.el.: awlo@merc.pb.bielsko.pl; informacje: <http://www.power.inms.nrc.ca/deis/other/drp98.htm>.

A: 15.4.98, P, ang.

12 – 16 października 1998, Zakopane

Int. Conf. on Solid State Crystals

Inst. Fizyki Technicznej WAT; IFT WAT, Kaliskiego 2, 01-489 Warszawa, tel.: (22) 6859558 lub (22) 6859109, fax: (22) 6669041, adr.el.: zielj@wat.waw.pl.

P, ang.

NOWE KSIĄŻKI

- G.H. Hardy, *Apologia matematyka*, z jęz. angielskiego tłum. Marek Fedyszak; Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, s. 104, cena 17.50 zł.
- J.J. Binney, N.J. Dowrick, A.J. Fisher, M.E.J. Newman, *Zjawiska krytyczne – wstęp do teorii grupy renormalizacji*, z jęz. angielskiego tłum. Grzegorz Musiał i Piotr Pawlicki; PWN, Warszawa 1998, s. 488, cena 37.00 zł.
- Siegmund Brandt, *Analiza danych – metody statystyczne i obliczeniowe*, z jęz. angielskiego tłum. Lech Szymanowski; PWN, Warszawa 1998, s. 728 + płyta

CD-ROM.

- Juliusz Domański, Józefina Turło, *Nieobliczeniowe zadania z fizyki*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, s. 212, cena 14.00 zł.
- Roger Penrose, *Makroświat, mikroświat i ludzki umysł*, z jęz. angielskiego tłum. Piotr Amsterdamski; Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, s. 181, cena 15 zł.
- Susan Quinn, *Życie Marii Curie*, z jęz. angielskiego tłum. Anna Soszyńska; Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, s. 644, cena 28 zł.

WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1998 r. wynosi 13,50 zł za pół roku, 27,00 zł za rok. Prenumeratę można zamówić za pośrednictwem:

I. RUCH-u

1. Wpłaty na prenumeratę przyjmują jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. Dostawa egzemplarzy następuje w uzgodniony sposób.
2. Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej. Wpłaty przyjmuje „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy na konto w PBK SA XIII O/Warszawa nr 11101053-16551-2700-1-67 lub w kasach Oddziału. Dostawa odbywa się pocztą zwykłą, z wyjątkiem zlecenia dostawy pocztą lotniczą, której koszt w pełni pokrywa zamawiający.
3. Terminy przyjmowania wpłat od osób zamieszkałych w kraju: do 5 grudnia – na I półrocze roku następnego, do 5 czerwca – na II półrocze roku bieżącego (prenumerata krajowa) oraz do 20 listopada – na I półrocze roku następnego, do 20 maja – na II półrocze roku bieżącego (prenumerata zagraniczna).
4. Zlecenia na prenumeratę dewizową, przyjmowane od osób zamieszkałych za granicą, realizowane są od dowolnego numeru w danym roku kalendarzowym.

II. ZARZĄDU GŁÓWNEGO PTF

Prenumeratę można także zamówić w Zarządzie Głównym PTF, drogą wpłaty na konto ZG PTF w PKO BP IX O/Warszawa nr 10201097-335245-270-1-111 lub w Biurze Zarządu Głównego PTF. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową na wskazany adres.

III. ODDZIAŁÓW PTF

Prenumeratę można zamówić również w oddziale PTF. Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 20% zniżki. W przypadku, gdy oddział zamawia liczbę egzemplarzy przekraczającą 50% liczby członków, zniżka wynosi 30%. Taka sama zniżka (30%) przysługuje studentom, niezależnie od odsetka prenumeratorów w danym oddziale. Dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem oddziału PTF.

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Komitet Redakcyjny prosi autorów o opracowywanie materiałów przeznaczonych do druku w *Postęпах Fizyki* zgodnie z podanymi niżej wytycznymi:

1. Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być przystępne dla ogółu fizyków. Bardziej szczegółowe wskazówki co do ich charakteru przedstawione są w *Postęпах Fizyki* **24**, 701 (1973); **33**, 299 (1982). O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.
2. Maszynopisy pracy (**oryginał i jedną pełną – z rysunkami, tabelami itd. – kopię**) należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. W liście towarzyszącym prosimy podać dokładny adres (również komputerowy) do dalszej korespondencji.
3. Maszynopis winien być napisany **na arkuszach formatu A4 jednostronnie, z podwójną interlinią** (nie więcej niż 30 wierszy na stronie) i marginesem 3.5 cm z lewej strony.
4. Rysunki należy wykonać starannie na oddzielnych arkuszach w rozmiarze 2 do 4 razy większym niż mają być w druku. Napisy, ograniczone do minimum, winny być czytelne i tylko w języku polskim. Na odwrocie rysunku należy podać jego numer, nazwisko autora i pierwsze wyrazy tytułu pracy. Podpisy do rysunków, tabele (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.
5. Układ strony tytułowej (tytuł polski, angielski, streszczenie angielskie, ...), tekstu, odnośników literaturowych itd. powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły np. w tym numerze).
6. *Postępy Fizyki* są składane komputerowo. Aby skrócić cykl wydawniczy prosimy autorów przygotowujących swe artykuły na komputerach o nadsyłanie, **wraz z maszynopisami**, tekstów artykułów pocztą elektroniczną (nasz adres: postepy@fuw.edu.pl) lub na dyskietkach, najlepiej w T_EX-u, w formacie MeX. Redakcja gwarantuje zwrot dyskietek natychmiast po skopiowaniu zapisów.
7. Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej.
8. Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

POSTĘPY FIZYKI (ADVANCES IN PHYSICS), founded in 1949, is published bimonthly in Polish with abstracts in English by the Polish Physical Society with a support of the Polish State Research Committee and the Physics Faculty of the Warsaw University.

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributor or directly to „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, Poland.

SPIS TREŚCI

CONTENTS

STULECIE ODKRYCIA POLONU I RADU

M. Skłodowska-Curie – Poszukiwania nowego metalu w pechblendzie	63
J. Pniewski – Maria Skłodowska-Curie (1867 – 1934)	69
J. Hurwic – Sylwetka naukowa Marii Skłodowskiej-Curie	71
J. Werle – Jak odkrycie promieniotwórczości otworzyło bramy do poznania fizycznego mikroświata	74
RÓŻNE	
T. Dietl – Krytyka naukowa wobec hermetyczności badań	90
A.B. Więckowski, G. Spichał – Wybrane zagadnienia teorii liczb w fizyce	93
D. Kleppner – Laser atomowy: poradnik dla początkujących	102
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	106
RECENZJE	111
KRONIKA	113

DISCOVERY OF POLONIUM AND RADIUM:
100th ANNIVERSARY

M. Skłodowska-Curie – Search for a new metal in pitchblende	63
J. Pniewski – Maria Skłodowska-Curie (1867 – 1934)	69
J. Hurwic – Maria Skłodowska-Curie as a scientist	71
J. Werle – How the discovery of radioactivity opened the gates to the cognition of the physical microworld	74
MISCELLANEA	
T. Dietl – Scientific critique in days of hermetic research	90
A.B. Więckowski, G. Spichał – Selected problems of number theory in physics	93
D. Kleppner – A beginner's guide to the atom laser	102
MEETINGS AND CONFERENCES	106
REVIEWS	111
CHRONICLE	113

WKRÓTCE

- *Andrzej Zastawny o wzmacniaczach energii*
- *Michał Heller o teorii grawitacji i kosmologii, Rudolf Mössbauer o problemie neutrin słonecznych (wykłady na Zjeździe Fizyków w Katowicach)*
- *Zofia Białynicka-Birula o trojańskich paczkach falowych*
- *William Cochran o planetach poza Układem Słonecznym*
- *Jacek Turnau o popularyzacji fizyki*