
PTF

DWUMIESIĘCZNIK
POŚWIĘCONY
UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY
FIZYCZNEJ

POSTĘPY FIZYKI

TOM 43
ZESZYT 1
1992

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD

Prezes

Prof. dr STEFAN POKORSKI

Wiceprezesa

Prof. dr JERZY NIEWODNICZAŃSKI

Prof. dr TADEUSZ SKALIŃSKI

Sekretarz Generalny

Dr hab. ZYGMUNT AJDUK

Skarbnik

Dr LUCJAN ZEMŁO

Członkowie Zarządu

Dr ZOFIA GOŁĄB-MEYER

Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN

Mgr BOŻENA MOLDENHAWER

Doc. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI

Prof. dr JERZY WADOWCZYK

Prof. dr CECYLIA WESOŁOWSKA

Mgr MARIA ZABOROWSKA-KUŚMIEREK

oraz redaktorzy naczelnicy czasopism PTF

Prof. dr ADAM SOBICZEWSKI - *Postępy Fizyki*

Prof. dr JERZY PROCHOROW - *Acta Physica Polonica A*

Prof. dr WIESŁAW CZYŻ - *Acta Physica Polonica B*

Dr PAWEŁ KRAWCZYK - *Delta*

Prof. dr ROMAN INGARDEN - *Reports on Mathematical Physics*

Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

Doc. dr MICHAŁ ŚWIĘCKI (Białystok)

Prof. dr BRONISŁAW GRZEGORZEWSKI
(Bydgoszcz)

Dr WŁODZIMIERZ ZAPART (Częstochowa)

Doc. dr JERZY GRZYWACZ (Gdańsk)

Doc. dr MIECZYSLAW F. PAZDUR (Gliwice)

Doc. dr WIESŁAW ZAREK (Katowice)

Dr ADAM S. WROŃSKI (Kielce)

Prof. dr ANDRZEJ KISIEL (Kraków)

Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)

Doc. dr JERZY GAWIN (Łódź)

Dr J. MUSIEŁOK (Opole)

Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN (Poznań)

Prof. dr MAREK RYTEL (Rzeszów)

Dr HENRYK WREMBEL (Słupsk)

Doc. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin)

Prof. dr FRANCISZEK ROZPŁOCH (Toruń)

Doc. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI

(Warszawa)

Doc. dr MARIA SUSZYŃSKA (Wrocław)

ADRES ZARZĄDU

00-681 Warszawa, ul. Hoża 69

tel. 21 26 68

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 43, ZESZYT 1
1992

Dział Wydawnictw Instytutu Fizyki PAN
Warszawa 1991

RADA REDAKCYJNA

Iwo Białynicki-Birula, Jerzy Czerwonko, Marek Demiański,
Adam Kujawski, Marian Mięśowicz, Ludwik Natanson, Tadeusz Skaliński,
Maciej Suffczyński, Józef Szudy

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Adam Sobiczewski
Członkowie Redakcji: Tomasz Dietl, Magdalena Staszal, Barbara Wojtowicz

Adres Redakcji: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa

Korespondenci Oddziałów PTF

Mgr Piotr Malinowski (Białystok)
Dr Jerzy J. Wysłocki (Częstochowa)
Dr Stanisław Zachara (Gdańsk)
Doc. dr Eugeniusz Soczkiewicz (Gliwice)
Dr Janusz Frąckowiak (Katowice)
Dr Małgorzata Suchańska (Kielce)
Dr Anna Kapuścik (Kraków)
Prof. dr Tomasz Goworek (Lublin)
Prof. dr Leszek Wojtczak (Łódź)
Dr Wojciech Wojtanowski (Opole)
Prof. dr Andrzej Graja (Poznań)
Mgr Danuta Ficek (Słupsk)
Dr Ewa Weinert-Rączka (Szczecin)
Dr Józefina Turło (Toruń)
Doc. dr Teresa Grycuk (Warszawa)
Dr Bernard Jancewicz (Wrocław)

Dział Wydawnictw Instytutu Fizyki PAN - Al. Lotników 32/46, Warszawa

Nakład 1200+100 egz. Skład w Dziale Wydawnictw Instytutu Fizyki PAN
Druk w Zakładzie Usług Poligraficznych "ZINA", Warszawa, ul. Bartycka 24

Józef Werle

*Instytut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytet Warszawski
Warszawa*

Jak nauki fizyczne odkrywały jedność przyrody*

How the unity of Nature was being discovered by the physical sciences

Abstract: In spite of progressing specialization and division into a growing number of narrow research problems the physical sciences are becoming more and more unified and universal. The source of this integration lies, of course, in the gradually unveiled unity of Nature which manifests itself in the strong interdependence of apparently different phenomena, in the unity of the microscopic structure of all material bodies, and in the universality of the fundamental laws of physics. This article describes the most important integration processes that took place in the last 300 years. The Author stresses in particular the fundamental role of basic, synthetic, physical theories that describe the mentioned fascinating unity of Nature. These theories form now a vast hierarchy which covers not only physics proper but also astronomy, chemistry, geology and a rapidly growing part of biology.

1. Wstęp

W szerokich warstwach społeczeństwa, a nawet wśród wielu naukowców, upowszechnił się niepokojący obraz nauk przyrodniczych jako niespójnego tworu, rozbitego na wiele wąskich specjalności, tonącego w powodzi empirycznych faktów, nie dającego się w ogóle ogarnąć i zrozumieć; tworu, przywodzącego na myśl biblijną opowieść o wieży Babel. Czy jest to rzetelny obraz sytuacji nauk przyrodniczych? Czy stanowią one rzeczywiście tylko sumę ogromnej już i dalej rosnącej

*Nieco zmieniona wersja referatu wygłoszonego 14 grudnia 1990 r. w Warszawie na sesji naukowej Zgromadzenia Ogólnego PAN, poświęconej zagadnieniom integracji nauk przyrodniczych i opublikowanego w *Nauce Polskiej* 38, 3 (1991).

liczby odrębnych specjalności, nie mających wspólnego języka i nie dających żadnego całościowego obrazu Przyrody?

Odpowiedź na te pytania jest na szczęście przecząca, bowiem wraz z szybkim wzrostem liczby poznawanych faktów empirycznych zachodziły w ciągu ostatnich 300 lat niezwykle frapujące procesy stopniowego, coraz głębszego scalania nauk przyrodniczych w coraz ogólniejsze i dokładniejsze, syntetyczne teorie. Przyrodę można zrozumieć i ogarnąć jedynie za pomocą takich teorii, których nie mogą w tym zastąpić nawet najskrupulatniejsze katalogi empirycznych faktów. Źródłem fascynujących sukcesów tych procesów integracyjnych jest, oczywiście, stopniowo odkrywana jednolitość struktury świata materialnego i powszechność podstawowych praw przyrody, czyli to co skrótowo nazywamy jednością przyrody. Poznanie tej jedności umożliwił — jakże często nie doceniany — największy wynalazek ludzkiego rozumu, jakim jest niezwykle skuteczna i płodna metoda badawcza.

2. Metoda badawcza nauk fizycznych

Warto sobie uświadomić jej ogólne założenia, bo — jak świadczy historia nauki — nie są one wcale oczywiste i “okres dojrzewania” różnych nauk przyrodniczych do ich przyjęcia trwał nieraz bardzo długo. Oto one:

1. Tylko ilościowe i matematyczne podejście pozwala na dogłębne poznanie przyrody.
2. Badane zjawiska trzeba więc opisywać za pomocą odpowiednich mierzalnych cech, zwanych wielkościami.
3. W ścisłych badaniach przyrodniczych nie można się opierać tylko na bezpośrednich postrzeżeniach zmysłowych, lecz trzeba stosować odpowiednie przyrządy, pozwalające na usunięcie licznych braków i wad naszych przyrodzonych zmysłów, takich jak np.: subiektywność, zwodniczość, niekomunikatywność, mała czułość, względność, czy wręcz niedostrzeżenie wielu obiektów i zjawisk przyrody.
4. Należy dążyć, jeśli jest to tylko możliwe, do zastępowania biernej obserwacji przez dużo lepiej kontrolowalne, powtarzalne i wszechstronne eksperymentowanie.
5. Obok odkrywania nowych faktów empirycznych podstawowym celem badań przyrodniczych jest znajdowanie wszelkich prawidłowości oraz głębokich związków przyczynowych, tudzież konstrukcja opisujących te związki syntetycznych, matematycznych teorii.
6. Postęp nauki wymaga ścisłego sprzężenia zwrotnego między empirią i teorią, czyli między zmysłowym postrzeżeniem i rozumowaniem.

7. Zgłoszenia odkrycia nowego faktu empirycznego lub konstrukcji nowej hipotezy czy teorii nie są uznawane przez społeczność naukową, dopóki nie zostaną sprawdzone i potwierdzone przez innych, niezależnie pracujących badaczy. Prawidłowy rozwój nauk przyrodniczych wymaga więc bezwzględnej kontroli ze strony całej społeczności naukowej, która jest możliwa, jeśli nie tylko wynik końcowy, lecz także całe postępowanie badawcze jest jawne.

Dowodem skuteczności i płodności strategii badawczej opartej na wymienionych ogólnych regułach postępowania jest fascynujący rozwój nauk przyrodniczych w ciągu ostatnich czterystu lat. Oceniając postęp tych nauk, należy pamiętać, że ogromna część dzisiejszej wiedzy przyrodniczej dotyczy obiektów i zjawisk w ogóle bezpośrednio zmysłowo niedostrzegalnych, które możemy odkrywać i dokładnie zbadać tylko za pomocą odpowiednich przyrządów fizycznych. Dzięki użyciu w konstrukcji tych przyrządów różnych sposobów: amplifikacji (powiększania), konwersji (zamiany) i generacji (wywoływania) zjawisk, nasze poznanie przyrody jest nieustannie doskonalone; zarówno pod względem dokładności i stopnia pewności, jak i ustawicznie rosnącego zakresu poznanych już dobrze zjawisk. Od strony empirycznej rozwój nauk przyrodniczych jest więc uwarunkowany posiadaniem odpowiedniej aparatury. Charakterystyczne dla tych nauk są następujące cykle badawcze: 1) zastana wiedza; 2) postawienie problemu nie mającego rozwiązania w zastanej wiedzy; 3) propozycja hipotezy, dającej jakies możliwe rozwiązanie problemu; 4) testowanie empirycznych i logicznych konsekwencji hipotezy; 5) analiza hipotezy i problemu w świetle wyników testów; 6) odrzucenie lub dopuszczenie hipotezy do dalszych testów, względnie korekta hipotezy, a nawet samego problemu.

Zdecydowanie negatywny wynik testów eliminuje hipotezę. Natomiast wynik pozytywny tylko jej nie wyklucza i nie gwarantuje jeszcze jej trafności. Ostatecznym celem wielokrotnego nieraz powtarzania takich odpowiednio modyfikowanych, kolejnych cykli badawczych — zawierających oczywiście sprzężenia zwrotne między hipotezami i empirycznymi testami — jest konstrukcja dobrej, sprawdzonej teorii, zawierającej m.in. rozwiązanie pierwotnie postawionych problemów.

Oczywiście, zdarzają się w naukach fizycznych również „przypadkowe” odkrycia, nie związane z żadną wcześniejszą hipotezą (np. odkrycie Galwaniego lub Oersteda), ale we współczesnej fizyce należą one raczej do rzadkości.

Palma pierwszeństwa, jeśli chodzi o wprowadzenie pomiarów i matematycznego zapisu wyników, należy się, oczywiście, astronomii, która stosowała dwie pierwsze z wymienionych wyżej reguł już od paru tysięcy lat. Jednakże astronomia była z natury rzeczy skazana na bierną obserwację, co bardzo utrudniało jej samodzielny rozwój.

Niemal w pełni dojrzała metoda badawcza nauk fizycznych powstała w ciągu XVII w. Jej szybki rozwój zainicjował Galileusz, który pierwszy zastosował do

problemów fizyki na Ziemi systematyczne eksperymentowanie, wielokrotnie powtarzane pomiary i matematyczny zapis otrzymywanych wyników. Odkrył w ten sposób prawa ruchu wahadła i prawo swobodnego spadku na powierzchni Ziemi. Wprowadzenie pojęcia przyspieszenia przyczyniło się walcie do poprawnego zrozumienia związku między siłą a ruchem. Za pomocą skonstruowanej przez siebie lunety Galileusz dokonał kilku ważnych odkryć astronomicznych (np. fazy Wenus, księżyc Jowisza), potwierdzających słuszność koncepcji Kopernika.

Fascynujące sukcesy Galileusza zapoczątkowały lawinowy rozwój fizyki i matematyki. Już w XVII w. skonstruowano wiele nowych przyrządów fizycznych i dokonano wielu odkryć nowych zjawisk i praw fizyki. Obok tego empirycznego nurtu badań fizycznych podjęto w tym czasie intensywne poszukiwania potrzebnych fizyce pojęć i języków matematycznych. Niejako na zamówienie fizyki Kartezjusz stworzył geometrię analityczną, a Newton i Leibnitz — rachunek różniczkowy i całkowy.

3. Pierwszy etap integracji fizyki i astronomii: mechanika klasyczna Newtona

Największym osiągnięciem XVII w. było słynne dzieło Newtona: *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687 r.). Zawiera ono już pełną koncepcję nowożytnej fizyki, jako ścisłej nauki przyrodniczej; koncepcję zastosowaną głównie do mechaniki, która stanowi jednak podstawę nie tylko całej fizyki, lecz także potocznego rozumienia świata materialnego. Newton sprecyzował pojęcia przestrzeni, czasu, inercjalnego układu odniesienia, masy, pędu, momentu pędu, siły itd. Podał też ściśle sformułowanie trzech fundamentalnych zasad dynamiki oraz prawa powszechnego ciężenia. Zastosowanie równań Newtona do ruchów planet i komet opisanych w heliocentrycznym układzie nie tylko pokazało walory tego układu oraz wyjaśniło pochodzenie trzech praw Keplera, lecz także dało ścisły, jednolity, dynamiczny opis wszelkich mechanicznych ruchów ciał niebieskich. Pozwoliło to w następnych wiekach na przewidywanie istnienia, a nawet na dokładne obliczenia mas i torów nieznanymi wcześniej planet (np. Neptuna, Plutona itd.). Te same równania opisywały także ruchy ciał na Ziemi. Warto tu przypomnieć, że w powszechnie przyjmowanym przez niemal dwadzieścia wieków arystotelesowskim obrazie świata każda z jego rzekomych sfer miała być zbudowana z różnych rodzajów materii, podlegających różnym prawom ruchu.

W ten sposób Newton połączył astronomię z fizyką, a zasady jedności materii i uniwersalności praw fizyki znalazły po raz pierwszy ścisłą, naukową podbudowę. Oczywiście, była ona jeszcze bardzo wąska, bo ograniczona do zjawisk czysto mechanicznych.

W XVIII i XIX w. rozwijano mechanikę teoretyczną, stosując jej równania do różnych typów sił i różnych rodzajów ciał materialnych: układów punktów,

gazów, cieczy, ciał sprężystych, brył sztywnych, zjawisk akustycznych. Badania eksperymentalne tych układów sprowadzały się w tym okresie przeważnie do potwierdzania przewidywań teoretycznych. Fakt, że własności tak różnych obiektów i tak różnych zjawisk są doskonale opisywane przez tę samą teorię, należy uznać za bardzo istotny, pierwszy etap wewnętrznej integracji samej fizyki.

4. Rozwój badań fizycznych poza mechaniką do połowy XIX w.

Od czasów Galileusza rozpoczął się bujny rozwój również tych działów fizyki, które nie zostały objęte przez mechanikę Newtona, a więc nauki o zjawiskach cieplnych, elektrycznych, magnetycznych i optycznych, ale aż do połowy XIX w. dotyczyło to głównie badań eksperymentalnych. Skonstruowano liczne nowe generatory zjawisk oraz detektory i przyrządy pomiarowe (np.: termometry, barometry, kalorymetry, dokładne wagi analityczne, wagi skręceń, elektroskopy, kondensatory, ogniwa, maszyny elektrostatyczne, cewki, elektromagnesy, galwanometry, amperomierze i woltomierze, spektrometry pryzmatyczne i dyfrakcyjne, polaryzatory światła itd.). Przy pomocy tych przyrządów odkryto i zbadano wiele zjawisk i znaleziono wiele fragmentarycznych praw fizyki, jak np. prawa odbicia, załamania i polaryzacji światła, prawa Coulomba, Oersteda, Ohma, Faradaya itd., oraz wprowadzono wiele nowych pojęć fizycznych. Jednakże aż do połowy XIX w. nie było jeszcze żadnych porządkujących syntez, które na wzór mechaniki Newtona powiązałyby wymienione tu dziedziny badań w ramach głębszych i ogólniejszych teorii.

5. Drugi etap integracji: termodynamika

W tych "nie-mechanicznych" działach fizyki rozpoczęły się w połowie XIX w. trzy fascynujące "rewolucje integracyjne". Pierwsza z nich powiązała zjawiska termiczne z pewnymi aspektami zjawisk mechanicznych, a także elektrycznych, magnetycznych i chemicznych w jedną syntetyczną teorię, zwaną dziś termodynamiką klasyczną (tab. 1). Pierwsza zasada termodynamiki zawiera uogólnienie znanej z mechaniki relacji między pracą a zmianami energii mechanicznej na procesy zachodzące w rozciągniętych ciałach makroskopowych, w których obok pracy występuje także wymiana ciepła, a energia może zależeć również od temperatury i gęstości, od składu chemicznego oraz od pola elektrycznego i magnetycznego. Druga zasada termodynamiki wprowadziła tzw. "strzałkę czasu", określającą kierunek wszelkich zachodzących w przyrodzie makroskopowych procesów. Kierunek ten ustala prawo wzrostu, wynikającej z termodynamiki, specjalnej funkcji zwanej entropią. Konsekwencją tego prawa była niepokojąca wizja "śmierci cieplnej" Wszechświata, na którą wprawdzie trzeba poczekać ileś miliardów lat, ale dla lu-

dzi myślących perspektywicznie nie było to żadną pociechą. W znacznie uchwytnej dla ludzkiej wyobraźni skali przestrzeni i czasu druga zasada przewidywała nieuchronnie postępującą degradację (ubytek) użytecznych dla człowieka form energii. Z obu zasad wynika też istnienie i pewne ogólne własności innych funkcji stanu, jak np. energia wewnętrzna, temperatura bezwzględna, energia swobodna itd.

6. Trzeci etap integracji: elektrodynamika Maxwella

Uwieńczeniem następnego, niezwykle ważnego, etapu wewnętrznej integracji fizyki stało się wielkie dzieło Maxwella pt. *Treatise on electricity and magnetism* (1873 r.). Praca ta zawiera już pełne matematyczne sformułowanie następnej syntetycznej teorii. Zestawiając równania opisujące fenomenologiczne prawa Coulomba, Faradaya i Oersteda, Maxwell zauważył, że w ogólnym przypadku zmiennych pól równania te są sprzeczne. Wykraczając poza ówczesne dane doświadczalne, wprowadził więc pewną zmianę do prawa Oersteda oraz założył, że nie ma w przyrodzie żadnych ładunków magnetycznych. Otrzymał w ten sposób niesprzeczny, spójny układ równań, zwanych równaniami elektrodynamiki lub równaniami Maxwella. Okazało się, że odkryte wcześniej prawa elektrostatyki, magnetostatyki, prądów stałych i prądów zmiennych wynikają z równań Maxwella jako przypadki szczególne bądź przybliżenia. Te same równania implikowały także istnienie nowego, nieznanego wówczas zjawiska fal elektromagnetycznych. Maxwell zauważył, że zbadane już wcześniej fale świetlne mają wszystkie własności przewidywanych przez niego fal o odpowiednio małych długościach i utożsamił oba te zjawiska. Istnienie fal elektromagnetycznych o dużych (radiowych) długościach zostało potwierdzone eksperymentalnie dopiero w 1888 r.

Powstanie elektrodynamiki oznaczało ogromny przewrót w strukturze fizyki, bowiem jedna, wspólna, syntetyczna teoria połączyła definitywnie trzy działy fizyki: elektryczność, magnetyzm i optykę, które bardzo długo były uważane za niezależne (tab. 1).

7. Komplementarność mechaniki, termodynamiki i elektrodynamiki

Uwzględniając późniejsze uzupełnienia termodynamiki (III zasada i termodynamika procesów nieodwracalnych) oraz elektrodynamiki (siła Lorentza), można powiedzieć, że cała makroskopowa fizyka na Ziemi została zawarta w trzech wielkich, syntetycznych teoriach: tj. dynamice Newtona, termodynamice i elektrodynamice Maxwella. Te trzy teorie makroskopowe nie są jednak niezależne i odizolowane od siebie. Wręcz przeciwnie — są one bardzo silnie sprzężone i współzależne. Gdy interesują nas np. prądy elektryczne w niesztynnych przewodnikach, to rozkład prądów i wytworzonego pola elektromagnetycznego opisują

równania Maxwella. Ruchy tych przewodników pod wpływem sił elektromagnetycznych opisują równania Newtona. Natomiast zmiany związane z wydzielaniem ciepła przez te same prądy określają równania termodynamiki.

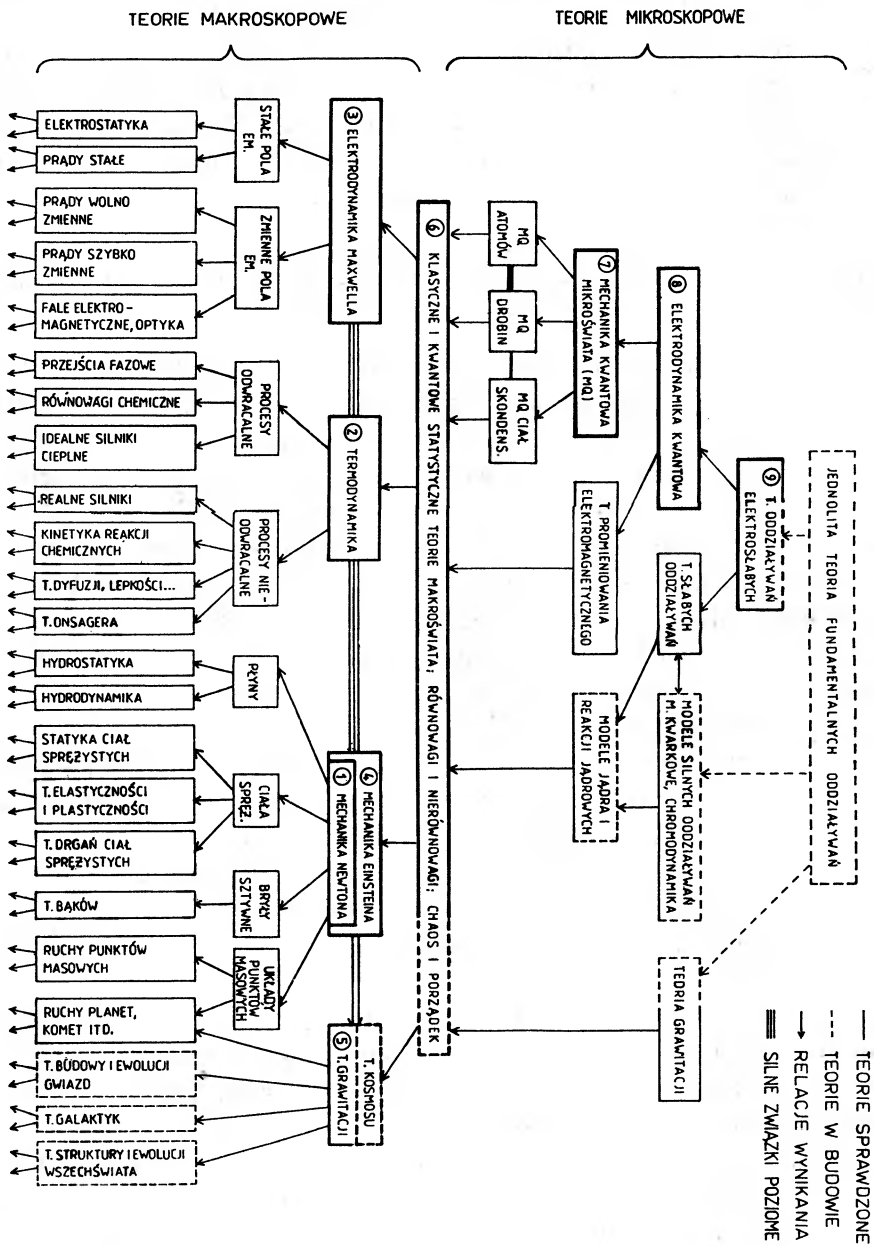
Tak więc te trzy teorie opisują *de facto* trzy wzajemnie powiązane, uzupełniające się (komplementarne) aspekty na ogół bardzo złożonej rzeczywistości (tab. 1). Oczywiście można sobie wyobrazić — a nawet zrealizować układy, w których powiązania te są bardzo słabe. Takie sytuacje można opisać z dostateczną dokładnością, korzystając tylko z jednej z tych teorii.

8. Czwarty etap integracji: szczególna teoria względności i mechanika relatywistyczna Einsteina

Zgodnie z równaniami Maxwella światło powinno rozchodzić się we wszystkich kierunkach z jednakową, stałą prędkością. Było to niezgodne z zawartym w mechanice Newtona prostym, wektorowym prawem dodawania prędkości. Przypuszczenie, że równania Maxwella są słuszne tylko w jakimś jednym wyróżnionym układzie inercjalnym (eter) zostało obalone przez doświadczenia Michelsona-Morleya. Einstein zauważył, że problem ten wiąże się z dokonaniem przez Newtona założeniem absolutności i niezależności przestrzeni i czasu, a więc m.in. niezależności od wyboru inercjalnego układu takich relacji między dwoma dowolnymi zdarzeniami, jak: odległość, przedział czasu, kolejność w czasie czy jednoczesność. Einstein założył, że prędkość światła w próżni ($c = 300000$ km/s) jest jednakowa we wszystkich układach inercjalnych i jest maksymalną prędkością przesyłania wszelkich informacji. Zaproponował więc nowe operacyjne podejście, polegające na podaniu przepisów pomiarów położenia i czasów opartych na użyciu sygnałów świetlnych jako optymalnego środka komunikowania się obserwatorów. Z powstałej w ten sposób szczególnej teorii względności wynikało, że wspomniane relacje przestrzenne i czasowe nie są ani niezależne, ani absolutne. Rozumienie i opis zjawisk fizycznych należy więc oprzeć na ściśle określonych koncepcjach czasoprzestrzeni i względności.

Idąc za podanym przez Einsteina przykładem, fizycy uznają dziś, że dopiero podanie sposobu pomiaru wielkości fizycznej określa ją zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Dwa zasadniczo różne sposoby pomiaru określają więc na ogół dwie jakościowo różne wielkości, choć wyniki tych pomiarów mogą być wyrażone przez tę samą liczbę, mającą ten sam wymiar (np. długość fali akustycznej i elektromagnetycznej). Bardzo delikatnym problemem stało się jednak uzgadnianie pomiarów tej samej, w założeniu, wielkości dokonywanych za pomocą różnych przyrządów, które mają różne zakresy stosowalności (np. termometr rtęciowy i oporowy).

Oprócz fundamentalnych zmian podstawowych pojęć fizyki, szczególna teoria względności wprowadziła pewną, formalnie niewielką, ale fizycznie ważną



zmianę do równań Newtona. Powstała w ten sposób relatywistyczna dynamika Einsteina stosuje się nawet do bardzo dużych prędkości (ale zawsze mniejszych od nieprzekraczalnej prędkości światła). Jest więc ogólniejsza i dokładniejsza od dynamiki Newtona, która opisuje bardzo dobrze tylko ruchy z prędkościami małymi w porównaniu z prędkością światła. Warunek ten jest jednak bardzo dobrze spełniony we wszystkich obserwowanych na Ziemi ruchach ciał makroskopowych, a nawet ruchach planet i komet. Należy więc z naciskiem podkreślić, że mechanika Newtona nie została obalona i wyrzucona na śmietnik historii, lecz jest nadal stosowana jako doskonała teoria. Zasięg stosowalności mechaniki Einsteina jest oczywiście większy. Zostało to odpowiednio zaznaczone na załączonym schemacie teorii fizycznych (tab. 1). Do równań Maxwella szczególna teoria względności nie wniosła żadnych zmian. W ten sposób Einstein usunął wspomniany konflikt między dynamiką Newtona i elektrodynamiką Maxwella.

Liczne zaskakujące przewidywania szczególnej teorii względności zostały potwierdzone, np. przez pomiary czasów życia i pędów poruszających się cząstek, w badaniach reakcji jądrowych, w budowie akceleratorów oraz wielu innych przyrządów fizycznych itd.

9. Piąty etap integracji: teoria grawitacji Einsteina

Dokonana w szczególnej teorii względności modyfikacja równań dynamiki Newtona nie objęła jednak prawa powszechnego ciężenia, które zakładało nieskończoną prędkość rozchodzenia się oddziaływań grawitacyjnych, co było oczywiście sprzeczne z założeniem nieprzekraczalności prędkości światła. Sprzeczność tę usunął Einstein dziesięć lat później w swej ogólnej teorii względności. Teoria ta opiera się na założeniu równości masy bezwładnej i grawitacyjnej oraz lokalnej równoważności zjawisk, zachodzących w przyspieszonym układzie i w odpowiednim polu grawitacyjnym, tudzież na równoważności wszelkich, także nieinercjalnych, układów odniesienia. Według tej teorii obecność mas zakrzywia przestrzeń, która przestaje być prostą liniową przestrzenią Euklidesa, lecz staje się zakrzywioną przestrzenią Riemanna. Jest to więc swoista geometryczna teoria grawitacji, która odgrywa ważną rolę w przypadku obiektów o bardzo dużych masach, z jakimi mamy do czynienia w astrofizyce. Kilka zaskakujących przewidywań tej teorii potwierdzono już empirycznie, ale bardziej wszechstronne jej sprawdzenie w naturalnej dla niej skali zjawisk kosmicznych jest bardzo trudne (tab. 1).

10. Początek metod ilościowych w chemii

W drugiej połowie XVII w. alchemia zaczęła się przepoczwarzać w chemię, a najbardziej zasłużony dla tej przemiany Boyle odrzucił spekulatywne koncepcje

elementów wysuwane np. przez greckich filozofów. Boyle podał dobre określenie pierwiastka chemicznego, ale nie docenił fundamentalnego znaczenia metod ilościowych i rozwijał w chemii tylko metody jakościowe. W związku z tym twierdził, że chemia jest całkowicie niezależną od fizyki nauką przyrodniczą.

Niedoceniając metod ilościowych długo hamowało rozwój badań chemicznych i uwikłało chemików w błędną hipotezę flogistonu jako rzekomej "substancji spalania". Systematyczne stosowanie ścisłych fizycznych metod pomiarowych rozpoczęło się w chemii dopiero w drugiej połowie XVIII w. Największe zasługi miał w tym Lavoisier, który zastosował dokładne pomiary mas i na podstawie swoich pionierskich prac obalił w 1777 r. hipotezę flogistonu i odkrył prawo zachowania masy w reakcjach chemicznych. Uważa się powszechnie, że dopiero Lavoisier uczynił z chemii ścisłą naukę przyrodniczą.

Zaowocowało to bardzo szybko odkryciem trzech ważnych praw stechiometrii: stosunków stałych, stosunków wielokrotnych i stosunków równoważnikowych. Prawa te, niezgodne z powszechnym wówczas wyobrażeniem ciągłości materii, wytłumaczył Dalton postulując w 1808 r. określoną atomowo-molekularną, a więc nieciągłą, lecz ziarnistą — strukturę materii. Hipotezę tą zainteresowali się natychmiast fizycy. Avogadro, badając substancje gazowe, wprowadził już w 1811 r. pewną istotną poprawkę do pierwotnej hipotezy Daltona, wskazując, że nawet czyste pierwiastki mogą występować w gazach w postaci dwuatomowych molekuł. Chemicy długo ignorowali jednak tę poprawkę. Wskutek wynikłych stąd kłopotów i nieporozumień hipoteza Daltona została przyjęta przez chemików dopiero 50 lat po jej wysunięciu.

Wprowadzenie do chemii XIX w. nowych fizycznych metod generacji, detekcji i pomiaru, opartych głównie na osiągnięciach optyki i nauki o elektryczności, stworzyło zupełnie nowe możliwości badawcze i przyczyniło się do dalszego, niezwykle bujnego rozwoju chemii (np. wyładowania elektryczne, ogniwa, elektroliza, analiza spektralna, polaryzacja światła itd.). Bardzo pomocna w badaniach reakcji chemicznych oraz przejść fazowych okazała się niebawem termodynamika. Ale właśnie Dalton spowodował jeszcze poważniejsze zbliżenie chemii z fizyką, które nie polegało jedynie na wprowadzaniu do chemii metod fizycznych, lecz opierało się na odkryciu w badaniach chemicznych interesującej obie te nauki atomowo-molekularnej struktury materii.

11. Szósty etap integracji: teorie statystyczne

Okolo połowy XIX w. rozpoczęła się druga seria "rewolucji integracyjnych" opartych już na bardzo poglądowych koncepcjach wspólnoty najmniejszych ziarenek, z których zbudowane są wszystkie ciała materialne na Ziemi.

Powstał wtedy w fizyce ambitny i niezwykle atrakcyjny program dedukcji na drodze matematycznej konkretnych własności ciał makroskopowych i praw

nimi rządzących z ich mikroskopowej struktury. Najprostszymi ciałami są gazy pod niezbyt wysokim ciśnieniem, które można sobie wyobrazić jako mechaniczne układy złożone z ogromnej liczby poruszających się chaotycznie i co chwila zderzających się atomów lub molekuł. Pierwsza oparta na takim modelu teoria mikroświata, zwana kinetyczną teorią gazów, wyznaczała makroskopowe własności gazów jako wartości średnie odpowiednich własności mikroskopowych. Przy najprostszym założeniu, że te zderzające się cząstki zachowują się jak punkty materialne, otrzymuje się w przypadku makroskopowej równowagi równanie stanu gazów doskonałych. Jeśli założyć, że cząstki są oddziaływającymi na odległość kulkami o skończonych rozmiarach, to otrzymuje się dużo dokładniejsze równanie Van der Waalsa. Okazuje się, że — mimo chaotycznych ruchów indywidualnych cząstek — w stanie równowagi występuje pewien porządek, wyrażający się w ściśle określonym statystycznym rozkładzie prędkości (rozkład Maxwella). Można też obliczyć na podstawie takich prostych modeli lepkość gazów, ich ciepło właściwe, a także znaleźć poglądowe interpretacje temperatury bezwzględnej, ciśnienia, energii wewnętrznej, entropii i prawa jej wzrostu itd.

Niewątpliwe sukcesy tej teorii zachęciły fizyków do konstrukcji podobnych modeli dla bardziej skomplikowanych układów i do szukania innych, ogólniejszych metod średniowania. Powstały więc następne teorie: teoria Boltzmanna, elektro-nowa teoria Lorentza, mechanika statystyczna Gibbsa itd. Te klasyczne teorie odniosły wiele wspaniałych sukcesów. Do fundamentalnych osiągnięć należy zaliczyć probabilistyczną interpretację entropii (Boltzmann), z której wynikło, że procesy niezgodne z kierunkiem wyznaczonym przez II zasadę termodynamiki nie są wykluczone, lecz jedynie bardzo mało prawdopodobne (tab. 1).

Bardzo ważne dla integracji nie tylko fizyki, lecz właściwie całego przyrodoznawstwa stało się jednak (dość paradoksalnie) zakwestionowanie teorii statystycznych, gdy okazało się w końcu XIX w., że kilka ich przewidywań nie da się, przez żadne doskonalenie założeń modelowych, pogodzić z niektórymi danymi doświadczalnymi (np. ciepło właściwe wieloatomowych gazów i ciał stałych, promieniowanie ciała doskonale czarnego, efekt fotoelektryczny itd.). Przyczyniło się to do wzmocnienia istniejącej już dawniej wśród części chemików i fizyków opozycji wobec całej atomistyki; opozycji, wskazującej m.in. na brak bezpośrednich, eksperymentalnych dowodów istnienia mikrocząstek i na niepewność zakładanych ich własności.

Słuszne żądania bardziej bezpośrednich obserwacji mikrocząstek zostały spełnione stopniowo dopiero w XX w., dzięki konstrukcji długiej serii coraz doskonalszych generatorów i detektorów mikrozwisk (komory Wilsona, pęcherzykowe, iskrowe, czule emulsje fotograficzne, mikroskopy elektronowe, mikroskopy tunelowe, różne akceleratory, kolimatory, separatory mikrocząstek i ostatnio: pułapki elektromagnetyczne, umożliwiające obserwacje tej samej, pojedynczej mikroczą-

stki przez bardzo długi czas). Najważniejszą metodą badania mikrocząstek jest bombardowanie ich innymi mikrocząstkami i śledzenie skutków tych zderzeń, a więc wytworzonych cząstek, rozpadów stanów wzbudzonych, rozkładów kątowych i energetycznych. Właśnie w ten sposób Rutherford odkrył w 1911 r. jądra atomowe.

12. Siódmy etap integracji: mechanika kwantowa

Wszystkie klasyczne teorie statystyczne zakładały, że równania Newtona i Maxwella obowiązują również w mikroświecie. Wspomniane poprzednio trudności skłoniły fizyków najpierw do szukania różnych dodatkowych ograniczeń i założeń. Usuwały one niektóre rozbieżności, ale były wprowadzane raczej *ad hoc*, były zagadkowe i niespójne z nadal stosowanymi prawami makrofizyki. I tak w 1900 r. Planck wprowadził kwanty energii oscylatora; w 1905 r. Einstein wysunął koncepcję fotonu; a w 1913 r. Bohr podał model atomu wodoru, w którym do klasycznych równań ruchu elektronu dodał trzy postulaty kwantowe. Takie podejście mimo wielu pozytywnych rezultatów, było jednak niespójne, nie dawało się uogólnić na dowolne atomy i molekuly oraz nie nadawało się do opisu wielu obserwowanych zjawisk.

W 1924 r. Louis de Broglie wysunął przypuszczenie, że elektrony uważane poprzednio za typowe korpuskuly (punkty materialne) mają także własności falowe i zaproponował wzór wiążący długość fali z pędem elektronu. Nie podał jednak równania propagacji takich "fal materii". Zrobił to w 1926 r. Schrödinger, a jego słynne równanie stało się głównym filarem nierelatywistycznej kwantowej mechaniki mikroświata. Inne, bardziej abstrakcyjne, ale w zasadzie równoważne macierzowe sformułowanie mechaniki kwantowej podał w tym samym czasie Heisenberg (tab. 1).

Jeszcze dokładniejsze, relatywistyczne równanie falowe dla elektronu podał w 1928 r. Dirac. Obok wprowadzenia poprawek relatywistycznych oraz wynikających z istnienia spinu elektronu, równanie Diraca implikowało istnienie nieobserwowalnego tzw. "morza" elektronów o ujemnej energii oraz obserwowalnych "dziur" w tym morzu, które objawiają się jako cząstki, mające wszystkie cechy elektronów poza przeciwnym znakiem ładunku. Cząstki te, zwane pozytonami, zostały odkryte doświadczalnie w 1932 r.

Mechanika kwantowa, zastosowana do atomów, molekuł i elektronów, dała znakomite rezultaty. Pozwoliła obliczyć bardzo dokładnie energie stanów podstawowych i wzbudzonych, prawdopodobieństwa przejść, przekroje czynne itd. Stosuje się ona również do makroskopowych układów złożonych z tych mikrocząstek, a więc gazów, cieczy i ciał stałych. Dzięki tej teorii potrafimy dziś zrozumieć i wykorzystać w praktyce bogatą strukturę dielektryków, półprzewodników i metali oraz zjawiska nadprzewodnictwa, nadciekłości, ferromagnetyzmu itd.

Mechanika kwantowa przyniosła drugą w XX w. (po teorii względności) rewolucję pojęciową. Wielkości fizyczne nie są w niej reprezentowane przez liczby pokrywające się z wynikami pomiarów, lecz przez liniowe operatory, których związek z pomiarami jest dość złożony. Okazuje się też, że w fizyce mikroświata nieprawdziwe są dwa ukryte założenia fizyki klasycznej: 1) Zaburzenie stanu dowolnego ciała, spowodowane przez przyrząd pomiarowy, można zawsze uczynić dowolnie małym; 2) Wyniki pomiarów dwóch funkcyjnie nie powiązanych wielkości są niezależne. Dalej, probabilistyczna interpretacja funkcji falowej również nie jest li tylko wynikiem nieznanego stanu układu złożonego z bardzo wielu cząstek, lecz odnosi się nawet do pojedynczej cząstki. Mimo takich głębokich zmian aparatu pojęciowego i matematycznego, mechanika kwantowa bynajmniej nie obaliła mechaniki klasycznej. Gdy mamy do czynienia z masami występującymi w makroskopowej fizyce (np. 1 gram), wspomniane efekty kwantowe są zupełnie zaniedbywalne. Jak dobra jest w makrofizyce mechanika Newtona, pokazuje załączone porównanie kwantowej relacji nieokreśloności jednoczesnego pomiaru położenia i prędkości dla elektronu i cząstki makroskopowej o masie 1 grama (tab. 2).

Tablica 2

Sprawdzenie stosowalności mechaniki klasycznej i kwantowej: bardzo ważnym kryterium kwantowego lub klasycznego charakteru zjawisk jest tzw. relacja nieokreśloności Heisenberga, którą zapiszemy w postaci

$$(\Delta x)^2(\Delta v)^2 \geq \left(\frac{\hbar}{2m}\right)^2,$$

gdzie $(\Delta x)^2$ i $(\Delta v)^2$ oznaczają średnie kwadratowe odchylenia położenia i prędkości od wartości średnich tych wielkości, \hbar oznacza stałą Plancka, a m masę cząstki. Otóż dla elektronu wartość liczbową prawej strony tej nierówności (w jednostkach CGS):

$$\left(\frac{\hbar}{2m_{e1}}\right)^2 = 0.28,$$

natomiast dla przykładowej masy makroskopowej 1 g

$$\left(\frac{\hbar}{2 \cdot 1g}\right)^2 = 0.28(0.83 \times 10^{-54}).$$

A więc kwantowa nieokreśloność pomiaru położenia i prędkości jest dla ciała o masie 1 g o 54 rzędy wielkości mniejsza niż dla elektronu.

13. Ósmy etap integracji: elektrodynamika kwantowa

Z biegiem czasu okazało się, że mechanika kwantowa nie opisuje w pełni oddziaływania elektronów z polem elektromagnetycznym (np. nie opisuje rozpraszania fotonów na elektronach, anihilacji par elektron-pozyton itd.). W celu

uzyskania dobrej teorii tego typu zjawisk trzeba było skwantować także pole elektromagnetyczne oraz funkcję falową elektronu. Do fizyki mikroświata został w ten sposób wprowadzony nowy język kwantowej teorii pola, zawierający m.in. pojęcia kreacji i anihilacji cząstek. Doprowadziło to do powstania około 1950 r. elektrodynamiki kwantowej, która opisuje z ogromną dokładnością wszelkie układy złożone z elektronów i pozytonów oraz pola elektromagnetycznego (także pola wytworzonego przez jądra). Do struktury atomów i molekuł teoria ta wnosi tylko bardzo małe poprawki (np. efekt Lamba).

Elektrodynamika kwantowa jest do tej chwili najdokładniejszą, efektywną, syntetyczną teorią mikroświata opisującą ogromny obszar zjawisk mikroskopowych, a — za pośrednictwem mechaniki kwantowej i teorii statystycznych — także niemal wszystkie zjawiska makroskopowe na Ziemi. Tak się bowiem szczęśliwie składa, że wszystkie siły, decydujące o budowie atomów, molekuł, jonów i złożonych z nich ciał makroskopowych, sprowadzają się do oddziaływań czysto elektromagnetycznych. Elektrodynamika kwantowa jest więc teorią nadrzędną dla ogromnej piramidy coraz bardziej szczegółowych teorii (tab. 1).

Oczywiście, zaznaczone na schemacie teorii fizycznych relacje wynikania teorii niższego rzędu z teorii wyższego rzędu są bardzo ważne z poznawczego punktu widzenia, ale niektóre z nich bywają czasem trudne do wykorzystania. Na przykład wiemy, że również ciała makroskopowe powinny być w zasadzie opisane bardzo dokładnie przez równania mechaniki kwantowej. Są to jednak układy złożone z tak wielkiej liczby cząstek, że rozwiązanie tych równań jest zupełnie niewykonalne. Stosuje się więc w takich przypadkach różne, bardziej holistyczne, ale przybliżone teorie kwantowe.

14. Ostateczne połączenie chemii z fizyką

Mimo trwającego od końca XVIII w. stopniowego przejmowania przez chemię fizycznych przyrządów pomiarowych i generatorów zjawisk, tudzież teorii fizycznych, aż do końca lat dwudziestych naszego wieku wierzono nadal w ontologiczną odrębność chemii i fizyki. Przekonanie to było uzasadnione przez występowanie takich pozornie czysto chemicznych pojęć i prawidłowości, jak np. powinowactwa i wartościowości, wiązania chemiczne, periodyczny układ pierwiastków itp., których ówczesne teorie fizyczne nie potrafiły wyjaśnić.

Przełom nastąpił dopiero po powstaniu mechaniki kwantowej. Teoria ta wykazała niezbicie, że wszystkie chemiczne własności atomów wynikają ze struktury ich zewnętrznych powłok elektronowych. Po prostu podobieństwa, wartościowości i wiązania chemiczne atomów oraz układ okresowy pierwiastków są określone przez liczby miejsc na zewnętrznych powłokach atomowych oraz liczby i stany elektronów, znajdujących się na tych powłokach. Mechanika kwantowa tłumaczy też i przewiduje geometryczne i energetyczne własności różnego typu wiązań

chemicznych między atomami, tworzącymi molekuly itd. Tak dokonała się ostateczna, raczej już całkowita, integracja chemii z fizyką. Dzisiejsza chemia nie ma własnych ogólnych, matematycznych teorii. Podstawę teoretyczną chemii stanowi dziś mechanika kwantowa i teorie statystyczne, a także trzy wielkie teorie makroskopowe (głównie termodynamika). Dzisiejsza chemia jest *de facto* jedną z nauk fizycznych w takim samym sensie, jak optyka lub fizyka jądrowa. Oczywiście nie jest to sprzeczne ze stosowaniem w chemii, podobnie jak w optyce lub fizyce jądrowej, specyficznego nazewnictwa i specjalnych taktyk badawczych, podyktowanych przez wybór konkretnego przedmiotu badań.

15. Fizyka jądrowa

Choć jądra atomowe odkryto już w 1911 r., to jednak badania ich struktury oraz sztucznie wywoływanych reakcji jądrowych rozpoczęły się dopiero w latach trzydziestych po odkryciu neutronu jako drugiej obok protonu cząstki składowej jąder. Siły wiążące nukleony w jądra atomowe są bardzo duże. Średnia energia wiązania na nukleon jest prawie milion razy większa od energii wiązania elektronu w atomie wodoru. Niektóre jądra są jednak nietrwałe i rozpadają się samorzutnie. Szczególnie interesujące są stosunkowo powolne rozpady beta, wskazujące na występowanie słabego sprzężenia nukleonu z parą elektron-neutrino. Badania jądrowe doprowadziły więc do odkrycia dwóch nowych rodzajów krótkozasięgowych sił, które nie występują w makroskopowej fizyce. Nazywamy je odpowiednio oddziaływaniami silnymi i słabymi. Brak klasycznego, makroskopowego odpowiednika bardzo utrudnia znalezienie postaci sił jądrowych. Po wielu latach badań wiemy już o nich sporo, ale pozostało jeszcze sporo wątpliwości. Na przykład raczej niepewne jest, moim zdaniem, ignorowanie rozciągłości nukleonów i ich struktury, mimo ich dość ciasnego upakowania w jądrach. Można przypuszczać, że całkowicie zadowalająca teoria jąder będzie mogła powstać dopiero po uwzględnieniu kwarkowo-gluonowej struktury nukleonów, tzn. na podstawie syntetycznej teorii cząstek elementarnych. Stosując do nukleonów mechanikę kwantową i korzystając z różnych informacji empirycznych, skonstruowano jednak wiele modeli jąder i reakcji jądrowych, które oddają dość dobrze znaczną część danych doświadczalnych. Jednakże zarówno ogólność, jak i dokładność tych modeli nie są jeszcze zadowalające i nie wytrzymują one porównania z mechaniką kwantową atomów.

Mimo pewnych trudności teoretycznych, naukowe znaczenie i praktyczne zastosowania fizyki jądrowej są ogromne, a zakres i rodzaj ich wpływu na ludzkość nie mają precedensów w jej historii.

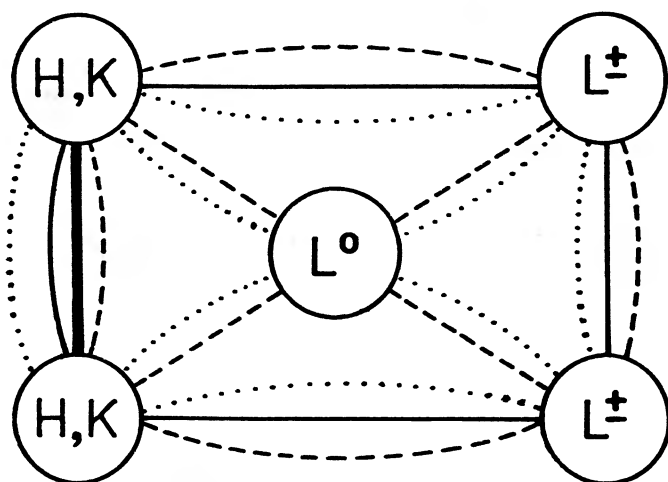
16. Fizyka cząstek elementarnych

Odkrycie jądrowo-elektronowej struktury atomów wykazało definitywnie, że wbrew pierwotnym przypuszczeniom atomy nie są ani niepodzielne, ani niezniszczalne, ani nie są najmniejszymi składnikami materii. Rozmiary nukleonów są bowiem 100 000 razy mniejsze od średnicy atomu wodoru. Pozostawiając atomom ich niezasłużoną nazwę wprowadzono więc nowe pojęcie cząstek elementarnych jako "rzeczywiście najmniejszych" składników materii. Przez kilkanaście lat wydawało się, że cząstek elementarnych jest tylko kilka: proton i neutron, elektron i pozyton, ewentualnie jeszcze foton i hipotetyczne wówczas neutrino.

Począwszy od połowy XX w. odkryto jednak całą plejadę nowych nietrwałych cząstek, które trzeba było również zaliczyć do cząstek elementarnych. Dające się wytworzyć i dość dobrze już zbadane cząstki elementarne dzielą się na trzy rodziny: najliczniejsze hadrony, do których należą np. proton i neutron; kilka leptonów, do których należą np. elektron i neutrino; oraz foton i cząstki W i Z, odpowiedzialne za przenoszenie oddziaływań elektromagnetycznych i słabych. Poza tym każda naładowana cząstka ma swoją antycząstkę o przeciwnym znaku ładunku. Wszystkie hadrony oddziałują między sobą silnie oraz elektromagnetycznie i słabo. Natomiast wszystkie leptony oddziałują słabo między sobą i z hadronami, a w przypadku naładowanych leptonów także elektromagnetycznie (rys. 1).

O hadronach wiemy, że są rozciągle o średnicach rzędu 10^{-13} cm. Poza tym występują w grupach zwanych multipletami o różnych wartościach spinu i parzystości, lecz powtarzających się innych własnościach typu ładunkowego. W celu wytłumaczenia tych regularności Gell-Mann i Zweig zaproponowali w 1964 r. kwarkowy model hadronów. Założyli oni, że hadrony są układami złożonymi z kilku jeszcze mniejszych cząstek zwanych kwarkami o spinie $1/2$ i ułamkowych ładunkach elektrycznych ($+2/3$ i $-1/3$ ładunku elementarnego). Na przykład nukleony składają się z trzech kwarków. Bardzo skrupulatne poszukiwania swobodnych kwarków, np. w promieniowaniu kosmicznym i przy pomocy najpotężniejszych akceleratorów dały rezultaty negatywne. Jednakże bombardowanie protonów elektronami o bardzo wysokiej energii (będące odpowiednikiem doświadczenia Rutherforda z 1911 r.) wykazało, że proton jest rzeczywiście układem złożonym z trzech cząstek o wszystkich własnościach przewidywanych przez model kwarkowy (rys. 2). A więc kwarki istnieją, mają rozmiary tysiące razy mniejsze od nukleonu, ale są w zagadkowy sposób uwięzione we wnętrzu hadronów i nie dają się wyizolować i obserwować jako cząstki swobodne.

Powstało wiele modeli, które próbują tłumaczyć to dziwne uwięzienie kwarków, ale żaden z nich nie jest jeszcze w pełni zadowalający. Najbardziej obiecująca jest chromodynamika kwantowa, która tłumaczy pochodzenie silnych oddziaływań między hadronami sprzężeniem kwarków z ośmioma nowym typem cząstkami



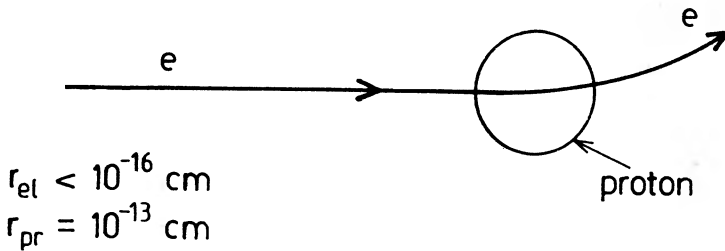
H,K — HADRONY LUB KWARKI
 L[±] — NAŁADOWANE LEPTONY
 L[°] — NEUTRINA

Rys. 1. Oddziaływania między podstawowymi mikrocząstkami: **——** silne; **—** elektromagnetyczne; **- - -** słabe; **· · ·** grawitacyjne

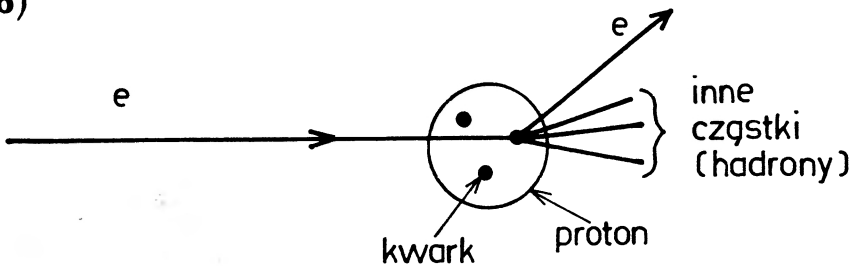
zwanymi gluonami, które też są uwięzione we wnętrzu hadronów. Choć chromodynamika jest z formalnego punktu widzenia bardzo piękną teorią i ma już na swym koncie pewne półilościowe osiągnięcia, to jednak niektóre z jej przewidywań nie zostały jeszcze potwierdzone. Poza tym jest to teoria bardzo trudna z rachunkowego punktu widzenia.

Tak więc choć stwierdzono, że hadrony są układami złożonymi, w pewnym sensie są one oraz pozostałe cząstki elementarne naprawdę niepodzielne, ponieważ w zderzeniach nie udało się ich nigdy rozbić na jakies cząstki składowe, mimo użycia ogromnych już energii, przekraczających wiele tysięcy razy ich energie spoczynkowe. Można więc przypuszczać, że tym razem doszliśmy naprawdę do kresu podzielności materii. Niestety, nie oznacza to, że cząstki elementarne są najmniejszymi i najbardziej fundamentalnymi składnikami materii, do których zalicza się dziś raczej kwarki i leptony.

(a)



(b)



Rys. 2. Badanie struktury protonu za pomocą bombardowania elektronami: (a) przy zbyt niskiej energii (dużej długości fali) elektron “nie dostrzega” szczegółów struktury protonu i reaguje tylko na uśredniony, gładki rozkład ładunku elektrycznego; (b) elektrony o bardzo wysokiej energii “dostrzegają” kwarkową strukturę protonu zderzając się nieelastycznie z pojedynczymi kwarkami

17. Dziewiąty etap integracji: teoria oddziaływań elektroślabych

Już dość dawno zauważono pewne formalne podobieństwa oddziaływań elektromagnetycznych i słabych, ale dopiero kilkanaście lat temu udało się ich połączenie w jedną teorię oddziaływań elektroślabych (tab. 1). Teoria ta nie tylko wyjaśniła szereg obserwowanych już wcześniej prawidłowości, ale podała kilka ważnych przewidywań nowych obiektów i zjawisk: np. wymienionych poprzednio cząstek W i Z , słabych prądów neutralnych itd. Przewidywania te zostały już potwierdzone doświadczalnie.

18. Poszukiwania jednolitej teorii wszystkich fundamentalnych oddziaływań i syntetycznej teorii cząstek elementarnych

Badania mikroświata doprowadziły do wniosku, że przy ogromnej różnorodności makroskopowych i mikroskopowych sił wszystkie one sprowadzają się

tylko do czterech fundamentalnych oddziaływań: silnych, elektromagnetycznych, słabych i grawitacyjnych (rys. 1).

Niewątpliwy sukces teorii oddziaływań elektroslabych ożywił nadzieje znalezienia jednolitej, syntetycznej teorii wszystkich czterech oddziaływań, a przynajmniej trzech pierwszych. Masy cząstek elementarnych są bowiem tak małe, że siły grawitacyjne między tymi cząstkami można we wszystkich rachunkach pominąć. Podano już wiele propozycji takich jednolitych teorii, ale nie są one konkluzywne, a żadna z nich nie ma jeszcze przekonującego poparcia doświadczalnego. Poszukiwania trwają.

Na tym kończę ten krótki przegląd głównych teorii fizycznych i związanych z ich powstawaniem "rewolucji integracyjnych". Na załączonym hierarchicznym schemacie tych teorii linią przerywaną zaznaczone są teorie jeszcze nie całkiem zadowolające, znajdujące się dopiero "w budowie", albo jeszcze niedostatecznie sprawdzone itp. Występują one na wszystkich poziomach od góry do dołu po prawej stronie schematu (tab. 1).

19. Fizyka, astronomia, astrofizyka

Począwszy od Newtona, astronomia stała się *de facto* jedną z nauk fizycznych, która adaptowała stopniowo coraz więcej fizycznych przyrządów detekcyjnych i pomiarowych. Zakres obserwacji został znacznie rozszerzony, np. przez konstrukcję coraz potężniejszych, różnego typu: teleskopów optycznych, radioteleskopów, fotometrów, spektrometrów, interferometrów oraz sond kosmicznych; tudzież przez podjęcie jakościowo nowych badań: temperatury, gęstości, składu chemicznego oraz natężeń pól na powierzchni planet, Słońca i innych gwiazd. Pozwoliło to na odkrycie i badanie coraz odleglejszych obiektów i zjawisk: różnych typów gwiazd, galaktyk, gromad galaktyk, pulsarów, kwasarów, kosmicznego pyłu, tła promieniowania elektromagnetycznego itd. Astronomowie korzystają dziś nie tylko z makroskopowych teorii fizycznych (z teorią grawitacji na czele), lecz także z teorii mikroskopowych, pozwalających na zrozumienie procesów zachodzących we wnętrzu gwiazd i innych ciał niebieskich. Tylko przy wykorzystaniu teorii fizycznych mogły powstać frapujące modele struktury i ewolucji gwiazd, tudzież całego Wszechświata (np. modele "wielkiego wybuchu"). Oczywiście, w obiektach kosmicznych materia może występować w postaciach nie dających się wytworzyć na Ziemi, jak np. czarne dziury, materia neutronowa, wysokotemperaturowa plazma jądrowo-elektronowa, czy nawet kwarkowo-gluonowa. Występowanie i własności takich stanów możemy jednak przewidzieć i zrozumieć na podstawie odpowiednich teorii fizycznych.

Badania astrofizyczne pozwalają na analizę tak podstawowych pojęć jak czas i przestrzeń. Teoria grawitacji Einsteina, która narazie najgłębiej opisuje te po-

jęcia jest jednak czysto klasyczną, geometryczną teorią materialnej czasoprzestrzeni. Wielu fizyków uważa, że zasadnicze zmiany może wprowadzić skwantowanie tej teorii. Wprawdzie nie skonstruowano jeszcze kwantowej teorii grawitacji, ale już z pewnych ogólnych warunków jakie taka teoria powinna spełnić można wyciągnąć frapujące wnioski zmieniające drastycznie modele "wielkiego wybuchu" i dalszej ewolucji Wszechświata (S.W. Hawking).

20. Przenikanie metod ilościowych do biologii

Biologia była bardzo długo dość chaotyczną nauką czysto opisową i jakościową. Dopiero ok. połowy XVIII w. zaczęły się poważniejsze prace nad systematyką roślin i zwierząt (Linneusz). Wprawdzie przebogate katalogi i opisy występujących na wszystkich kontynentach roślin i zwierząt, stanowią nadal bardzo cenną część empirycznej wiedzy biologicznej, ale nie znajdziemy w nich odpowiedzi na liczne pytania, dotyczące: istoty, pochodzenia i ewolucji życia na Ziemi oraz budowy, funkcjonowania, rozmnażania, dziedziczenia, wzrostu, chorób, starzenia się i śmierci żywych istot. Pierwsze aktualne do dziś teorie, które próbowały dać odpowiedź na niektóre z tych pytań, a mianowicie teoria ewolucji Darwina i teoria komórkowa życia też miały charakter jakościowy. Struktura komórkowa żywych organizmów odgrywa jednak w biologii podobną rolę integrującą jak atomowo-molekularna struktura materii w fizyce i chemii. Natomiast teoria ewolucji wprowadziła do nader statycznego poprzednio traktowania gatunków bardzo ważny element ukierunkowanego rozwoju. W przeciwieństwie do raczej pesymistycznej II zasady termodynamiki teoria Darwina implikuje pewien optymistyczny postęp, polegający na stopniowym doskonaleniu i wzbogacaniu form życia. Realizacja tego postępu wymaga jednak działania dwóch okrutnych mechanizmów, a mianowicie walki o byt oraz śmierci każdego żywego osobnika.

Długa dominacja w biologii jakościowego podejścia utrudniała znalezienie głębszych związków przyczynowych i skłaniała biologów do stosowania raczej powierzchniowych, teleologicznych interpretacji przyrody ożywionej. Wprowadzanie metod ilościowych do fizjologii, anatomii, genetyki i medycyny też było długo raczej nieśmiałe i niespójne. Jeszcze w drugiej połowie XIX w. pierwsze odkrycia przez Mendla statystycznych praw dziedziczenia nie wzbudziły zainteresowania biologów i po kilkudziesięciu latach zapomnienia trzeba je było na nowo odkrywać już w XX w.

W XIX w. w badaniach biologicznych zaczęto coraz szerzej korzystać z mikroskopów optycznych oraz chemii, ale dopiero w XX w. notujemy poważniejsze wykorzystywanie metod ilościowych. W drugiej połowie XX w. powstała bowiem biologia molekularna, zajmująca się samymi podstawami życia, tzn. fizykochemią drobin białek i innych biologicznie ważnych związków biorących udział w podstawowych dla życia procesach zachodzących w pojedynczych komórkach. Wielu

chemików i fizyków włączyło się do tych badań, przyczyniając się walnie do odkrycia struktury DNA, RNA, uniwersalnego kodu genetycznego i wielu innych tajemnic żywych komórek. Do opisu wnętrza żywych komórek i wymiany materii z otoczeniem stosuje się dziś głównie koncepcje fizykochemiczne. Od strony eksperymentalnej fizyka oferuje biologii potężne narzędzia obserwacji, jak np. mikroskopy elektronowe, atomy znaczone, różne metody prześwietlania organizmów, niezwykle dokładne i nieinwazyjne tomografy typu NMR lub mikroskopy tunelowe, pozwalające na "zobaczenie" spiralnej struktury DNA, a nawet pojedynczych atomów itd.

Nawet po poznaniu struktury wszystkich molekuł występujących w pojedynczych żywych komórkach, pozostanie jednak do rozwikłania tajemnica ich skoordynowanego współdziałania koniecznego do funkcjonowania komórki jako całości. Następny, zapewne jeszcze trudniejszy problem, to tajemnica rozwoju zarodka w dojrzały organizm i funkcjonowania tego organizmu. Wymaga to bowiem współdziałania ogromnej liczby komórek, a więc różnicowania i koordynacji wykonywanych przez nie funkcji specjalnych, związanych z ich samoorganizacją w złożone organy i całe żywe organizmy.

21. O różnych rodzajach piękna przyrody

Konstruując naszkicowaną tu hierarchiczną piramidę teorii, fizycy byli i są urzeczeni odsłanianym stopniowo ogromem, pięknem i poznawczą wartością tego nie dokończonego przecież dzieła. Czyż nie jest urzekający ten ciąg spójnych teorii sięgających coraz głębiej w mikroskopową strukturę materii i przyczyny obserwowanych zjawisk; teorii coraz bardziej syntetycznych, uniwersalnych i fundamentalnych, o coraz większym zasięgu stosowalności i dokładności? Czy nie jest piękna matematyczna prostota i zwartość podstawowych równań tych teorii, opisujących przecież nieskończenie wiele zupełnie odmiennych obiektów, stanów i procesów? Czyż nie są przepiękne zawarte w tych równaniach symetrie (harmonie) Natury?

Te ostatnie znajdują głęboki matematyczny wyraz w postaci ścisłych, lub tylko przybliżonych, grup symetrii. Fizyczną konsekwencją występowania tych grup są bardzo ważne dla zrozumienia Przyrody prawa zachowania, np. energii, pędu, momentu pędu, kilku rodzajów ładunku, parzystości, parzystości ładunkowej, izospinu itd. (tab. 3).

Przykład symetrii występujących w najprostszym zamkniętym układzie mechanicznym złożonym z dwóch ciał (punktów masowych)

Równania dynamiki Newtona mają wtedy postać

$$A) \quad m_1 a_1 = F(1 \leftarrow 2)$$

$$B) \quad m_2 a_2 = F(2 \leftarrow 1)$$

Zgodnie z trzecią zasadą dynamiki (symetria między akcją i reakcją)

$$F(2 \leftarrow 1) = -F(1 \leftarrow 2)$$

Dla centralnych sił potencjalnych, jakimi są np. siły powszechnego ciężenia:

$$F(1 \leftarrow 2) = Gm_1 m_2 (r_1 - r_2) / |r_1 - r_2|^3,$$

Równania (A,B) mają bogatą grupę symetrii zwaną grupą Galileusza. Zawiera ona:

- a) przesunięcia chwili odliczania czasu: $t \rightarrow t - t_0$
- b) przesunięcia układu odniesienia (xyz): $r \rightarrow r - r_0$
- c) przejścia do innego, poruszającego się jednostajnie układu odniesienia: $r \rightarrow r - V_0 t$
- d) odwrócenie kierunku biegu czasu: $t \rightarrow -t$

Z trzech pierwszych symetrii wynikają trzy ważne prawa zachowania:

$$\text{energii: } \frac{1}{2}(m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) - Gm_1 m_2 / r_{12} = E = \text{const.}$$

$$\text{pędu: } m_1 v_1 + m_2 v_2 = p_1 + p_2 = p = \text{const.}$$

$$\text{momentu pędu: } r_1 \times p_1 + r_2 \times p_2 = J = \text{const.}$$

Wrażliwość na wymienione tu i inne przejawy piękna przyrody nieożywionej nie jest, niestety, wrodzona i powszechna. Są one dość abstrakcyjne i dostępne dopiero po zdobyciu pewnego minimum wykształcenia fizycznego i matematycznego (przynajmniej dobrych stopni z matematyki, fizyki i chemii na maturze). Wspomniane symetrie i prawa zachowania działają w pełni tylko w układach izolowanych, zamkniętych, które są dzięki temu znacznie prostsze od strony matematycznej i bardziej przejrzyste fizycznie. Nie powinno więc dziwić, że fizycy zajęli się najpierw badaniem właśnie takich układów. Jedynie w termodynamice i teoriach statystycznych występowały częstsze wyjątki od tej reguły, ale i tu dominowało zainteresowanie układami izolowanymi, stanami równowagi albo przynaj-

mniej bliskimi równowagi, procesami odwracalnymi albo przynajmniej zbliżonymi do odwracalnych itd.

Oczywiście, występują w naukach fizycznych także inne, mniej abstrakcyjne, a bardziej pogładowe i zmysłowe, odczucia piękna niektórych obiektów, zjawisk, a także eksperymentów, ale — moim zdaniem — można je traktować jako wyjątki od podanej wyżej reguły.

Jakże odmienna jest sytuacja z poczuciem piękna przyrody ożywionej, które jest powszechnie dostępne, wrodzone, raczej czysto jakościowe, nie abstrakcyjne, nie wymagające na ogół naukowego przygotowania. Wyraża się ono w zachwycie i podziwie dla bogactwa, harmonii i zmienności kształtów, barw, dźwięków i zachowań żywych istot. Bardzo niewiele abstrakcji wystarczy, by móc się także zachwycać (faktyczną lub pozorną) celowością różnych form życia. Te dwa tak odmiennie sposoby odczuwania piękna Przyrody stanowiły i stanowią także dzisiaj trudno przenikalną barierę, oddzielającą biologię od nauk ścisłych, a szczególnie od fizyki i matematyki. Mam wrażenie, że wielu biologów stroni od nauk ścisłych, ponieważ boją się oni rzekomej utraty własnej tożsamości. Chodzi tu nie tylko o konieczność nauczenia się nowych, ścisłych metod badawczych i odejścia od starych schematów myślowych, lecz także o obawy zagubienia tego swoistego, zmysłowego, jakościowego piękna przyrody ożywionej. Uważam, że są oni w błędzie, bo nie chodzi tu o utratę tego niewątpliwego piękna (które odczuwają także fizycy i matematycy), lecz o wzbogacenie go o nowe kategorie.

Zadaniem mojego referatu jest szukanie tego, co łączy różne nauki przyrodnicze. Dotyczy to także emocji przeżywanych w pracy badawczej. Otóż jeden rodzaj przeżyć jest chyba wspólny dla wszystkich przyrodników, a mianowicie fakt, że już samo poszukiwanie prawdy (np. w eksperymentach testujących hipotezy) jest często źródłem przyjemniejszych i dłuższych emocji, niż jego konkluzja.

Zilustruje to następująca historyjka: W sklepie tekstylnym młoda kobieta prosi o pokazanie ładnych materiałów na koszulę nocną. Po odłożeniu paru, które się jej spodobały, dama wybiera cienki, ale nieprzezroczysty wzorzysty jedwab i prosi o odcięcie dwunastu metrów. Ekspedient zwraca jej uwagę: "Łaskawa Pani orientuje się chyba, że nawet na bardzo długą i obszerną koszulę nocną wystarczy pięć, najwyżej sześć metrów tego materiału. Jeśli chce Pani mieć dwie koszule, to doradzałbym kupno dwóch różnych materiałów". Na to dama wyjaśnia lekko rumieniąc się: "To ma być jedna, ale skomplikowana koszula. Widzi Pan — wychodzę za mąż za przyrodnika i chciałabym, żeby nasza noc poślubna wypadła jak najlepiej. A słyszałam, że ci naukowcy znajdują więcej przyjemności w długim poszukiwaniu niż w odkryciu".

22. Nowe perspektywiczne poziomy integracji nauk przyrodniczych

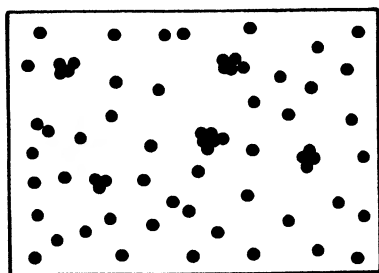
W drugiej połowie XX w. dokonują się na naszych oczach głębokie zmiany w naukach biologicznych. O pewnych frontach zbliżenia biologii do nauk fizycznych i osiągniętych tam sukcesach już wspominałem. Trzeba jednak przyznać, że jesteśmy dopiero na początku tych przemian i jeszcze dalecy od wyczerpania wszystkich możliwości.

Winę za ten niezadowolający stan rzeczy ponoszą nie tylko biolodzy, lecz także fizycy. Otóż, wszystkie organizmy żywe są układami otwartymi, niestabilnymi, wymagającymi do swego istnienia ustawicznej wymiany materii i energii z otoczeniem. Układy te nie znajdują się w stanach równowagi, a zachodzące w nich procesy są nieodwracalne, dysypatywne i niestacjonarne. Nie są to więc tak ulubione przez fizyków układy izolowane o maksymalnej liczbie symetrii i praw zachowania.

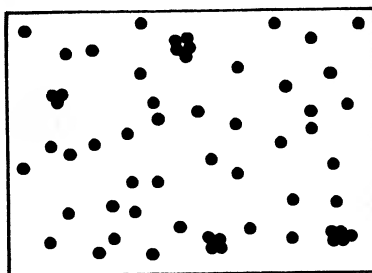
Dopiero stosunkowo niedawno rozpoczęto szeroko zakrojone badania — głównie za pomocą metod statystycznych i specjalnych typów nieliniowych równań — otwartych układów dyssypatywnych. Badania te rozpoczęły konstrukcję nowego, uniwersalnego poziomu integracji nauk przyrodniczych. Chodzi w nich m.in. o zrozumienie roli fluktuacji statystycznych przy przechodzeniu od chaosu do porządku; o frapujące procesy samoorganizacji materii, zachodzące właśnie w złożonych, nie zrównoważonych układach; o procesy, wynikające z istnienia różnych sprzężeń między molekułami lub nawet między makroskopowymi częściami rozpatrywanych układów (rys. 3). Okazuje się zresztą, że ten kierunek badań jest bardzo ważny nie tylko dla biologii, lecz dla wszystkich nauk przyrodniczych. Jako krańcowy przykład można przytoczyć astrofizykę, gdzie w badaniach konsekwencji “wielkiego wybuchu” tłumaczy się obserwowane ogromne odstępstwa od jednorodnego rozkładu materii we Wszechświecie fluktuacjami statystycznymi w bardzo wczesnej fazie jego ewolucji.

Można jeszcze inaczej spojrzeć na interesujące biologów układy. Są to mianowicie bardzo złożone układy o parametrze uporządkowania bardzo odległym od stosunkowo prostych sytuacji krańcowych: tj. od zera (chaotyczny gaz doskonały) i od jedynki (doskonały kryształ) i zbliżonym raczej do $1/2$. Parę miesięcy temu na Ogólnym Zgromadzeniu Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej utworzono nową komisję naukową Fizyki Biologicznej. Nazwa ta podkreśla odmienność tych badań od biofizyki. Ta ostatnia zajmuje się stosowaniem gotowych metod i pojęć fizycznych do problemów biologii. Natomiast fizyka biologiczna ma obejmować jakościowo nowe kierunki badań fizycznych inspirowane przez biologię.

Jeszcze inne możliwości integracji biologii z naukami o przyrodzie nieożywionej stwarza powiązanie ewolucji życia na Ziemi z wcześniejszą oraz równoległą ewolucją materii nieożywionej. Można wyróżnić następujące etapy tej ewolucji: 1)

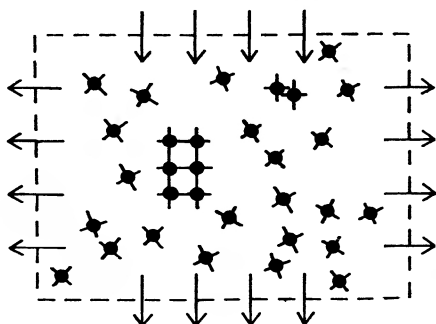


(a)

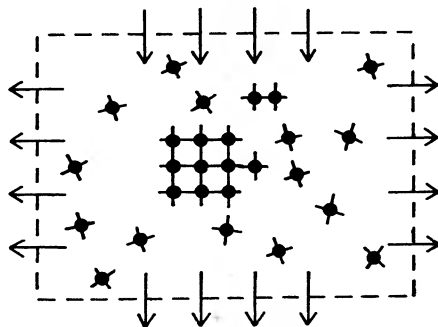


Czas: t_1
 Temperatura: T_1
 Entropia: S_1

$t_2 > t_1$
 $T_2 = T_1$
 $S_2 = S_1$



(b)



Czas: t_1
 Temperatura: T_1
 Entropia: S_1

$t_2 > t_1$
 $T_2 < T_1$
 $S_2 < S_1$

Rys. 3. (a) Zamknięty układ bardzo wielu cząstek w stanie równowagi termodynamicznej: występują tylko "odwracalne" fluktuacje gęstości odpowiedzialne m.in. w przypadku atmosfery ziemi za niebieski kolor nieba (Smoluchowski 1904 r.); (b) Otwarty układ bardzo wielu reagujących ze sobą cząstek w przypadku braku równowagi termodynamicznej; fluktuacje statystyczne reagujących cząstek tworzą "zarodki" uporządkowanych struktur, które w odpowiednich warunkach mogą dalej wzrastać. Sprzyjające warunki mogą wystąpić, gdy entropia odpływa na zewnątrz, a jednocześnie zachodzi dopływ i odpływ potrzebnych dla wzrostu składników materii i energii (np. w postaci ciepła)

Powstawanie cząstek elementarnych z hipotetycznej bardzo gęstej pramaterii; 2) "Wyginięcie" znacznej części nietrwałych cząstek elementarnych i wiązanie silnie oddziałujących nukleonów w wyniku różnych reakcji syntezy jądrowej w coraz cięższe jądra atomowe. Powstawała w ten sposób wysokotemperaturowa plazma

jądrowo-elektronowa; 3) W miarę ochładzania się i rozrzedzania tej plazmy mogły w pewnych obszarach Wszechświata powstawać neutralne atomy i jony atomowe; 4) Przy jeszcze niższych temperaturach wystąpiły reakcje chemiczne, które wiązały niecałą setkę stabilnych atomów w potencjalnie nieskończoną liczbę różnych rodzajów molekuł związków chemicznych; 5) Dopiero po stworzeniu sprzyjających lokalnych warunków, które były w znacznej mierze także rezultatem procesów geologicznych (stworzenie odpowiedniego bogactwa minerałów i molekularnego substratu, odpowiedniej hydrosfery i atmosfery, umiarkowanej temperatury itp.) mogły powstać pierwsze zarodki życia; 6) Wreszcie — długotrwałe umiarkowane temperatury i obfitość rozpuszczonego w wodzie chemicznego, a później także organicznego, pokarmu wyzwoliły procesy biologicznej ewolucji gatunków.

Mówiąc o tych etapach ewolucyjnych nie mam na myśli jakiegoś uniwersalnego procesu, dokonującego się jednocześnie i w ściśle jednakowy sposób we wszystkich zakątkach Wszechświata, lecz jedynie lokalną, ważną dla życia na Ziemi, kolejność czasową. Na przykład na naszej planecie formowanie jąder i atomów praktycznie już nie występuje, natomiast w Słońcu i innych gwiazdach procesy te przebiegają nadal bardzo intensywnie.

Tak więc biologiczna ewolucja wymagała wcześniejszego lokalnego przygotowania środowiska przez odpowiednią ewolucję fizyczną (elementarną, jądrową, atomową, termodynamiczną), chemiczną i geologiczną. Potem również żywe organizmy włączyły się aktywnie do procesów formowania naturalnego środowiska, współczestnicząc w tworzeniu skorupy mineralnej Ziemi i jej hydrosfery, atmosfery oraz biosfery.

Niezależnie od tego, czy pierwszy zarodek życia powstał na naszej planecie, czy też przywędrował na nią z innych obszarów kosmosu, to znalazł on na Ziemi wyjątkowo sprzyjające warunki dalszej ewolucji. Warunków takich nie ma na żadnej innej planecie naszego układu słonecznego. Paleontologia i geologia wykazują, że poza tym niejasnym prapoczątkiem życia, cała dalsza ewolucja gatunków dokonała się na naszej planecie w ciągu kilku ostatnich miliardów lat jej istnienia.

Z punktu widzenia prawa wzrostu entropii powstanie i ewolucja żywych istot są niewyobrażalnie mało prawdopodobne. A jednak życie powstało i rozwinęło się bujnie. Wszechświat dysponuje bowiem dwoma atrybutami, których konsekwencji ciągle jeszcze nie potrafimy pojąć, a mianowicie ogromem skali przestrzeni i czasu, w której jest wiele miejsca na procesy praktycznie wykluczone w skali ludzkiego życia i doświadczenia. Uniwersalne prawa przyrody dopuszczają nieskończoną liczbę możliwości. Odpowiedzi na pytania: które z tych możliwości, gdzie i kiedy zostaną zrealizowane — należą ciągle do największych tajemnic Natury.

23. Jak się ma integracja do specjalizacji?

Między integracją a specjalizacją nie ma żadnej sprzeczności. Nie stanowią one też żadnej alternatywy. Są to dwa jednakowo konieczne, wzajemnie uzupełniające się, komplementarne podejścia do poznania Przyrody. Koncentracja tego referatu na procesach integracyjnych nie oznacza niedoceniaenia specjalizacji, lecz wynika z obserwacji, że znajomość dokonań i perspektyw procesów integracyjnych nie jest powszechna nawet wśród samych przyrodników.

Wąska specjalizacja jest celowa i nieodzowna dla postępu nauki. Dotyczy to szczególnie badań eksperymentalnych, gdzie opanowanie i skuteczne użycie szczególnych taktyk badawczych, np. konstrukcja generatorów, detektorów i przyrządów pomiarowych dostosowanych do wybranego przedmiotu badań, a następnie przeprowadzenie odpowiednich eksperymentów, wymaga koncentracji na tym jednym przedmiocie. Odkrywane w takich specjalistycznych badaniach obiekty i zjawiska, tudzież fenomenologiczne związki i prawa są niewątpliwie bardzo cenną bazą naszej wiedzy przyrodniczej i mają wartość w pewnym sensie samoistną.

Jednakże już na podstawie podanego w tym referacie szkicu historycznego łatwo sobie wyobrazić, o ile uboższa i wręcz kaleka byłaby nasza wiedza przyrodnicza, gdyby nie dopełniły jej i pogłębiły opisane procesy integracyjne. Polegały one nie tylko na uporządkowaniu i zsumowaniu wyników rozlicznych specjalistycznych badań, lecz także na ich ekstrapolacji i na syntetycznym opisie wielu pozornie bardzo odmiennych zjawisk przez jedną wspólną teorię. Zarówno dynamika Newtona, jak termodynamika, elektrodynamika Maxwella, atomistyka i oparte na niej teorie statystyczne, szczególnie teoria względności, teoria grawitacji Einsteina, mechanika i elektrodynamika kwantowa, model kwarkowy hadronów, teoria oddziaływań elektroslabych itd., nie były po prostu podsumowaniami ówczesnej wiedzy empirycznej. Wprawdzie korzystały z niej jako z punktu wyjściowego, ale wprowadzały założenia bardzo znacznie wykraczające poza ramy zastanej wiedzy. Poza tym teorie te z reguły stymulowały, a często wręcz wytyczały dalsze kierunki badań eksperymentalnych.

Postęp nauk przyrodniczych, jaki spowodowały wymienione i inne “rewolucje integracyjne”, nie polegał więc na zręcznym “przetworzeniu” wielkiej liczby otrzymanych informacji szczegółowych, lecz na genialnym ich przekroczeniu, a nieraz nawet na świętokradczym dla czystych empiryków zakwestionowaniu niektórych otrzymanych od nich danych. Te integrujące teorie miały więc na początku charakter raczej próbnych hipotez, zawierających śmiało — można rzec prorocze — przewidywania nowych zjawisk i nowych praw przyrody. Poza tym stwarzały one szerszy punkt widzenia, wskazując na głębokie podobieństwa i wspólne struktury tam, gdzie poprzednio widziano tylko różnice. Oczywiście, te częściowo niejako “odgadnięte” hipotezy zostały uznane za dobre teorie dopiero po pozytywnej analizie stopnia ich spójności z zastaną, dobrze już sprawdzoną, wiedzą oraz po

potwierdzeniu przynajmniej najważniejszych przewidywań. Należy podkreślić, że powstanie nowej, syntetycznej teorii nie oznaczało odrzucenia dawnych, dobrze sprawdzonych teorii, które zostały tylko wchłonięte jako przypadki szczególne lub przybliżenia o mniejszym zasięgu stosowalności. Ten mechanizm postępu nauki nie dotyczy, oczywiście, jeszcze niewystarczająco potwierdzonych hipotez roboczych, które tworzą często ciągi nieodwracalnie i w całości zmienianych paradygmatów.

24. Parę dodatkowych uwag filozoficznych

W wielu punktach tego referatu dotykałem zagadnień, będących przedmiotem dociekań filozoficznych z zakresu epistemologii, ontologii, a nawet aksjologii. W tym końcowym rozdziale chciałbym uzupełnić te rozważania paroma uwagami ogólnymi, dotyczącymi naukowego poznania Przyrody.

Sukcesy wewnętrznej integracji samej fizyki oraz jej scalania z innymi naukami przyrodniczymi w ramach wspólnych, syntetycznych i coraz ogólniejszych teorii fizycznych stwarzają coraz bardziej jednolity obraz całej przyrody nieożywionej i...ożywionej. Leżące u podstaw tej integracji zasady jednolitości materii i powszechności praw przyrody nie zostały dotychczas podważone przez żadne naukowe odkrycia. Nie należy ich jednak uważać za niewzruszalne dogmaty, lecz jedynie za stymulatory badawcze lub drogowskazy, których płodność i trafność została już wielokrotnie potwierdzona, ale mimo to wymagają one ciąglej ostrożności i ustawicznego dalszego sprawdzania. Jeśli stanowią one tylko jakieś przybliżenie, to dowiemy się o tym od samej Natury. Natomiast odrzucanie ich *a priori* stanowi naukowy defetyzm, który wyklucza z góry dalsze sprawdzanie ich poprawności, a tym samym blokuje rozwój nauki. Poza tym trzeba pamiętać, że bez przyjęcia tych zasad wiele nauk przyrodniczych nie mogłoby w ogóle istnieć (np. nauki astrofizyczne).

Metoda badawcza ścisłych nauk przyrodniczych nie jest ani czysto rozumową (racjonalną) metodą dociekania, ani czysto zmysłową (empiryczną) metodą odkrywania prawd absolutnych, lecz jest żmudną racjonalno-empiryczną metodą stopniowego doskonalenia prawd cząstkowych, czyli metodą kolejnych przybliżeń do — zapewne nigdy w całości nieosiągalnej — prawdy absolutnej. Można przyrównać badania przyrodników do dialogu z Naturą. Zgodzimy się chyba wszyscy, że Natura (lub według ludzi wierzących Bóg, jej Stwórca i Dyrektor) nie chce lub nie może objawić ludziom całej, absolutnej prawdy o świecie. Być może umysł człowieka jest za mało sprawny, za mało pojemny, by całą prawdę ogarnąć, zrozumieć i przekazywać innym. Historia nowożytnej nauki dowodzi jednak, że udało się namówić Naturę (lub Boga) na trwały dialog, na udzielanie nam wywiadów. Przez parę wieków wydawało się, że na nasze dobrze postawione pytania (w po-

staci problemów oraz roboczych hipotez) Natura odpowiada (poprzez wyniki testów eksperymentalnych) jednoznacznie: “nie”, gdy się mylimy lub “tak”, gdy się nie mylimy. Odpowiedź “tak” oznaczałaby przynajmniej uchylenie rąbka prawdy absolutnej.

Niestety, dziś już wiemy, że sytuacja jest dużo bardziej złożona. Można ją chyba przyrównać do znanej zabawy w szukanie jakiegoś przedmiotu sterowane przez “wiedzącego” za pomocą stopniowanych wskazówek: “mróz”, “zimno”, “letnio”, “cieplej”, “jeszcze cieplej”, “gorąco”, “upał”, “jest”! Nie chciałbym urazić ludzi wierzących podejrzeniem, że Bóg bawi się z nami w ten właśnie sposób, ale nawet gdyby tak było, to narzucili mu tę zabawę ludzie; rozpoczął ją bowiem nasz przodek Galileusz, a my kontynuujemy ją z nie mniejszym zapalem. Faktem jest, że nie doszliśmy do pełnego poznania Przyrody i poznajemy tylko ciąg coraz lepszych przybliżeń. I to nam musi wystarczyć, bo jest to i tak najlepsza oraz najpewniejsza wiedza jaką możemy i potrafimy zdobyć. Einstein powiedział, że na nasze pytania Natura nie odpowiada “tak” lub “nie”, lecz “nie” lub — raczej enigmatycznie — “być może” (perhaps).

Na zakończenie opowiem tym razem podobno prawdziwą anegdotkę o wielkim fizyku Nielsie Bohrze. Otóż, Bohr spotkał kiedyś dawnego kolegę szkolnego, który zaprosił go na pogawędkę do swojego domku letniskowego. Gdy podchodzili do domku, Bohr zauważył przybitą na drzwiach podkowę i jako człowiek niewierzący również w przesady zapytał: “Po co przybiłeś tę podkowę?” — “Jak to — nie wiesz, że podkowa przynosi powodzenie?” — “I ty w to wierzysz?” — naciskał dalej Bohr. “Ależ skądże, wcale nie wierzę”. “To już zupełnie nie rozumiem po coś to przybił” — zdumiał się Bohr. — “Bo to podobno działa nawet wtedy, gdy się nie wierzy”.

Morał: Równie zabawne jak ta anegdotka są nierzadkie sytuacje, gdy swymi pracami potwierdzają zasadę jedności przyrody nawet ci badacze, którzy otwarcie ją kwestionują...

WSPOMNIENIA — ROCZNICE

Bronisław Średniawa

*Institut Fizyki
Uniwersytet Jagielloński
Kraków*

Ewolucja pojęcia eteru i wczesny okres teorii względności w pracach fizyków krakowskich

The evolution of the concept of ether and the early period of the theory of relativity in the investigations of Cracow physicists

Abstract: The investigation in the theory of ether from the seventies of 19th century and then the work in the theory of relativity up to the twenties of 20th century are presented here. Papers by Edward Skiba on the theory of ether in the seventies of 19th century, which initiated the work on this theory of ether in Cracow and the lectures of August Witkowski at the break of the 19th and 20th centuries showing the difficulties connected with the notion of ether are discussed. The reception of relativity by Witkowski and by Cracow physicists is reported. Kamil Kraft's papers as well as Leopold Infeld's doctoral dissertation are presented.

1. Wstęp

Badania nad teorią eteru w XIX w. i prace w dziedzinie teorii względności w Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie mają długą historię. Teorią eteru zajął się w Krakowie w latach osiemdziesiątych XIX w. Edward Skiba, który objął w 1872 r. katedrę fizyki teoretycznej, zwaną wówczas fizyką matematyczną. Na przełomie XIX i XX w. zainteresowanie Augusta Witkowskiego teorią eteru i po r. 1905 teorią względności oraz wykłady Władysława Natansona dały w Krakowie impuls pracom Kamila Krafta i Leopolda Infelda w latach dziesiątych i dwudziestych. Od lat trzydziestych do pięćdziesiątych badania nad teorią względności

prowadził w Krakowie Jan Weysenhoff ze współpracownikami, a później jego następcy. Nas interesuje tu pięćdziesięcioletni okres, obejmujący ostatnie trzy dziesiątki lat XIX w. i pierwsze dwudziestolecie XX wieku. Okres ten można podzielić na dwa stadia. W pierwszym, który można by określić jako prehistorię teorii względności od 1872 do 1905 r., fizycy krakowscy zajmowali się teorią eteru. Drugie stadium od powstania teorii względności Einsteina w 1905 r. do lat dwudziestych naszego wieku można by nazwać wczesnym okresem teorii względności.

2. Prace Edwarda Skiby z teorii eteru

Edward Skiba (1843-1911) [1-3] studiował fizykę w Krakowie i w Warszawie. Po uzyskaniu w Krakowie doktoratu w 1869 r. został asystentem katedry fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, kierowanej przez prof. Ludwika Kuczyńskiego (1811-1887), a w 1872 r. profesorem utworzonej dla niego katedry fizyki teoretycznej w tymże Uniwersytecie¹. Skiba wykonywał badania doświadczalne i teoretyczne. W dziedzinie fizyki teoretycznej zajmował się teorią sprężystości. Praca w zakresie teorii sprężystości doprowadziła go do zajęcia się zjawiskami związanymi z przechodzeniem światła przez materię.

W tej dziedzinie ogłosił trzy prace, w których rozpatrywał zjawiska przechodzenia światła przez materię posługując się swoją modyfikacją teorii eteru sprężystego jako ośrodka przewodzącego światło. Skiba założył, że eter ma zupełnie inne własności w obszarach zajętych przez materię w stanie stałym niż w próżni lub obszarze wypełnionym przez gaz. Staje się on wtedy ośrodkiem sprężystym anizotropowym.

W ogłoszonej w 1872 r. pracy pt. "Nowa teoria rozszczepienia światła" [4] Skiba od odrzucił hipotezę Cauchy'ego, według której eter wewnątrz ciał stałych różni się od eteru w płynach i próżni tylko gęstością. Przyjąwszy eter wewnątrz ciał stałych jako ośrodek anizotropowy sprężysty, napisał on równania fali świetlnej rozchodzącej się w takim ośrodku. Uważał, że rozszczepienie światła jest efektem drugiego rzędu wobec zjawiska załamania światła. Aby ten efekt uwzględnić należało napisać równania rozchodzenia się światła w materii w dokładniejszym przybliżeniu. W równaniach rozchodzenia się fali świetlnej w eterze Skiba wprowadził wyrazy zawierające drugie pochodne odkształcenia oraz związane z nimi współczynniki sprężystości eteru (w liczbie 486 w ciele jednorodnym, a 108 w ciele jednorodnym i izotropowym). Żądając następnie aby (płaska) fala przechodząca przez eter była poprzeczna, otrzymał związki między współczynnikami sprężystości eteru oraz zależność prędkości fali od współczynników sprężystości eteru i od jego gęstości.

¹Pierwsza katedra fizyki w tym Uniwersytecie została utworzona w 1778 r. Kierowali nią profesorowie fizyki doświadczalnej.

W 1874 Skiba opublikował dwie następne prace teoretyczne z dziedziny elektromagnetyzmu, oparte na teorii eteru. Pierwsza z nich nosiła tytuł "O elektryczności promienistej" [5]. W niej autor zajął się prawami wzajemnego oddziaływania prądów elektrycznych w teorii Ampère'a. Po krytycznym przedyskutowaniu wzoru Webera na siłę oddziaływania między dwoma poruszającymi się ładunkami, zależącą zarówno od odległości tych ładunków, jak i od ich prędkości względnej, Skiba wyprowadził nowy wzór na tę siłę, wychodząc z następujących założeń:

A. Działanie wzajemne dwóch elektryczności e_1 i e_2 w odległości r przenosi się za pomocą fal podłużnych rozchodzących się w eterze;

B. Działanie elektryczne na odległość na każdą jednostkę elektryczności pod względem swej mocy jest proporcjonalne do siły żywej tj. energii kinetycznej drgania pojedynczych cząstek elektrycznych w dochodzących falach.

Skiba przyjął tu, że eter w ciałach jednorodnych i bezkierunkowych jest (w dostatecznym przybliżeniu) jednorodny i bezkierunkowy i że drgania w eterze rozchodzą się we wszystkich kierunkach z jednakową prędkością obejmując coraz więcej cząstek eteru. Opierając się na tych założeniach wyprowadził wzór na siły oddziaływania wzajemnego ruchomych ładunków oraz oddziaływania na siebie prądów.

Wzór ten zawiera dwie stałe, które można tak dopasować, aby otrzymać wzór Ampère'a. Praca kończyła się stwierdzeniem, że *"Z hipotezy naszej dają się więc wyprowadzić prawa Ampère'a, a zatem teoria nasza zgadza się z prawami wykrytymi na drodze doświadczalnej. Hipoteza tu podana prowadzi do bardzo wielu nowych wniosków i praw, rozwinięcie jej zostawiamy sobie na później. Tu napomknijemy tylko, że przewodnią naszą myślą jest: oddzielić badania teoretyczne nad przenoszeniem się działań elektrycznych na odległość od badań samej elektryczności, podobnie jak rozróżniamy ciepło promieniste od ciepła pochłoniętego przez różne ciała. Tu podana teoria jest więc teorią elektryczności promienistej"*.

Gdy uprzytomnimy sobie, że 9 lat wcześniej, tj. w 1865 r. Maxwell sformułował elektromagnetyczną teorię światła, musimy stwierdzić, że omawiana tu praca już w chwili wydania była anachronizmem. Świadczyło to o powolnym rozprzeżeniu się w owych czasach nowych idei i nowych teorii.

Ostatnia praca Skiby, poświęcona rozchodzeniu się światła w ośrodkach materialnych, oparta na teorii eteru, nosiła tytuł "Teoryja matematyczna pochłaniania światła" [6]. Ogłoszona została w 1874 r. Praca ta zaczęła się od krytyki teorii Stokesa pochłaniania światła, zakładającej, że energia fali periodycznej w eterze o częstości równej częstości drgań drobin ośrodka materialnego przenosi się na drgania tych cząstek co powoduje, że fala eteru znika, a więc światło zostaje pochłonięte. Skiba założył, podobnie jak w rozważanej już swojej pracy z 1872 r., że struktura eteru jest inna w obszarze zajęтым przez materię niż tam, gdzie materii nie ma. Przy drobinach ciała tworzy się pewnego rodzaju "atmosfera eteryczna";

eter wewnątrz ciała musi mieć gęstość zmienną, stanowiąc skomplikowany anizotropowy ośrodek, mający jednak strukturę okresową. Z powodu występowania tej struktury fale o różnych częstościach przechodzą przez ciało materialne na różne sposoby, jedne fale przebiegają ten obszar swobodnie, inne będą swoją energię oddawać cząstkom eteru, co można uważać za objaw swoistego tarcia pomiędzy falą a cząstkami eteru. Tarcie to wywołuje ruch drobin ciała materialnego o częstości niekoniecznie równej (jak u Stokesa) częstości drgań własnych drobin.

Równania ruchu fali świetlnej w sprężystym anizotropowym ośrodku eterycznym Skiba przyjął z swojej pracy [4] z 1872 r. Rozwiązując te równania obliczał częstości fal świetlnych nie pochłoniętych przez eter, a przy pewnych założeniach, odnoszących się do okresowości struktury eteru, opisał nawet zjawisko dyspersji anomalnej. W swoich pracach, opartych na teorii eteru Skiba nie otrzymał żadnych wyników liczbowych.

Wszystkie trzy omawiane tu prace Skiby mają oczywiście znaczenie tylko historyczne. Ilustrują one desperackie próby tłumaczenia zjawisk fizycznych na podstawie fałszywej teorii.

3. Odczyty Augusta Witkowskiego o eterze

Zagadnieniami przestrzeni i czasu, jako leżącymi u podstaw fizyki i nauk przyrodniczych zajmował się w Krakowie przez długie lata August Witkowski. August Witkowski (1854–1913) ([7] i §§2, 6; 3, 9 w [3]) był fizykiem na miarę europejską. Studiował we Lwowie, a potem w Berlinie u Kirchhoffa i Helmholtza i w Glasgow u Williama Thomsona, po czym pracował jako docent we Lwowie. Po tragicznej śmierci prof. Zygmunta Wróblewskiego w 1888 r., Witkowski został jego następcą na katedrze fizyki doświadczalnej w Krakowie. (Przypomnijmy, że fizyk Wróblewski z chemikiem Karolem Olszewskim [8, 9] skroplili w 1883 składniki powietrza i stworzyli w Krakowie jeden z najważniejszych w owych czasach ośrodek kriogeniczny w Europie). Witkowski kontynuował w dziedzinie fizyki doświadczalnej badania Wróblewskiego, zajmował się również fizyką teoretyczną i metodologią fizyki i właśnie na tę jego działalność pragniemy zwrócić uwagę.

Swoje poglądy na metodologię nauk przyrodniczych i na rozwój fizyki Witkowski przedstawił w kilku odczytach. Interesowało go szczególnie zagadnienie eteru i jego własności. Na podstawie kolejnych odczytów, wygłaszanych przez Witkowskiego w kilkuletnich odstępach, można śledzić ewolucję jego poglądów na eter, a w szczególności można obserwować z jaką trudnością zrezygnował stopniowo z różnych konkretnych własności eteru jako ośrodka przewodzącego światło, a potem jak po sformułowaniu teorii względności przez Einsteina zrezygnował z potrzeby używania pojęcia eteru w fizyce.

W pierwszym odczyty "O nowych poglądach na teorię światła" [10] wygłoszonym dnia 11 lutego 1887 r. na Walnym Zgromadzeniu Towarzystwa im.

Kopernika we Lwowie, Witkowski przedstawił ówczesną sytuację teorii eteru jako ośrodka, w którym rozchodzi się światło. Skłaniał się do przyjęcia hipotezy eteru w fizyce: "Przewodnik światła musi być materią niezmiernie subtelną. Jest to zasadniczym przypuszczeniem teorii światła, że istnieje tak zwany eter powszechny, na przypuszczenie to wszyscy się godzą i graniczy ono niemal z pewnością". W dalszym ciągu Witkowski stwierdził, że w owym czasie istniały dwie falowe teorie światła, teoria sprężysta [teoria eteru] i teoria elektromagnetyczna [Maxwella]: "Przeważna część fizyków skłania się ku pierwszej, dawniejszej, przypuszczając, że istotę światła stanowi ruch eteru sprężystego... chociaż nie da się zaprzeczyć, że dalsze rozwinięcie teorii elektromagnetycznej przynieść może niemałe korzyści zarówno teorii światła jak i elektryczności. Na podstawie tego bowiem, co obecnie wiemy o tej teorii, należy przypuszczać, że zostanie ona teorią przejściową i ostatecznie zejdzie się z teorią sprężystą, przyczyniając się prawdopodobnie do wyjaśnienia istoty zjawisk elektrycznych". Późniejszy o 13 lat odczyt Witkowskiego pt. "Uwagi o kilku ogólnych zasadach nowoczesnej fizyki" [11], wygłoszony na posiedzeniu sekcji filozoficznej krakowskiego oddziału Polskiego Towarzystwa Przyrodniczego im. Kopernika w dniu 8 listopada 1900 r. miał charakter metodologiczny, Witkowski podzielił prawa fizyki na dwie grupy: prawa próżni (eteru), które mogą być w znacznej mierze zgeometryzowane oraz prawa materii, w których trudno odwoływać się do intuicji geometrycznej.

W pierwszej grupie praw "... równania zasadnicze nowoczesnej teorii elektromagnetycznej, o ile odnoszą się do próżni nie wyrażają także nic innego jak pewne geometryczne relacje postępow i obrotów, albo wirów i cyrkulacji. Być może, że wydawałyby się równie oczywistymi jak prawo odwrotnych kwadratów i byłoby już dawno odkryte, gdybyśmy umieli operować intuicyjnie geometrią wirów, równie biegle, jak to czynimy z geometrią kul. W tym znaczeniu, jak sądzę, możnaby wyobrazić sobie geometrię w ten sposób uogólnioną, aby mieściła w sobie fizykę eteru.

W geometrii zwyczajnej brak elementu czasu. W fizyce eteru czas występuje, ale miara jego jest nierozdzielnie związana z miarami przestrzeni. W próżni doskonalej fale elektromagnetyczne, krótkie i długie, aż do najkrótszych, które zowiemy światłem, poruszają się z jednakową szybkością 300000 km w sekundzie...

W każdym razie jest rzeczą godną zaznaczenia, że owa geometria przyszłości, podobnie jak dzisiejsza, mogłaby obyć się bez jednostki czasu, niezależnie określonej. Jednostką byłby np. czas w którym jaka bądź fala energii przebiega w próżni jednostkę długości".

Uwagi te dotyczące geometryzacji czasoprzestrzeni, wypowiedziane pięć lat przed powstaniem teorii względności, a osiem lat przed słynnym odczytem Hermana Minkowskiego pt. "Przestrzeń i czas" [12], wygłoszonym w 1908 r., są w jakimś stopniu zbliżone z ideą geometrii Minkowskiego.

W drugiej grupie praw, odnoszących się do materii, trudno jest odwoływać się do intuicji geometrycznej. Do sformułowania tych praw można dojść przez stosowanie metod empirycznych i przez uogólnienie wniosków uzyskanych empirycznie. Do tego typu praw należą prawa zachowania masy, energii i prawo wzrostu entropii, dyskutowane szerzej w omawianym artykule.

Wątpliwości co do realnego istnienia eteru wyraził Witkowski w odczycie pt. "Eter" [13], wygłoszonym w Krakowie w dniu 13.11.1902 r. Odczyt ten Witkowski zaczął od stwierdzenia, że spośród wszystkich nieważkich substancji w rodzaju cieplika, rozważanych w XVII w. utrzymał się w fizyce pierwszych lat XX w. tylko eter wypełniający próżnię, przezroczysty, nieważki, sprężysty, przewodzący drgania świetlne. Jednak badania własności eteru napotykały na wielkie trudności. Zjawisko aberracji światła i wyniki doświadczenia Lodge'a stwierdzające, że szybki ruch krążka metalowego nie ma wpływu na prędkość przebiegającego blisko niego promienia światła wskazywały na fakt, że eter jest nieruchomy. Lecz próby określenia prędkości ciała materialnego względem nieruchomego eteru, wykonane przez Michelsona i innych nie dały pozytywnego rezultatu, sugerując, że eter powinien być unoszony przez ciała. Zatem, jeżeli nie możemy rozwiązać zagadki absolutnego ruchu, to "wszystkie zjawiska dostępne naszemu spostrzeżeniu, czy to optyczne, czy też inne będą zależne jedynie od ruchów i konfiguracji materii zwykłej. Ani ruchy ani konfiguracje eteru nie wchodzi w rachubę. Wynik ten jest znamienny dla współczesnego nastroju badaczy przyrody. To w co wierzone jako realność schodzi do znaczenia symbolu. . . Sądzę że jak pojęcie materii jest wyrazem naszego doświadczenia zewnętrznego, zmysłowego, tak pojęcie eteru należy uważać jako wyraz naszych doświadczeń wewnętrznych, intelektualnych; eter jest białą tablicą, na której umysł nasz kreśli barwny obraz wzajemnych stosunków między ciałami materialnymi. Taki eter wystarczy nam w zupełności. W takim znaczeniu eter jest, był i będzie".

4. Uznanie teorii względności przez Augusta Witkowskiego

Zajmując się przez wiele lat zagadnieniem przestrzeni, czasu i eteru Witkowski zrozumiał szybko doniosłość idei teorii względności Einsteina i był jednym z pierwszych fizyków, który uznał tę teorię wkrótce po ukazaniu się w 1905 r. pracy Einsteina "O elektrodynamice ciał w ruchu". Pisał o tym Leopold Infeld (1900–1968) w książce *Albert Einstein* [14].

"Próbowałem tu naszkicować rewolucyjne zmiany, których przyczyną były dwie prace Einsteina. Jakie wrażenie wywołały te nowe idee? Z początku nie wywołały niemal żadnego. Dziś ważne wyniki zyskują uznanie znacznie szybciej, a rewelacyjnie nowa praca wywołuje często powódź innych prac, których autorzy rozbudowują nowe idee i rozwijają je matematycznie. Jednakże tuż po ukazaniu

się artykułów Einsteina takiej powodzi prac nie było. Zaczęła się ona mniej więcej w cztery lata później; jak na czas potrzebny do uznania przez naukę – był to okres dość długi. A jednak wiem, że fizycy, którzy w tym właśnie okresie bardzo uważnie czytali prace Einsteina, widząc w nich narodziny nowej nauki. Przyjaciel mój, profesor Loria² opowiadał mi jak jego nauczyciel, profesor Witkowski (a był on wielkim nauczycielem) przeczytawszy pracę Einsteina powiedział do Lorii: «Narodził się nowy Kopernik. Niech pan przeczyta pracę Einsteina». Gdy później 1907 r. we Wrocławiu profesor Loria spotkał profesora Maxa Borna, opowiedział mu o Einsteinie i spytał, czy czytał jego pracę. Okazało się, że ani Born ani nikt z obecnych na zjeździe we Wrocławiu fizyków nic o Einsteinie nie słyszeli. Poszli więc do biblioteki i wzięwszy z półki siedemnasty tom *Annalen der Physik* zaczęli czytać pracę Einsteina. Max Born natychmiast zrozumiał jej doniesłość, a także potrzebę jej uogólnienia. Ogłoszona później własna praca Borna stała się jedną z najważniejszych, jakie w pierwszym okresie napisano na temat teorii względności.”

W dniu 22 maja 1909 r. Witkowski wygłosił w Krakowie na posiedzeniu Akademii Umiejętności odczyt “O zasadzie względności” [15], w którym w prosty i jasny sposób przedstawił zasadnicze myśli szczególnej teorii względności. Omówił doświadczenie Michelsona i Morleya i kontrakcję Lorentza, po czym sformułował aksjomaty szczególnej teorii względności Einsteina i przedstawił ich konsekwencje, mianowicie względność równoczesności, skrócenie miarek długości i przedłużenie sekundy. Odczyt zakończyły uwagi odnoszące się do teorii eteru. Witkowski wyraził opinię, że “Eter był nam potrzebny dopóki bez jakiejś nici przewodniej bylibyśmy zbłąkani wśród lasu różnorodnych luźnych faktów. Skorośmy raz przejrzel i zrozumieli ich związek, poprzestaśmy na konkluzji, że zjawiska świetlne przedstawiają się nam tak, jak gdyby polegały na ruchu fal lecących z miejsca na miejsce z wiadomą ogromną szybkością. Nie pytajmy o więcej, gdyż nic nadto nie dowiemy się. Z szeregu bytów metafizycznych należy eter ostatecznie i stanowczo wykreślić.”

Lecz trwające od wielu lat przyzwyczajenie posługiwania się pojęciem eteru nie pozwoliło Witkowskiemu na radykalne odrzucenie tego pojęcia, ponieważ bezpośrednio dodał: “Nie zniknie on zresztą z nauki. Podręczniki optyki ciał nieruchomych nie zmieniają się ani o jotę. Zachowają one eter na zawsze, wszelako jako pojęcie dydaktycznej natury, jako środek do uzmysłowienia a nie do wytłumaczenia praw przyrody.”

Witkowski chociaż przyjął entuzjastycznie i uznał teorię względności, jednak w wykładach dla studentów oraz w swoim obszernym trzyciowym podręczniku pt. *Zasady fizyki* [16] zachował poglądy, które wyłożył w 1902 r. w swoim odczycie

²Stanisław Loria (1883–1956) studiował w Krakowie i Lipsku. W latach 1907–1913 był asystentem prof. Witkowskiego w Zakładzie Fizyki UJ.

pt. "Eter", o czym świadczą następujące jego wypowiedzi: W §157 drugiego tomu *Zasad fizyki* zawierającego wykład optyki, Witkowski objaśnia zmiany w czasie i przestrzeni fali elektromagnetycznej, mówiąc że: "polegają one na elektryzowaniu i magnetyzowaniu się eteru (zawsze jedno i drugie razem) w kierunkach prostopadłych do promienia i względem siebie prostopadłych."

Kończąc trzeci tom *Zasad* zawierający wykład elektromagnetyki, Witkowski napisał w §246, że:

"Pojęciem eteru jako podłoża tych [tj. elektromagnetycznych] fal posługuje się i ta teoria [elektromagnetyzmu], nie przypisuje mu jednak innych własności jak tylko przyjmowania w siebie energii elektrycznej według praw indukcji. Poza tym pozostawia swobodę wyobrażenia sobie eteru, jak się komu podoba, choćby nawet jako metodyczny środek ujęcia praw przyrody."

O Einsteinie i teorii względności Witkowski w swoich wykładach fizyki teoretycznej nie wspominał, uważał chyba, że teoria ta była wtedy zbyt nowatorska i kontrowersyjna aby już trafić do podręcznika akademickiego, w którym przedstawia się fakty bezspornie ustalone przez naukę oraz ogólnie uznane teorie fizyczne.

Profesorem fizyki teoretycznej w Uniwersytecie Jagiellońskim był w latach 1890–1934 Władysław Natanson [17], który zajmował się na przełomie XIX i XX w. badaniami w dziedzinie termodynamiki i który pierwszy sformułował w 1896 r. zasady termodynamiki procesów nieodwracalnych. We wczesnych pracach Natansona raz tylko znalazła się wzmianka o eterze w odczycie pt. "Świat widoczny od strony elektrycznej" [18] wygłoszonym w 1907 r. "...w czystym eterze fala rozbiega się dzięki magnetycznemu działaniu samych tylko oscylacji pola elektrycznego. Prędkość takiej fali biegnącej w czystym eterze, jest dokładnie znana; ona wydaje się dzisiaj niejako cechą mierniczą tego wszechświata, wrytą w fundamencie jego budowy".

Zauważmy jednak, że Natanson, jako profesor ośrodka krakowskiego znalazł w tym czasie teorię względności, czego dowodem jest fakt, że zabierał głos w dyskusji nad referatem Jakuba Lauba [19] (zob. także §2 w [7]) wygłoszonym na X Zjeździe Lekarzy i Przyrodników Polskich we Lwowie w 1907 r.

5. Pierwsze krakowskie prace naukowe z teorii względności

Zainteresowania Augusta Witkowskiego teorią względności miały charakter teoriopoznawczy, nie pisał on oryginalnych prac z tej dziedziny. Pierwszym, który zajął się twórczo teorią względności był lekarz i okulista Kamil Kraft (1872–1945) (zob. §4.5 w [3]). Kraft po ukończeniu studiów medycyny i uzyskaniu z niej doktoratu studiował w latach 1898–1901 fizykę w Krakowie, później do 1905 roku pracował jako stypendysta i asystent w Zakładzie Uniwersytetu Jagiellońskiego. Uczył potem w szkołach średnich i wykonywał praktykę lekarską. W latach 1911–1912

ogłosił w *Biuletynie Akademii Umiejętności* pięć prac ze szczególnej teorii względności.

W pierwszych dwóch pracach [20, 21] wyprowadził identyczność wyrażającą d'alambertjan biwektora przy pomocy jego czterowymiarowej dywergencji i rotacji i zastosował tę identyczność do rozwiązywania równań Maxwella. W następnych dwóch pracach [24, 25] obliczył współczynniki transformacji Lorentza w przypadku dwóch układów inercyjnych o nierównoległych osiach, upraszczając wzory otrzymane dawniej przez Minkowskiego oraz wyprowadził wyrażenie na składowe pola elektrycznego i pola magnetycznego w ruchomych ośrodkach materialnych.

W ostatniej pracy z teorii względności "O własnościach liniowych transformacji czasoprzestrzennych [24] Kraft sformułował i udowodnił następujące twierdzenie: Jeżeli dwa prostokątne układy współrzędnych $S(x\ y\ z\ t)$ i $S'(x'\ y'\ z'\ t')$ poruszają się względem siebie ruchem postępowym ze stałą prędkością, to dla odpowiedniego wyboru początków obu układów zachodzi związek

$$\varepsilon(x'^2 + y'^2 + z'^2) - t'^2 = \varepsilon(x^2 + y^2 + z^2) - t^2,$$

gdzie $\varepsilon = \text{const}$. Dla $\varepsilon = 1$ otrzymujemy stąd transformację Lorentza i prawa szczególnej teorii względności, dla $\varepsilon = 0$ oraz $x'^2 + t'^2 + z'^2 = x^2 + y^2 + z^2$ dostaje się transformację Galileusza i mechanikę Newtona.

Pierwsza z prac Krafta cytowana była przez Wilsona i Lewisa [25], ostatnia przez Infelda [26] (Dokładniejsze omówienie prac Krafta znajdzie czytelnik w [3] i [7]).

6. Wykłady Władysława Natansona i praca doktorska Leopolda Infelda

Przez następnych kilka lat nie ogłoszono w Krakowie oryginalnej pracy z teorii względności, teoria ta nie była tu jednak zapomniana. Uwzględnił ją w swoich wykładach fizyki teoretycznej Władysław Natanson. O wykładach tych wspominał w swoich pamiętnikach Leopold Infeld [27, 28], który jako student uczęszczał w latach 1916–18 na wykłady Natansona: "Pierwszy raz usłyszałem nazwisko Einsteina podczas drugiego roku studiów na Uniwersytecie Jagiellońskim. A było tak: Fizykę teoretyczną wykladał podówczas profesor Władysław Natanson; wykladał pięknie, tak pięknie, że znikaly trudności, że wydawało się wszystko już załatwione, rozwiązane, wyjaśnione i to raz na zawsze [...]. Na drugim roku uniwersytetu wykładał mechanikę klasyczną [...]. Przy końcu roku akademickiego profesor Natanson poświęcił kilka godzin szczególnej teorii Einsteina. Po raz pierwszy usłyszałem to nazwisko, po raz pierwszy usłyszałem o transformacji Lorentza, którą Einstein sformułował.

Wykłady te były dla mnie rewelacją. Jeszcze dziś, po bliski czterdziestu latach mam przed oczami obraz tablicy zapisanej wzorami, słyszę niemal głos

profesora. Pamiętam jak profesor Natanson powiedział o Einsteinie: „geniusz nad geniusze”. Pamiętam wrażenie jakie wywarło na mnie piękno struktury teorii względności, odwaga przyjęcia zupełnie nowego punktu widzenia, odwaga przyjęcia dziwnych, zdawałoby się wówczas nonsensownych wniosków. Nie byłem dostatecznie przygotowany, aby zrozumieć w pełni strukturę teorii względności, ale wiedziałem że powrócę do niej jeszcze”. (Infeld poświęcił prawie całą swoją działalność naukową teorii względności).

Wykłady opisane przez Infelda prowadził Natanson w roku akad. 1917/18. Jest bardzo prawdopodobne, że Natanson wykładał teorię względności na swych kursach mechaniki teoretycznej, prowadzonych we wcześniejszych latach.

Po czteroletnich studiach w Krakowie, Infeld wyjechał na pół roku do Berlina. Wrócił z pracą, zatytułowaną „Fale świetlne w teorii względności” [29], którą w Krakowie przedstawił jako dysertację doktorską profesorowi Natansonowi i uzyskał doktorat w 1921 r.

Praca składała się z dwóch części. Pierwsza część była poświęcona szczególnej teorii względności. Infeld ograniczył się do przypadku optyki geometrycznej, rozważając fale o bardzo dużej częstości i wykazał, że równania Maxwella można rozwiązać wtedy, gdy spełnione jest równanie eikonału. Wynika stąd że trójwymiarowy wektor Poyntinga ma w szukanym, niejednorodnym ośrodku materialnym kierunek promienia świetlnego.

Druga część pracy odnosiła się do ogólnej teorii względności. Infeld wykazał tam, że w statycznym polu grawitacyjnym wektor Poyntinga dla fal elektromagnetycznych bardzo dużej częstości również istnieje i jest równoległy do wektora świetlnego, którego linią światła jest geodetyka zerowa. Zatem optyka geometryczna jest zerowym przybliżeniem rozwiązań równań Maxwella w szczególnej jak i ogólnej teorii względności.

Jest rzeczą interesującą, że nawet w tych latach, gdy Infeld pisał pracę doktorską, można dostrzec ślady posługiwania się słownictwem teorii eteru, gdyż Infeld napisał w swojej dysertacji: „Propagacja każdego działania, którego podłożem jest eter, może się odbywać jedynie wzdłuż linii geodetycznej zerowej naszego kontinuum czterowymiarowego”.

Praca Infelda, kończąca wczesny okres historii teorii względności w Krakowie, była pierwszą polską pracą poświęconą ogólnej teorii względności.

7. Zainteresowanie teorią względności w Polsce w pierwszych latach XX wieku

Badania nad zagadnieniami czasu i przestrzeni miały w Krakowie, jak to prześledziliśmy, charakter ciągły, począwszy od siedemdziesiątych lat XIX w. Jednak zainteresowanie tą problematyką wśród fizyków i matematyków polskich nie

ograniczało się do ośrodka krakowskiego. Świadczą o tym artykuły o teorii względności pisane w języku polskim i ogłaszane w polskich czasopismach, przede wszystkim przez fizyków polskich pracujących za granicą. (Zauważmy że w latach, o których piszemy, działała z przerwami fizyka na Uniwersytecie Lwowskim, w Warszawie istniał wtedy uniwersytet rosyjski bojkotowany przez Polaków, a Uniwersytet Wileński był od 1831 r. zamknięty przez carat).

Jakub Laub (1881–1962) [30, 31], (zob. też §6.2 w [3]), urodzony w Rzeszowie, był student Uniwersytetu Jagiellońskiego pracujący wtedy w Würzburgu, później współautor prac z Einsteinem, wygłosił na X Zjeździe Lekarzy i Przyrodników we Lwowie już w 1907 r. referat "O optyce ciał ruchomych", który ukazał się w sprawozdaniach ze zjazdu (zob. [19]). Laub ogłosił jeszcze w języku polskim obszerny artykuł "Przyczynki do elektrodynamiki ciał ruchomych" [32]. Czesław Białobrzeski (1878–1954), późniejszy profesor Uniwersytetu Warszawskiego, wówczas docent Uniwersytetu Kijowskiego, opublikował w 1911 r. artykuł pt. "Zasada względności i niektóre jej zastosowania" [33].

Henryk Merczyng, profesor politechniki w Petersburgu, wygłosił na XI Zjeździe Przyrodników i Lekarzy w 1911 r. referat pt. "O zasadzie względności w pojęciu czasu i przestrzeni. Hipotezy Lorentza i Einsteina" [34].

Sławny artykuł Minkowskiego "Przestrzeń i czas" [12] z 1908 r. został w tym samym roku przetłumaczony na język polski.

Ludwik Silberstein był docent Uniwersytetu Lwowskiego, będący w tych latach wykładowcą Uniwersytetu Rzymskiego, opublikował swoją pracę pt. "Kwaternionowa postać teorii względności" również w 1913 r. w języku polskim [35], oraz napisał polski podręcznik "Elektryczność i magnetyzm" [36], oceniony wysoko przez Smoluchowskiego [37]. Już w pierwszym tomie tego podręcznika, który ukazał się w 1908 r. Silberstein na str 119 zaznaczył że "...eter jest zbyteczną fikcją, że dość jest stwierdzić poprostu, iż przestrzeń próżna (tj. ta, w której nie możemy dopatrzeć się żadnych śladów materii w zwykłym znaczeniu słowa) jest pod względem elektromagnetycznym jednorodna i izotropowa i że zaburzenia elektromagnetyczne przenoszą się w niej ze skończoną prędkością". Opinię tę Silberstein powtórzył w tomie II *Elektryczności i magnetyzmu* w paragrafach 158 i 175, gdzie po omówieniu pewnych aspektów historii hipotezy eteru stwierdził ponownie, że "Wobec tego możnaby pojęcie eteru całkowicie z fizyki wyrzucić". Druga część trzeciego tomu miała być poświęcona teorii względności, jednak z powodu wybuchu pierwszej wojny światowej w 1914 r. część ta nie ukazała się. Również zapowiedziane tłumaczenie na język polski napisanego w języku angielskim podręcznika Silbersteina *Teoria względności* [38] nie ukazało się z tego samego powodu.

Gwałtowny wzrost zainteresowania teorią względności nastąpił w świecie i również w Polsce w 1919r. po ogłoszeniu wyników obserwacji potwierdzających

ROZMOWY

O anihilacji pozytonów, roli kobiet w fizyce i ... — Rozmowa z Bronisławem Rozenfeldem* i Henrykiem Stachowiakiem

On annihilation of positrons, role of women in physics and ...:
An interview with Bronisław Rozenfeld and Henryk Stachowiak

Poniższa rozmowa jest wywiadem przeprowadzonym z profesorami Bronisławem Rozenfeldem i Henrykiem Stachowiakiem przez dra Mojmira Šoba, opublikowanym w czasopiśmie *Československý časopis pro fyziku* A40, 181 (1990). Zamieszczamy go za zgodą Autorów i Wydawcy.

Dr Mojmir Šob, który wywiad opatrzył także słowem wstępnym, pracuje w Instytucie Metalurgii Fizycznej Czechosłowackiej Akademii Nauk w Brnie. Od wielu lat utrzymuje on żywe kontakty z fizykami polskimi z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego oraz z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu.

Tekst polski przygotował dr Andrzej Ostrasz z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego na podstawie pytań (w jęz. ang.) prowadzącego wywiad dra Šoba i odpowiedzi (w jęz. pol.) profesorów Rozenfelda i Stachowiaka, w porozumieniu ze wszystkimi uczestnikami rozmowy i przy uwzględnieniu wersji czeskiej. Pełny tytuł wersji czeskiej przełożony na polski jest: "Z profesorami Bronisławem Rozenfeldem i Henrykiem Stachowiakiem o anihilacji pozytonów, roli kobiet w fizyce i innych sprawach - poglądy fizyka doświadczalnego i teoretyka"

Redakcja

W okresie ostatnich 15-20 lat anihilacja pozytonów stała się jedną ze standardowych metod badawczych w fizyce ciała stałego i metalurgii i w dalszym ciągu przenika do innych dziedzin nauki (chemii, biologii, medycyny). Ostatnio znalazła zastosowanie w badaniach defektów radiacyjnych dostarczając tym samym cennych informacji o strukturze elektronowej nadprzewodników wysokotemperaturowych².

*Profesor Bronisław Rozenfeld zmarł 28 marca 1990 r. Wspomnienie o nim zamieściliśmy w zesz. 3/1991 (przyp. Red.).

²Szersze omówienie w artykule *Čs. čas. fyz.* A39, 297 (1989).

Wprowadzenie na trwałe anihilacji pozytonów jako jednej z metod fizyki jądrowej, badających niektóre własności ciał stałych, jest dużą zasługą m.in. prof. Bronisława Rozenfelda (1922) z Uniwersytetu Wrocławskiego i prof. Henryka Stachowiaka (1933) z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu. Pierwszy z nich zajmuje się eksperymentalnym badaniem własności ciał stałych, domeną drugiego są studia teoretyczne i interpretacja zmierzonych widm anihilacyjnych. Dzięki prof. Rozenfeldowi anihilacja pozytonów, jako metoda badawcza, rozwinęła się w wielu innych placówkach naukowych w Polsce. Grupa prof. Rozenfelda organizuje tradycyjnie, każdego roku, Seminarium Anihilacji Pozytonów, w którym oprócz naukowców z Polski, uczestniczą także goście zagraniczni³. Podobnie, w międzynarodowej obsadzie odbywają się co jakiś czas Szkoły Fizyki Metali organizowane przez grupę prof. Stachowiaka (w 1987 roku miała miejsce już czwarta taka Szkoła).

W trakcie mikrosymposium pod nazwą "Oddziaływania elektron-pozyton w realnych metalach"⁴, które za sprawą grupy prof. Stachowiaka odbyło się w dniach 18-22 czerwca 1989, poprosiliśmy obu profesorów o odpowiedź na kilka pytań. Spotkanie to było okazją do bezpośredniego porównania poglądów, fizyka doświadczalnika z jednej strony i teoretyka z drugiej, na ten sam obszar swojej pracy badawczej - anihilację pozytonów.

Mojmir Šob [MŠ] — Jak Pan się zetknął z anihilacją pozytonów i co skłoniło wówczas zarówno Pana jak i Pańską grupę naukową do wykorzystania tego zjawiska jako metody badawczej?

Bronisław Rozenfeld [BR] — Inicjatorem badań naukowych nad zjawiskiem anihilacji pozytonów i wykorzystaniem anihilacji do badań ciał skondensowanych w Uniwersytecie Wrocławskim był prof. dr Jan Wesołowski, mój opiekun naukowy (mistrz). Było to pod koniec lat pięćdziesiątych. Już przedtem, przez około 10 lat byłem związany z nim w działalności dydaktycznej i naukowej, początkowo jako student a następnie jako jego asystent. Grupa prof. Wesołowskiego specjalizowała się w eksperymentalnej fizyce jądrowej, początkowo w tematyce promieniowania kosmicznego. Rozpoczęcie badań anihilacyjnych było podyktowane chęcią odejścia od tej tematyki i zajęciem się badaniami bardziej aktualnymi. Był to koniec lat pięćdziesiątych, kiedy metody anihilacji pozytonów w pewnym sensie dopiero startowały. Nasza grupa naukowa była wyspecjalizowana w detekcji promieniowania jądrowego i w konstrukcji urządzeń (spektrometrów) do tego celu służących. Pierwotnym naszym celem było zastosowanie anihilacji pozytonów do badań ciała stałego, w szczególności jego struktury elektronowej, a także badanie samego zjawiska anihilacji w zależności od wpływu pól zewnętrznych na badany obiekt.

³O 10-tym, a ostatnio o 20-tym seminarium informują *Čs. čas. fyz.* A27, 641 (1977) i *Čs. čas. fyz.* A39, 412 (1989).

⁴Sprawozdanie w *Čs. čas. fyz.* A40, 202 (1990).

Henryk Stachowiak [HS] — W 1961 roku uczestniczyłem w Letniej Szkole Fizyki Teoretycznej w Les Houches. Tam spotkałem prof. A.B. Pipparda, który zasugerował mi abym się zastanowił nad pewnymi problemami matematycznymi związanymi ze zjawiskami galwanomagnetycznymi w metalach polikrystalicznych. Problematyka ta stała się następnie przedmiotem mojej pracy habilitacyjnej przedstawionej w 1968 roku. W ten sposób zainteresowałem się strukturą elektronową metali.

Następnym krokiem w tym kierunku był mój wyjazd na stypendium w University of Chicago. Nawiązałem tam współpracę z profesorem L.M. Falicovem, z którym wspólnie sformułowaliśmy teorię efektu de Haasa - van Alpheny w postaci przystosowanej do obecności przebiecia magnetycznego. Po powrocie do Wrocławia rozglądałem się za tematyką badawczą w zakresie struktury elektronowej metali, która by pozwoliła na nawiązanie współpracy z jakąś grupą doświadczalną. W ten sposób zetknąłem się z B.Rozenfeldem, którego praca habilitacyjna poświęcona anihilacji pozytonów w metalach przejściowych szczególnie mnie zainteresowała.

Po objęciu stanowiska docenta w 1969 r., mogłem rozpocząć organizowanie grupy teoretyków zajmującej się badaniem struktury elektronowej metali. W grupie tej, na podstawie prac poświęconych anihilacji pozytonów, doktoraty uzyskali następujący moi współpracownicy: G. Kontrym-Sznajd (1975), Z. Szotek (1977), E. Boroński (1977), Z. Pawłowska (1980), S. Daniuk (1984), A. Rubaszek (1986) i J. Gondzik (1988).

Nasz wysiłek był skierowany początkowo na interpretację pomiarów anihilacyjnych z punktu widzenia wyznaczania parametrów struktury elektronowej materiałów metalicznych. Panowało wówczas przeświadczenie, że anihilacja pozytonów dostarcza informacji wprost o wszystkich przekrojach powierzchni Fermiego. Nie wierząc w tę zasadę, próbowaliśmy wydobyć z wyników doświadczalnych tę informację o strukturze elektronowej, którą one rzeczywiście zawierają. Z tego względu zainteresowały nas prace Mijnarendsa, którego metodę dekonwolucji później stosowaliśmy. Rychło się przekonaliśmy jak istotny wpływ na doświadczalne widma promieniowania anihilacyjnego ma oddziaływanie pomiędzy pozytonem a elektronami. Zatem, obok interpretacji danych doświadczalnych zajęliśmy się również teorią oddziaływania elektron-pozyton. Innymi zagadnieniami teoretycznymi wiążącymi się z metodą anihilacyjną (pozyton w defektach oraz przy powierzchni kryształu) zajmowaliśmy się również, lecz w mniejszym zakresie.

MŚ — Jakie istotne rezultaty osiągnęliście ostatnio i nad czym obecnie pracujecie ?

BR — Ciekawe wyniki uzyskaliśmy w badaniach struktury klatratowej wody (dr K. Jerie, dr A. Baranowski), w badaniach anihilacji pozytonów w ciekłych metalach (dr W. Rudzińska, mgr Cz. Szymański), w badaniach struktury elektronowej stopów metalicznych (dr E. Dębowska, dr J. Chojcan, dr A. Ostrasz,

prof. M. Szuszkiewicz, dr S. Szuszkiewicz) oraz w badaniach anihilacji pozytonów na granicy metal-dielektryk (doc. W. Świątkowski, mgr R. Ewertowski). Obecnie koncentrujemy się na badaniach podobnych i mamy zamiar silniej zaangażować się w dziedzinę anihilacji pozytonów w defektach kryształów molekularnych, głównie dwuskładnikowych stopach metalicznych. Rozpoczęte są również badania struktury elektronowej krystalicznych i amorficznych ferromagnetyków (prof. M. Szuszkiewicz, dr S. Szuszkiewicz).

HS — Przywiązuję szczególną wagę do dwóch wyników, które otrzymaliśmy w ostatnich dwóch latach. I tak jako pierwsi zastosowaliśmy konsekwentnie przybliżenie lokalnej gęstości do oddziaływania elektron-pozyton w metalach, wprowadzając współczynnik wzmocnienia (opisujący wpływ oddziaływania elektron-pozyton) pod całkę wyrażającą prawdopodobieństwo anihilacji [1]. Pozwoliło to np. w przypadku metali przejściowych na prawidłowe określenie udziału d-elektronów w anihilacji, bez konieczności wprowadzania współczynników fenomenologicznych wyznaczanych doświadczalnie. Podejście to było następnie stosowane przez inne grupy.

Drugie osiągnięcie to samouzgodnione rozwiązanie równania Kahany [2]. Wiadomo było od dwudziestu lat, że formalizm Kahany dla oddziaływania elektron-pozyton w gazie elektronowym prowadzi dla małych gęstości gazu elektronowego ($r_s > 4$) do niefizycznej rozbieżności prędkości anihilacji. Naszym założeniem wyjściowym przy rozpoczęciu badań w tym kierunku było przeświadczenie, że przyczyną błędu było zastosowanie niewłaściwego efektywnego potencjału oddziaływania pomiędzy elektronem i pozytonem oraz zaniedbanie korelacji elektron-elektron. Nasz pogląd w tej sprawie różnił się od poglądu ogółu fizyków zajmujących się tą problematyką. W toku badań nasze założenia zostały jednak potwierdzone, w czym główna zasługa przypada dr Annie Rubaszek [3]. Do tej pory nie udało się uzgodnić przewidywań teoretycznych dotyczących wpływu oddziaływania elektron-pozyton z danymi doświadczalnymi. Przewidywania teoretyczne są różne, ale żadna z istniejących teorii nie daje pełnej zgodności z danymi doświadczalnymi, wszak wyniki pracy [3] wykazują największą zbieżność. Ostatnio osiągnęliśmy jednak pewien postęp w tej dziedzinie i otrzymane wyniki mamy nadzieję wkrótce opublikować.

MŠ — Jak Pan widzi rolę anihilacji pozytonów we współczesnej fizyce ciała stałego, jakie najważniejsze zadania stoją przed nią i co sądzi Pan o przyszłości tej metody badawczej?

BR — Anihilacja pozytonów jest doskonałą metodą badawczą w prawie wszystkich działach fizyki ciała stałego. Obok badań struktury elektronowej i stanów zdefektowanych w ciałach skondensowanych jest ona doskonałym narzędziem badań oddziaływań gazu elektronowego z wnoszonymi do niego z zewnątrz cząstkami (jony, atomy, cząstki elementarne), a także badań wpływu tych czą-

stek na realną strukturę ciała stałego. Istotne są również badania stanów powierzchniowych ciał stałych. Bardzo ważnym w badaniach anihilacyjnych jest ostateczne rozwiązanie szeregu problemów związanych z zaburzeniami wnoszonymi przez pozytony w badanych obiektach. Mam nadzieję, że wkrótce te problemy zostaną rozwiązane pomyślnie i w sposób uniwersalny. Sądzę, że w perspektywie badania anihilacyjne zostaną skierowane w większym jeszcze niż obecnie stopniu na zmiany fazowe ciał wszelkiego rodzaju i zmiany stanu ciał skondensowanych pod wpływem czynników zewnętrznych (poła zewnętrzne, temperatura, ciśnienie itp.).

HS — Zaletą metody anihilacyjnej jest to, że dostarcza ona informacji wykraczającej w niektórych obszarach poza to, co dają inne metody doświadczalne. Dotyczy to zarówno materiałów litych, materiałów zdefektowanych i amorficznych, cieczy jak i powierzchni. Szczególnie uderzające jest to w przypadku badań powierzchni Fermiego materiałów metalicznych. W zasadzie (choć nie zawsze) możemy badać tę powierzchnię wtedy, kiedy ona istnieje. Nie jesteśmy ograniczeni, tak jak np. w przypadku efektu de Haasa - van Alphen, do niskich temperatur i próbek o dużym stopniu doskonałości.

Nie chciałbym się wypowiadać na temat perspektyw dalszych zastosowań. W przeszłości byłem świadkiem pojawiania się nowych koncepcji eksperymentalnych (zastosowanie metody anihilacyjnej do badania defektów, korelacje dwuwymiarowe, strumienie powolnych pozytonów). Rozwoju tych kierunków nie przewidziałem, mogłem tylko dostosować się do nowej sytuacji. Okazałem się więc kiepskim futurologiem. Tym bardziej nie potrafię przewidzieć, kiedy w Centrum Galaktyki pojawi się źródło kwantów anihilacyjnych podobne temu, które promieniowało w latach siedemdziesiątych i zgasło pod koniec tej dekady [4].

Uważam, że w interesującej mnie szczególnie dziedzinie, jaką jest struktura elektronowa, zbyt mało wysiłku poświęcono na badania jej temperaturowej zależności. Anihilacja pozytonów stanowi wyjątkowo użyteczną metodę badań w tej dziedzinie.

MŚ — Na którym z tych kierunków skoncentruje się działalność Pańskiej grupy naukowej?

BR — Odpowiedzi na to pytanie powinni udzielić moi współpracownicy. Sądzę, że oprócz dotychczasowej tematyki ich zainteresowania skupią się właśnie na badaniach zmian stanu ciał skondensowanych pod wpływem czynników zewnętrznych.

HS — Zamierzamy zajmować się w dalszym ciągu zastosowaniem metody anihilacyjnej do badania struktury elektronowej. Szczególną uwagę poświęcimy problematyce oddziaływania elektron-pozyton. Pozostaje do rozstrzygnięcia, w jakim stopniu niezgodność między teorią a doświadczeniem wynika z różnicy między metalem rzeczywistym a gazem elektronowym a w jakim jest sygnałem niedo-

skonałości już w przypadku gazu elektronowego. W szczególności mam na myśli nierozstrzygniętą, choć zasygnalizowaną już w literaturze [5], sprawę zależności rozkładu typu Daniela - Vosko [6] od obecności pozytonu.

MŠ — Stosunkowo często jesteśmy świadkami tego, że teoretycy i doświadczalnicy pracujący w jednym miejscu, w zbliżonych a nierzadko w tych samych dziedzinach, nie współpracują ze sobą zbyt ściśle i zwykle szukają kontaktów znacznie dalej. Mam wrażenie, że podobna sytuacja ma miejsce również we Wrocławiu. Jaka jest Pana opinia na ten temat i czym to jest spowodowane ?

BR — Wyrażony w tym punkcie pogląd pokrywa się całkowicie z rzeczywistością. Brak ścisłej współpracy ma swoje uzasadnienie historyczne na terenie Polski. Obie grupy fizyków nie umiały przez dziesięciolecia nawiązać ścisłej współpracy mimo pewnych ustaleń. Sądzę, że główna przyczyna leży we wzajemnym braku głębszych zainteresowań badaniami jednych przez drugich, możliwością wzajemnego zrozumienia się, czego powodem jest różny sposób kształcenia fizyków teoretyków i doświadczalników. Nie oznacza to wcale, że teoretycy nie korzystają z wyników eksperymentalnych a doświadczalnicy z osiągnięć teoretycznych. Najczęściej dzieje się tak, że łatwiej jest nawiązać współpracę z obcymi ośrodkami niż z pobliskimi. Pewną rolę odgrywają tu też warunki pracy: bardziej ułatwioną mają teoretycy. Doświadczalnicy są pod nieustanną presją braku środków na zakup niezbędnej aparatury co czyni ich pracę niezmiernie trudną. Wszystko to wpływa w pewnym stopniu na wzajemny brak zrozumienia. Próby powoływania zespołów mieszanych do rozwiązywania określonych problemów są nieliczne.

HS — Logika badań teoretycznych jest różna od logiki badań doświadczalnych. Nawet jeżeli punkt wyjścia jest ten sam, wkrótce może się okazać, że współpraca z doświadczalnikami z jakiegoś oddalonego ośrodka będzie dla teoretyków bardziej pożyteczna niż współpraca z doświadczalnikami miejscowymi. Na przykład pojawienie się spektrometrów do dwuwymiarowej korelacji wymusiło na grupie doświadczalnej prof. Rozenfelda, tak jak na wielu innych grupach doświadczalnych na świecie, odejście od badań powierzchni Fermiego *sensu stricto* [dwuwymiarowe spektrometry anihilacyjne dostarczają znacznie dokładniejszych informacji o strukturze elektronowej i powierzchni Fermiego badanego obiektu niż spektrometry z długimi szczelinami, wymagają jednakże znacznych nakładów finansowych i pracują zaledwie w ośmiu przodujących laboratoriach na świecie [7] - dop. M.Š.]. Nasza grupa teoretyków nawiązawszy współpracę z grupami doświadczalnymi w Norwich i Genewie mogła kontynuować swoje badania.

MŠ — Jak we wszystkich dziedzinach badań naukowych, tak i w anihilacji pozytonów dochodzi do głosu wyrafinowana elektronika, komputery itp. Na świecie powstają specjalistyczne centra pozytonowe. Japończycy planują niemałe

nakłady finansowe na budowę "fabryki" pozytonów⁵. Jak by Pan scharakteryzował sytuację podstawowych badań fizycznych, w tym i anihilacji pozytonów w Polsce ?

BR — Badania anihilacyjne ciał skondensowanych wymagają wyspecjalizowanego zaplecza. Oprócz zaawansowanej techniki jądrowej niezbędnym jest posiadanie ogromnej liczby różnorodnych laboratoriów pozwalających mierzyć stan badanych obiektów, a więc całego wyposażenia laboratoryjnego właściwego dla ośrodków badawczych ciała stałego. Niezbędna jest też współpraca wyspecjalizowanych fizyków w różnych dziedzinach. Jest przeto zrozumiałe, że ci których stać na to dążą do powołania uniwersalnych ośrodków spełniających te warunki. W Polsce skumulowanie tego w jednym ośrodku wydaje się nie do zrealizowania w najbliższej przyszłości.

HS — Naszym celem było raczej osiągnięcie takiego wyposażenia, które by pozwoliło prowadzić badania na najwyższym poziomie światowym, przynajmniej na niektórych odcinkach. Dla naszych badań niezbędna była możliwość generowania struktury elektronowej metali czystych (tzn. obliczanie struktury elektronowej na bazie samouzgodnionych potencjałów krystalicznych otrzymanych z innych ośrodków). Cel ten został osiągnięty dzięki przystosowaniu programów numerycznych do nader skromnych, dostępnych nam komputerów (ODRA-1305 a później komputery osobiste). Dzięki współpracy z grupą prof. Westa z Norwich oraz z grupą z Uniwersytetu w Genewie (prof. Peter, dr Manuel) mamy do dyspozycji wyniki pomiarów korelacji dwuwymiarowych otrzymane na znajdujących się tam najwyższej klasy spektrometrach.

Jak wiadomo, kraj nasz trapi głęboki kryzys ekonomiczny, który jest tylko objawem kryzysu o zasięgu znacznie szerszym. Jednym ze skutków tego kryzysu są trudności w dostępie do podstawowych czasopism, nawet takich jak *Physical Review* i *Physics Abstracts*, które nadchodzą bardzo nieregularnie. W dodatku biblioteki z reguły nie są wyposażone w kserokopiarki, co jeszcze bardziej utrudnia dostęp do literatury.

Z drugiej strony stabilne zasady zatrudnienia umożliwiają nam osiągnięcie powodzenia w badaniach nawet wtedy, gdy niecierpliwość instytucji finansującej nie pozwala na prowadzenie tych badań tak długo, jak to jest pożądane. Jest sprawą dyskusyjną, czy lepiej pracować nad jakimś problemem nawet 15 lat i go rozwiązać, czy też pracować 3 lata i tylko go "rozgrzebać", jak to jest typowe dla wielu ośrodków zachodnich. Mnie osobiście odpowiadają długotrwałe badania nad problemami, nad którymi nikt inny nie pracuje. W czasie pobytu w Stanach Zjednoczonych pracowaliśmy nad problemem, co do którego wiedzieliśmy, że konkurują z nami panowie X i Y. W pewnej chwili dowiedzieliśmy się, że pan X dostąpił wysokiej godności akademickiej i zapewne nie ma czasu na badania

⁵Patrz artykuł w *Čs. čas. fyz.* A39, 402 (1989).

naukowe. Pan Y natomiast wziął urlop i wyjechał za ocean odwiedzić rodzinę. Urlop pana Y dał nam przewagę czasową, która zapewniła nam pierwszeństwo w rozwiązaniu problemu. Niezależnie od osiągniętego sukcesu uważam, że taka sytuacja degradowuje pracownika naukowego, gdyż czuje się on jak biegacz, który chce dobiec do mety jako pierwszy, a nie jak twórca niezastąpiony w swych ideach.

MŚ — W zespołach badawczych, którymi Panowie kierujecie, znaczny udział (prawie połowę) mają kobiety. Podobna sytuacja jest, o ile mi wiadomo, również w innych instytucjach naukowych w Polsce. Jak widzicie rolę kobiet w Waszych zespołach, jak ich obecność wpływa na atmosferę w grupie? Co Waszym zdaniem jest przyczyną względnie dużego udziału kobiet w polskiej nauce i jak wytłumaczyć fakt, że uczestnictwo kobiet w nauce w innych krajach jest znacznie mniejsze?

BR — Rzeczywiście, udział kobiet w naszych grupach, prof. Stachowiaka i mojej, jest istotny. W niektórych innych ośrodkach polskich jest podobnie. Zanim odpowiem na postawione pytanie chcę podkreślić, że osobiście nie widzę żadnej różnicy w potencjalnych możliwościach naukowych między kobietami a mężczyznami, być może poza jednym wyjątkiem: kobiety trudniej radzą sobie w zagadnieniach natury technicznej. W przypadku jednak, gdy w grupie znajduje się wyspecjalizowany zespół naukowo-techniczny i inżynierski te niedostatki nie przeszkadzają w normalnej pracy. Uważam, że obecność kobiet jest bardzo pożyteczna. Są na ogół bardzo zdyscyplinowane, łagodzą stosunki i obyczaje panujące wśród współpracowników, wpływają pozytywnie na ogólną dyscyplinę. Mniejszy udział kobiet w nauce w niektórych krajach wynika być może z mniejszego udziału kobiet w życiu zawodowym w ogóle, a w innych, panującą silną dominacją mężczyzn, przeciwstawiających się faktycznej emancypacji kobiet.

HS — O ile umiem wytłumaczyć dlaczego w mojej grupie kobiety odgrywają istotną rolę, to nie potrafię wyjaśnić wyczerpująco dlaczego rzadko są zatrudniane w charakterze fizyków w wielu innych krajach. Za każdym razem, kiedy miałem do wyboru przyjęcie do grupy kobiety albo mężczyzny okazywało się, że kobieta znacznie przewyższa kandydata-mężczyznę pod względem potencjalnych możliwości. Być może sytuacja taka wynika z systemu oświaty, w którym przyjęcia do szkół średnich odbywają się na podstawie konkursu świadectw. Ze względu na różnice w przebiegu procesu dojrzewania dziewczęta osiągają w końcowych klasach szkoły podstawowej lepsze wyniki niż chłopcy. Stąd ich przewaga liczebna w szkołach średnich oraz na studiach, powodująca feminizację wielu kierunków oraz opanowanie szeregu zawodów, w innych krajach uważanych za męskie. W Polsce zawody nauczycielskie oraz medyczne są uważane za kobiece i są w wysokim stopniu sfeminizowane. Również fizyka, matematyka i astronomia nie są uważane za specjalności typowo męskie. Pamiętajmy, że wśród Polaków jedyna nagroda Nobla z fizyki została przyznana kobiecie, Marii Skłodowskiej-Curie. Jeżeli chodzi o kobiety zatrudnione w mojej grupie, to zdają sobie one sprawę, że nie jest

stosowana wobec nich taryfa ulgowa - tylko dlatego pracują w mojej grupie, że mężczyzna na ich miejscu byłby mniej przydatny. Wymaga to od nich oczywiście przyjęcia odpowiedniej koncepcji życia. W porównaniu z mężczyznami kobiety moim zdaniem mają znacznie silniej zaznaczoną osobowość. Jednak tylko kobiety o pewnej agresywności osiągają sukcesy w badaniach naukowych. W obecności kobiet atmosfera jest więc znacznie bardziej ożywiona. Pojawia się też więcej problemów natury psychologicznej. Nie powinno więc być zbyt wiele kobiet na ograniczonym terenie.

MŠ — Obie Wasze grupy organizują dość często międzynarodowe spotkania, które stały się bardzo popularne i które umożliwiają nawiązywanie kontaktów z naukowcami zagranicznymi i z innych ośrodków w Polsce. Wymaga to dużego wysiłku organizacyjnego i nakładów finansowych. Co wnoszą do Waszej pracy takie spotkania ?

BR — Rzeczywiście, organizacja seminariów z udziałem gości zagranicznych przysparza dużo kłopotów i wymaga sporych nakładów finansowych. Z tego też powodu postanowiliśmy, że seminaria w międzynarodowej obsadzie będą się odbywać co dwa lata (w latach pomiędzy seminariami międzynarodowymi odbywają się seminaria krajowe). Nasze spotkania dotyczące anihilacji pozytonów i fizyki ciała stałego, głównie metali i ich stopów są niezmiernie użyteczne, wprost niezbędne dla funkcjonowania naszych grup naukowych. Pozwalają one zorientować się w aktualnych kierunkach rozwoju naszych dyscyplin w kraju i za granicą. Są one tym bardziej konieczne, że nasze środki na udział w konferencjach zagranicznych są bardzo ograniczone. Ograniczone są także środki na prenumeratę czasopism zagranicznych. Oprócz tego mamy możliwość konfrontacji naszej działalności naukowej z osiągnięciami innych ośrodków krajowych i zagranicznych. Takie spotkania w szerokim gronie naukowców stają się często okazją do nawiązania owocnej współpracy z innymi grupami badawczymi, w tym, co bardzo cenne, z grupami z ośrodków zagranicznych.

HS — Uważam zapraszanie wykładowców zagranicznych za najbardziej korzystną formę wymiany naukowej. Za granicę wyjeżdżają tylko pojedyncze osoby - wykładowców słuchają i dyskutują z nimi dziesiątki osób. W ciągu paru dni przekazują nam wiedzę, której nabycie kosztowało ich pracodawców nieraz wiele tysięcy dolarów. A my to otrzymujemy niemal za darmo.

MŠ — Dziękuję bardzo za rozmowę. Czy chcielibyście Panowie jeszcze coś dodać ?

BR — Nie mam już nic do dodania.

HS — Wysoko sobie cenię owocną współpracę z fizykami czechosłowackimi, jaką utrzymujemy od wielu lat. Inicjatywa tej współpracy wyszła od doktora Antonina Čizka. Ze względu na bliskość geograficzną współpraca ta jest szczególnie naturalna. Z Wrocławia do Pragi czy Brna jest przecież bliżej niż do Warszawy.

Z przyjemnością myślę o następnej podróży do Czechosłowacji, gdzie spotkam się ze starymi przyjaciółmi przy talerzu knedli i kuflu piwa.

Literatura

- [1] S. Daniuk, G. Kontrym-Sznajd, J. Mayers, A. Rubaszek, H. Stachowiak, P. A. Walters, R. N. West, *Positron Annihilation*, World Sci. Publ. Co. , Singapore 1985.
- [2] S. Kahana, *Phys. Rev.* 129, 1622 (1963).
- [3] A. Rubaszek, H. Stachowiak, *Phys. Rev.* B38, 3846 (1988).
- [4] M. Leventhal, C. J. MacCallum, w: *Positron Annihilation*, World Sci. Publ. Co. , Singapore 1985.
- [5] J. P. Carbotte, S. Kahana, *Phys. Rev.* 139, A213 (1965).
- [6] E. Daniel, S. H. Vosko, *Phys. Rev.* 120, 2041 (1960).
- [7] *Positron Annihilation*, red. L. Dorikens-Vanpraet, M. Dorikens, D. Segers, World Sci. Publ. Co. , Singapore 1989.

ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH

Mirosław R. Dudek, Tadeusz Paszkiewicz

Instytut Fizyki Teoretycznej

Uniwersytet Wrocławski

Wrocław

Mazaki i kule na okręgu — automat komórkowy

Mark Kac ring model — an example of the cellular automaton

Abstract: The Mark Kac ring model is formulated in the language of a cellular automaton. The corresponding automaton is spatially inhomogenous. The proposed formulation provides the possibility of generalization of the original model, e.g. it allows the inclusion of the interaction of particles.

1. Wstęp

Poprzednio badaliśmy własności najprostszego modelu (zaproponowanego przez Marka Kaca) pozwalającego badać nieodwracalne zachowanie się układów fizycznych [1]. W modelu tym badaliśmy n kul, które mogą się znajdować w n wierzchołkach wielokąta foremnego. Kule są białe lub czarne. Co jednostkę czasu każda z kul zmienia położenie - przechodzi do sąsiedniego wierzchołka (węzła), znajdującego się powiedzmy z lewej strony, konfiguracja kul obraca się w kierunku przeciwnym do wskazówek zegara. Wśród wierzchołków znajdują się wyróżnione - "mazaki". Po wyjściu z każdego z nich kula zmienia kolor ("stan") na przeciwny.

Interesowało nas zachowanie się nadwyżki (lub niedoboru) liczby kul jednego koloru nad liczbą kul drugiego koloru i entropii. Wynikało ono z równań ruchu dla liczby kul każdego z kolorów.

Teraz popatrzymy inaczej na równania ruchu (por. [2]). To pozwoli nam zmodyfikować nasz model, np. symulować oddziaływania pomiędzy kulami i badać

wpływ tych modyfikacji na stan układu. Okazuje się bowiem, że tak zdefiniowany model jest przykładem automatu komórkowego. Automaty komórkowe były wielokrotnie wykorzystywane w biologii, fizyce i matematyce. Po raz pierwszy pojawiły się one w latach sześćdziesiątych i były wprowadzone przez von Neumanna i Ulama do opisu samoreprodukcji biologicznej. Jednak popularne stały się dzięki Stephenowi Wolframowi, który usystematyzował i rozszerzył wiedzę o automatach komórkowych. By odpowiedzieć jaki cel mu przyświecał zacytujemy fragment wstępu do jego książki *Theory and applications of cellular automata* [3] :

“Zrozumienie złożoności i jej źródeł jest największym wyzwaniem współczesnej nauki. Poszukiwania fizyków, biologów i innych uczonych polegały na wyszukiwaniu podstawowych elementów układów, które nas otaczają. Co należy teraz zrobić, to zrozumieć jak zespoły zawierające olbrzymie liczby tych, zazwyczaj bardzo prostych, współdziałających ze sobą elementów mogą zachowywać się w nadzwyczaj skomplikowany sposób.

... Rozwija się nowa metoda naukowa badająca współdziałanie tych elementów prowadzące do tego, że całość staje się tak złożona.

Ta nauka opiera się na badaniu modeli o najprostszej konstrukcji, lecz mających najistotniejsze własności matematyczne takie, by w wystarczającym stopniu odtworzyć złożoność. Automaty komórkowe są zapewne ich najlepszym przykładem. Zasady konstrukcji automatów komórkowych są niezwykle proste. Mimo to zachowanie się ich zespołu jest bardzo skomplikowane i może symulować złożone własności układów fizycznych i innych.”

W ten sposób, zaczynając od przypomnianego na początku prostego modelu kul i mazaków odbędziemy podróż w świat automatów komórkowych.

2. Nowe spojrzenie na ruch kul

Zamiast rozmieszczać kule w wierzchołkach n -kąta foremnego umieścimy je w równoodległych punktach odcinka i będziemy uważać, że kula w punkcie n “sąsiaduje” z kulą w punkcie 1. Tym samym utożsamiamy odcinek z okręgiem. Zamiast mówić o kolorach kul przypiszemy białej kuli liczbę zero a czarnej jedynekę. Wtedy w danej chwili czasu t każda konfiguracja kul zadana będzie przez ciąg zer i jedynek. Na rys. 1a przedstawiono kilka kolejnych konfiguracji dziesięciu kul, które poruszają się w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu wskazówek zegara w przypadku kiedy żaden z wierzchołków nie jest mazakiem. Z kolei na rys. 1b pokazane są kolejne konfiguracje kul przy obecności dwóch wierzchołków-mazaków, piątego i ósmego (oznaczone pionowymi strzałkami). Każda kula ma dwóch najbliższych sąsiadów. Oznacza to, że dowolna trójka kul (kula ”środkowa” wraz ze swoim ”lewym” i ”prawym” sąsiadem) ma skończoną liczbę wszystkich możliwych konfiguracji zer i jedynek. Jest ich $2^3 = 8$:

0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
			↓				↓		
0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Rys. 1. a) Trzy kolejne konfiguracje kul białych (zer) i czarnych (jedynek) odpowiadające ruchowi tych kul po okręgu przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, b) trzy kolejne konfiguracje kul białych i czarnych poruszających się po okręgu w obecności dwóch mazaków w wierzchołku piątym i ósmym

(111) (110) (101) (100) (011) (010) (001) (000).

W ten sposób na zmianę konfiguracji wszystkich n kul na okręgu można popatrzeć jako na odwzorowanie, które każdej trójce najbliższych sąsiadów przyporządkowuje jedną liczbę 0 lub 1. Na podstawie rys. 1a łatwo zauważyć, że dla opisu ruchu kul w "lewo" każdej takiej trójce należy przypisać skrajną prawą liczbę trójki, o ile kula nie przechodzi przez mazak. Wtedy zmiana stanu dowolnej trójki najbliższych sąsiadów zadana jest przez następujące osiem możliwości:

$$\begin{array}{cccccccc}
 (111) & (110) & (101) & (100) & (011) & (010) & (001) & (000) \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0
 \end{array} \quad (1)$$

Każdą z trójek można potraktować jako liczbę w systemie dwójkowym, np.

$$(111)_2 = 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 7.$$

Wynik odwzorowania (1), tzn. ciąg (10101010), także można uznać za liczbę w systemie dwójkowym :

$$(10101010)_2 = 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 170.$$

Dlatego odwzorowanie (1) powodujące ruch kul w lewą stronę zostało nazwane przez Stephena Wolframa regułą 170. W przypadku modelu Kaca z mazakami (rys. 1b) mamy do czynienia z zastosowaniem dwóch reguł 170 i 85. Regułę 170 stosujemy jeśli kula w chwili poprzedniej ($t - 1$) nie znajdowała się w mazaku, a regułę 85 jeśli kula się w nim znajdowała. Tym samym znaleźliśmy inny sposób generowania kolejnych konfiguracji kul czarnych i białych. W poprzednim artykule dotyczącym modelu Kaca [1] przedstawiliśmy ewolucję takiego układu kul w postaci dywanu Coopersmitha i Mandeville'a.

Jako ćwiczenie proponujemy sprawdzenie, że ruch kul zgodny z kierunkiem ruchu wskazówek zegara odpowiada regule 240, reguła 204 odpowiada przekształceniu tożsamościowemu, a reguła 51 zamianie koloru kul na przeciwny.

3. Uogólnienia

Jest oczywiste, że wymienione w par. 2 reguły są jednymi z możliwych 256 reguł generujących nowe konfiguracje kul. Reguły te sprowadzały się do określenia, jaki stan przyjmie środkowa kula w każdej trójce najbliższych sąsiadów. Jeżeli oznaczymy stan kuli znajdującej się w chwili t w wierzchołku o numerze i ($i = 1, 2, \dots, n$) przez $\sigma_i(t)$ to wtedy każdą taką regułę można zapisać w abstrakcyjny sposób, np.

$$\sigma_i(t+1) = \Phi_{170}(\sigma_{i-1}(t), \sigma_i(t), \sigma_{i+1}(t)). \quad (2)$$

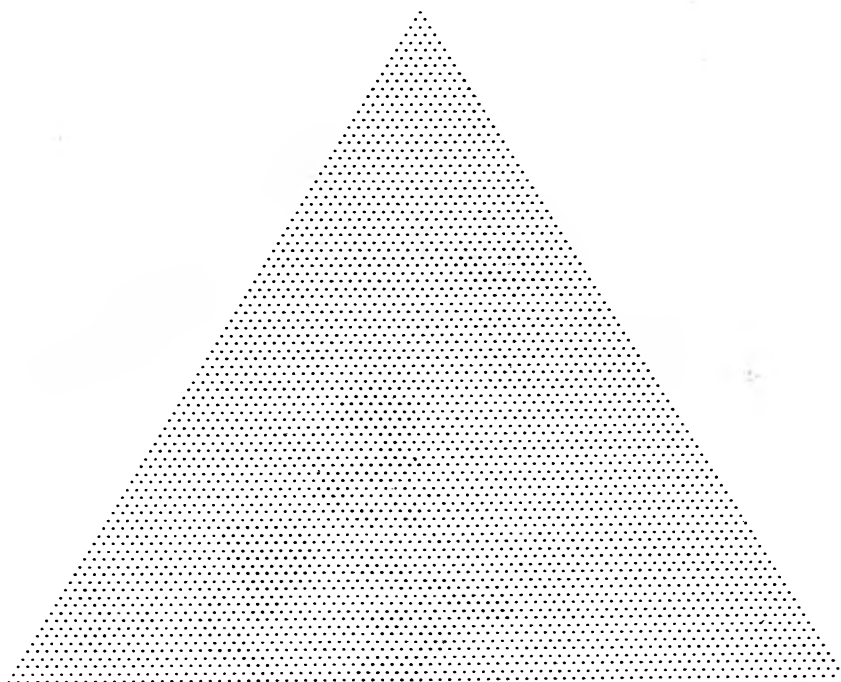
W zależności od reguły funkcja Φ będzie zmieniać się. Łatwo zauważyć jak dokonać pewnych uogólnień. Na przykład można przyjąć, że na nowy stan danej kuli wpływa nie dwóch, ale $2r$ sąsiadów. Wtedy zamiast równania (2) będziemy mieli regułę

$$\sigma_i(t+1) = \Phi(\sigma_{i-r}(t), \dots, \sigma_i(t), \dots, \sigma_{i+r}(t)). \quad (3)$$

Można również założyć, że zmienna σ przyjmuje k różnych wartości od 0 do $k - 1$. Takie automaty, w których na stan kuli wpływa jej $2r$ sąsiadów oraz kula może znajdować się w k stanach oznaczają będziemy symbolem (r, k) . Nas będą interesować automaty komórkowe $(2, 1)$.

4. Niektóre ważniejsze własności automatów (k, r)

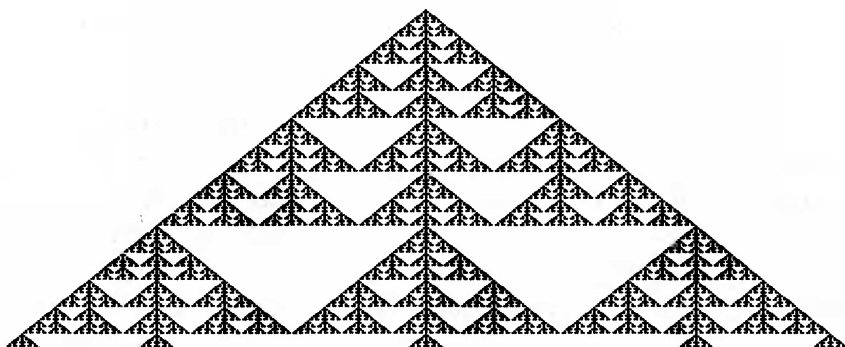
Można powiedzieć, że automaty komórkowe przedstawiają sobą matematyczny, uproszczony opis układów fizycznych, w których przestrzeń, czas i wszystkie wielkości fizyczne przyjmują dyskretne wartości. Ich użycie istotnie zmniejsza liczbę rozpatrywanych stopni swobody w porównaniu z opisem realnego układu fizycznego przy pomocy zmiennych ciągłych w czasie i przestrzeni. Tym samym czas komputera potrzebny do analizy takiego układu jest o rzędy wielkości mniejszy. Niezależnie od prostoty konstrukcji, wiele automatów komórkowych generuje bardzo skomplikowane struktury. Rysunki 2-4 przedstawiają typowe przykłady takich struktur wytworzone z konfiguracji początkowych z jedną kulą czarną. Reguła 122 (rys. 2) wytwarza strukturę jednorodną. Reguła 150 (rys. 3) generuje



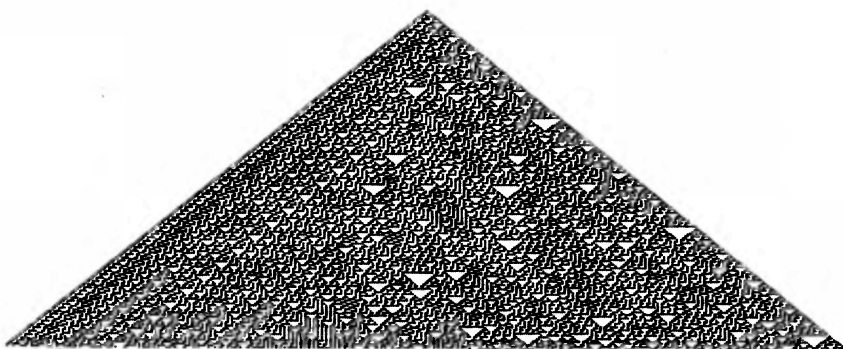
Rys. 2. Przykład działania reguły 122, gdy konfiguracja początkowa składa się z jednej kuli czarnej i pozostałych białych. Kropki oznaczają kule czarne

strukturę złożoną z trójkątów równoramiennych różnych wielkości. Ta struktura ma fascynujące matematyczne własności i nazywa się fraktalem (por. [4]). Z kolei reguła 30 (rys. 4) tworzy strukturę chaotyczną.

Bardzo ważną cechą szeregu automatów komórkowych jest własność lokalnej nieodwracalności w czasie. Otóż istnieją reguły (tzn. funkcje Φ), które mogą działać na pewne konfiguracje początkowe stanów kul (zer i jedynek) w taki sposób,



Rys. 3. Przykład działania reguły 150, gdy konfiguracja początkowa składa się z jednej kuli czarnej i pozostałych białych



Rys. 4. Przykład działania reguły 30, gdy konfiguracja początkowa składa się z jednej kuli czarnej i pozostałych białych

że z upływem czasu wszystkie one przechodzą do tej samej końcowej konfiguracji. Szczególnym przykładem takiej reguły jest reguła Φ_0 , która dowolną konfigurację początkową (zer i jedynek) zamienia w konfigurację zer już po pierwszym kroku ewolucji. Tak więc własność lokalnej nieodwracalności powoduje w wyniku ewolucji zmniejszenie liczby możliwych konfiguracji końcowych. W przypadku układów odwracalnych liczba tych konfiguracji jest zachowana. Jednak każdy skończony układ automatów komórkowych można uczynić nieodwracalnym jeśli odpowiednio dobierze się warunki brzegowe, np. jeśli kula dotrze do brzegu układu to znajdzie się w stanie 0 lub 1 w sposób przypadkowy.

Nieodwracalność automatów komórkowych można badać przy pomocy pojęcia entropii S . W poprzednim artykule [1] zdefiniowaliśmy już tę funkcję dla układu kul i mazaków na okręgu. Przekonaliśmy się, że stanowi ona pomost pomiędzy termodynamicznym widzeniem świata, a prawami mikroskopowymi.

Dokładniej, dla każdego mikrostanu, wprowadziliśmy funkcję czasu

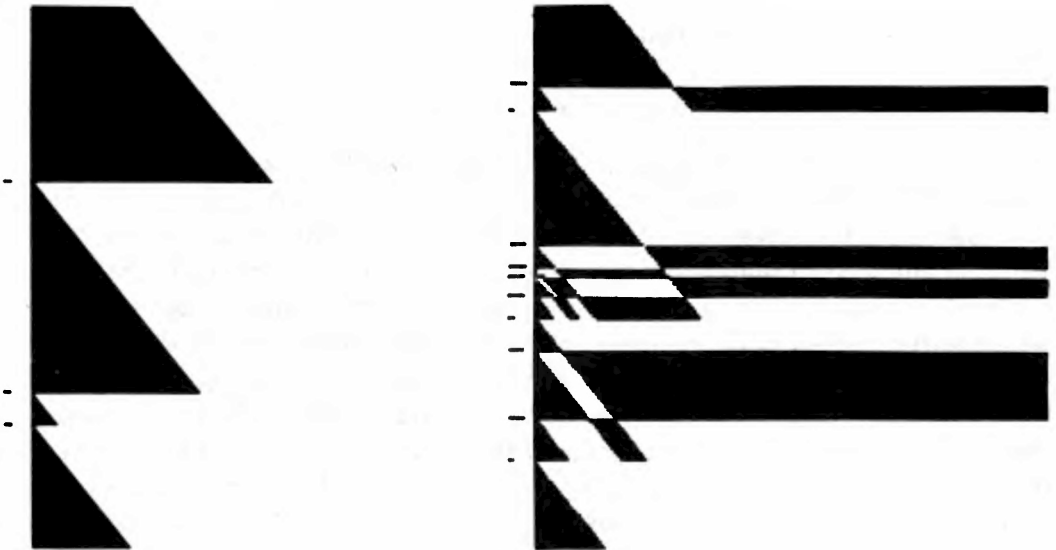
$$S(t) = -k_B(x_b(t) \ln x_b(t) + x_c(t) \ln x_c(t)), \quad (4)$$

przy czym x_b i x_c są odpowiednio liczbami cząstek białych i czarnych w chwili t podzielonymi przez całkowitą ich liczbę (n). Uzasadniliśmy, że tylko funkcję $S(t)$ uśrednioną po mikrostanach odpowiadających jednemu makrostanowi możemy uznać za entropię termodynamiczną. W naszych rozważaniach posługiwaliśmy się również nieco inną definicją entropii: zmienne x_b i x_c we wzorze (4) zamieniliśmy na ich wartości średnie. W przypadku automatów odwracalnych (tj. nie posiadających własności lokalnej nieodwracalności) entropia zawsze rośnie i jest największa dla stanu nieuporządkowanego. Właśnie ten przypadek rozważaliśmy w poprzednim artykule i wiemy, że nieodwracalność termodynamiczną można było uzyskać dopiero w granicy nieskończenie dużego układu kul. Z kolei w układach (również skończonych) mających własność lokalnej nieodwracalności dla odpowiednio dużych czasów entropia będzie funkcją malejącą czasu, a więc układ będzie dążył do stanu bardziej uporządkowanego. Jako przykład niech posłuży automat komórkowy Kaca z domieszkami anomalnymi, które powodują zmianę koloru kuli czarnej na białą, nie zmieniając stanu kuli białej (lub odwrotnie). Odpowiadają im reguły 0 (lub 255). Na rys. 5 a i b przedstawiliśmy dywany czasoprzestrzenne dla takiego układu w przypadku, gdy w układzie są tylko mazaki anomalne oraz gdy oprócz mazaków anomalnych są też zwykłe mazaki, a na rys. 6 odpowiadające im wykresy entropii. Ponieważ jako konfigurację początkową wybraliśmy wszystkie kule czarne entropia w początkowej fazie ewolucji wykazuje tendencje rosnące i dopiero dla odpowiednio dużych czasów zaczyna maleć. Można jednak tak dobrać konfigurację początkową kul, że entropia będzie tylko malejącą funkcją czasu. W szczególności entropia jest stała w przypadku gdy konfiguracja początkowa składa się tylko z białych kul.

5. Kule oddziałujące

Odchylenie ewolucji od reguły 170 lub 240 (określających postępowy ruch kul) można przypisać wpływowi najbliższych sąsiadów na stan środkowej kuli. W przypadku gazów, plazmy i cieczy ruch cząstek wynika ze złożenia ruchu postępowego i oddziaływania. W przypadku ciał stałych (kryształów i szkieł) swoboda atomów je tworzących jest ograniczona i zazwyczaj nie uczestniczą one w ruchu postępowym, a jedynie w wyniku oddziaływania zmieniają stan. Ponieważ ograniczyliśmy się do automatów (2,1), co jak wiemy odpowiada uwzględnieniu wpływu najbliższych sąsiadów, mamy do czynienia z oddziaływaniem krótkozasięgowym.

Rozpatrzmy prosty przykład. Przyjmiemy następującą regułę: jeżeli stany skrajnych kul są jednakowe i inne niż stan kuli środkowej, to zmienia ona stan. W

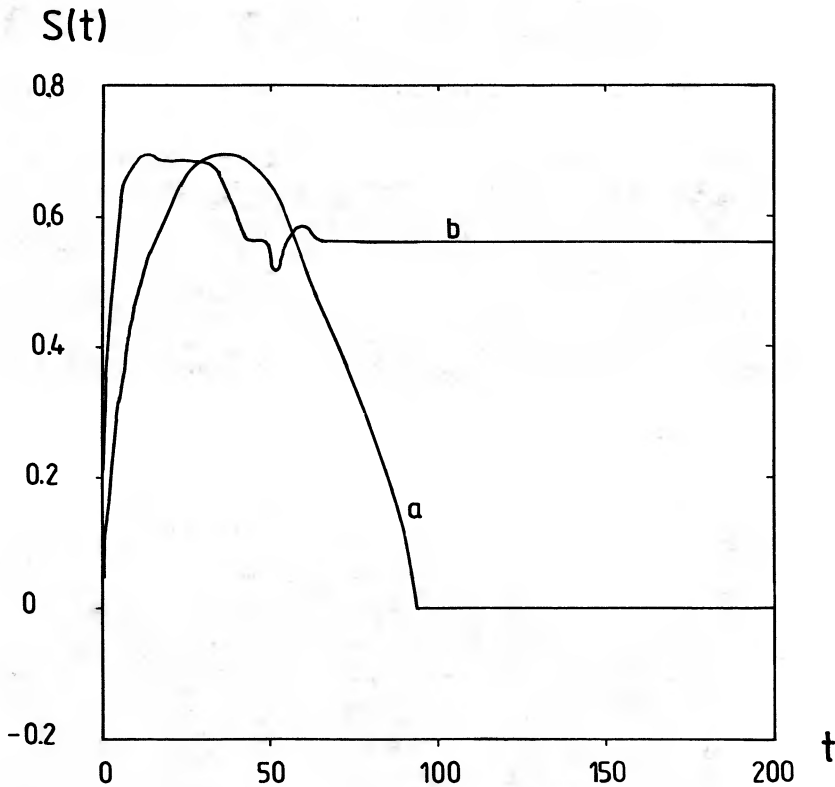


Rys. 5. Dywan czasoprzestrzenny dla modelu Kaca dla układu 170 kul a) z trzema mazakami anomalnymi, b) z trzema mazakami anomalnymi i siedmioma zwykłymi mazakami

innych przypadkach stan trójki kul nie ulega zmianie. Możemy sobie wyobrazić, że kule mają momenty magnetyczne skierowane w "górze" lub w "dół". Każdy moment magnetyczny jest źródłem pola magnetycznego, które wpływa na moment magnetyczny sąsiednich cząstek starając się ustawić momenty magnetyczne równolegle. Znajdziemy odwzorowanie odpowiadające temu oddziaływaniu

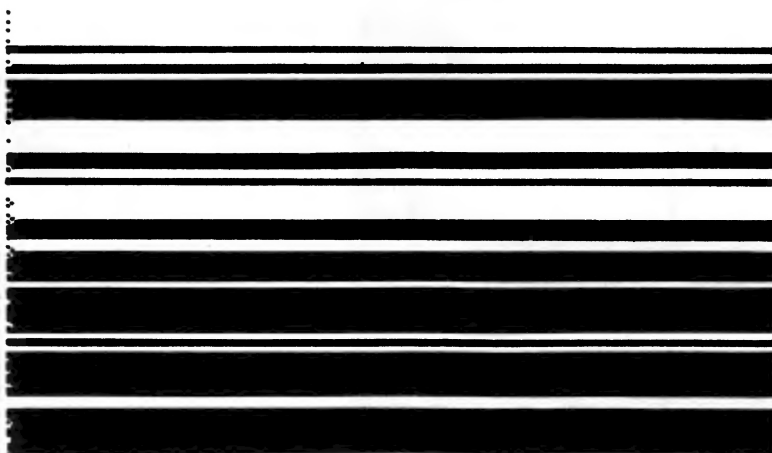
$$\begin{array}{cccccccc}
 (111) & (110) & (101) & (100) & (011) & (010) & (001) & (000) \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0
 \end{array} \quad (5)$$

Jest to reguła 232. Zauważmy, że ze stanu początkowego z jedną tylko kulą czarną (moment magnetyczny skierowany do góry) wynikają stany zawierające tylko kule białe. Na rys.7 przedstawiona jest ewolucja układu 150 momentów magnetycznych oddziałujących zgodnie z regułą 232 w przypadku jeśli w chwili początkowej 80 momentów skierowanych jest do góry i 70 do dołu. Łatwo zauważyć, że oddziaływania pomiędzy momentami magnetycznymi bardzo szybko prowadzą do osiągnięcia równowagi. Oczywiście model ten jest bardzo niefizyczny. W rzeczywistych układach z oddziaływaniami magnetycznymi konkurują m.in. drgania termiczne cząstek ośrodka, przeszkadzające równoległemu ustawieniu momentów magnetycznych. Aby urealnić nasz model trzeba wprowadzić do niego losowość, co odpowiada dodatkowemu oddziaływaniu momentów z ośrodkiem, w którym

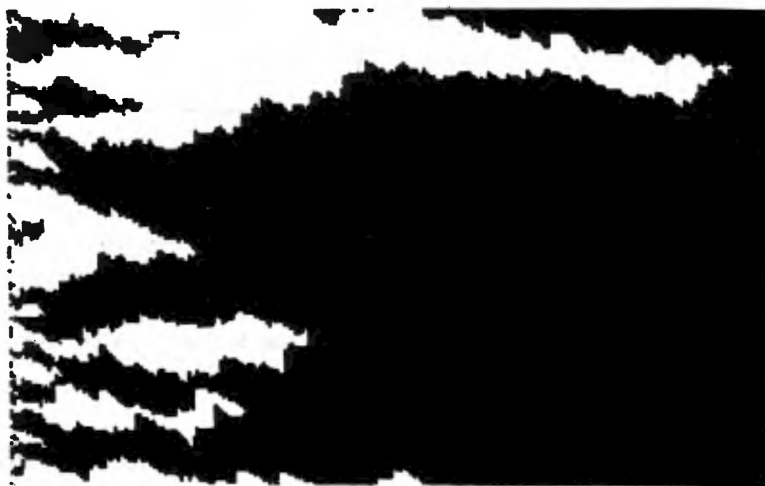


Rys. 6. Wykresy entropii dla modelu Kaca: krzywe (a) i (b) odpowiadają dywanom (a) i (b) z rys. 5

się znajdują. Obecność ośrodka równoważna jest wprowadzeniu prawdopodobieństwa "przewrócenia" momentu magnetycznego (tj. zamianie go na przeciwie skierowany). Gdy dany moment nie został "przewrócony" reguła 232 dla oddziaływania pomiędzy momentami obowiązuje nadal. Dokonując dalszych uproszczeń założymy, że wzbudzenia termiczne są tak słabe, że nie są one w stanie przewrócić momentu środkowego w każdej trójce najbliższych sąsiadów momentów magnetycznych o ile najbliżsi sąsiedzi są w tym samym stanie, a są tylko dwie takie konfiguracje (000) i (111). Odpowiedni dywan czasoprzestrzenny odpowiadający tym założeniom przedstawiony jest na rys. 8. Podobnie jak w przypadku samej tylko reguły 232 układ ewoluuje do stanu o maksymalnym wypadkowym momencie magnetycznym. Tym razem dochodzenie do stanu równowagi trwa nieporównanie dłużej. Widać to też z rys.9, gdzie pokazane są wykresy entropii dla obu przypadków. Jeśli wpływ ośrodka (temperatura) byłby większy to nie osiągnęli-



Rys. 7. Przykład działania reguły 232 dla układu 150 kul. W chwili $t = 0.80$ kul miało kolor czarny

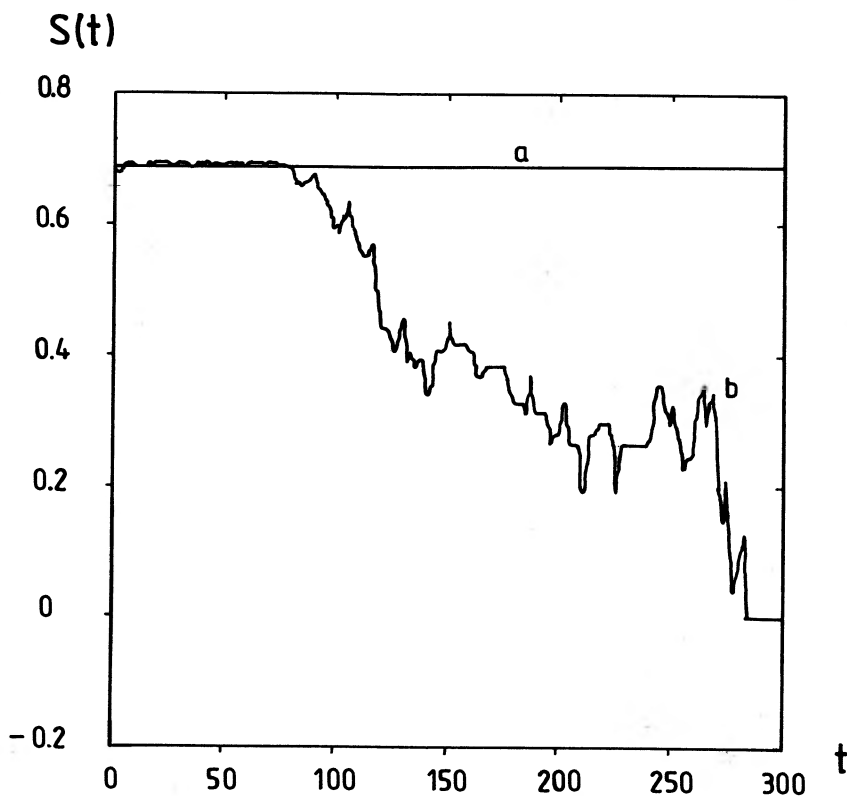


Rys. 8. Model magnetyczny odpowiadający oddziałującym momentom magnetycznym zgodnie z regułą 232 przy słabym oddziaływaniu ośrodka w sposób losowy zmieniającego kierunki momentów magnetycznych

byśmy stanu uporządkowanego, a model byłby bardziej skomplikowany.

6. Zakończenie

Celem naszym było pokazanie jak bardzo skomplikowane są procesy dochodzenia rzeczywistych układów do równowagi i jak należy rozumieć nieodwracalność ewolucji układów fizycznych pomimo odwracalności w świecie atomów. Jed-



Rys. 9. Wykresy entropii dla sytuacji z rys. 7 (krzywa a) i z rys. 8 (krzywa b)

nocześniej traktujemy obie prace jako zaproszenie do samodzielnych poszukiwań.

Literatura

- [1] M.R. Dudek i T. Paszkiewicz, *Postępy Fizyki* 42, 685 (1991).
- [2] M. Dresden, *J. Stat. Phys.* 46, 829 (1987).
- [3] S. Wolfram, *Theory and applications of cellular automata*, World Scientific, Singapore 1986
- [4] B.B. Mandelbrot, *The fractal geometry of nature*, Freeman, New York 1983.

NOWOŚCI NAUKOWE

Jan Figiel

*Instytut Fizyki Jądrowej
im. H. Niewodniczańskiego
Kraków*

Czy Ziemia przyciąga antyprotony inaczej niż protony?

Czy Ziemia przyciąga antyprotony inaczej niż protony?

Does Earth attract antiprotons just like protons?

Abstract: An experiment proposed to measure the gravitational acceleration of antiprotons is described.

Nikt dotąd nie spuścił na ziemię kawałka antimaterii, a jednak większość fizyków wierzy, że spadłby on tak samo szybko jak ciało zbudowane ze zwykłej materii. Przekonanie to oparte jest na zasadzie równoważności. Zasada ta postuluje równość masy bezwładnej i masy grawitacyjnej (ciężkiej) ciała, co oznacza, że w polu grawitacyjnym ciała doznają identycznego przyspieszenia, niezależnie od masy i składu. Zasada ta jest istotnym elementem teorii grawitacji Newtona i ogólnej teorii względności Einsteina. W tej ostatniej odnosi się ona nie tylko do ciał o niezerowej masie spoczynkowej, ale do innych form energii, np. światła.

W przypadku ciał makroskopowych zasada równoważności jest dobrze potwierdzona doświadczalnie (opis ważniejszych eksperymentów znajduje się np. w podręczniku Wróblewskiego i Zakrzewskiego [1a]. Według aktualnych pomiarów masa bezwładna i ciężka są równe z dokładnością 10^{-12} . Mierzono także przyspieszenie grawitacyjne niektórych cząstek elementarnych (foton, neutron, elektron [1b]) a także atomów potasu [1c] uzyskując wyniki zgodne, w granicach dość dużych błędów ($\leq 10\%$), ze standardową wartością przyspieszenia ziemskiego g .

Z kolei równość masy bezwładnej protonu i antyprotonu jest potwierdzona doświadczalnie z dokładnością 10^{-4} [2].

W tej sytuacji wydawałoby się, że fakty doświadczalne sugerują wyraźnie negatywną odpowiedź na pytanie postawione w tytule. Należy jednak pamiętać, że nie ma bezpośredniego pomiaru przyspieszenia grawitacyjnego antyprotonu, a przytoczona argumentacja teoretyczna oparta jest na teorii grawitacji i mechanice kwantowej, które to teorie nie zostały jeszcze połączone. Inaczej mówiąc teoria grawitacji Einsteina jest niekwantowa, a zatem nie może być uznana za ostateczną teorią grawitacji, zwłaszcza dla cząstek elementarnych. Kwantowanie grawitacji prowadzi do trudności matematycznych określanych jako anomalie i rozbieżności. Jeden ze sposobów ich przezwyciężenia oparty jest na teorii cechowania, stosowanej z powodzeniem do opisu elektroslabych i silnych oddziaływań cząstek elementarnych. W szczególności wydaje się, że wprowadzenie do ogólnej teorii względności lokalnej supersymetrii może rozwiązać te kłopoty [3]. Procedura ta kreuje dla każdej cząstki o spinie całkowitym supersymetrycznego partnera o spinie połówkowym i odwrotnie [4]. Powstaje więc swoista kaskada cząstek: fundamentalnemu, bezmasowemu kwantowi pola grawitacyjnego (grawitonowi) o spinie 2 (ze względu na tensorowy charakter oddziaływania) odpowiada partner o spinie 3/2 (grawitino), temu z kolei - bozon o spinie 1 (grawifoton), następnie cząstka o spinie 1/2 (goldstino) i wreszcie bozon o spinie 0 (grawiskalar). W większości szczególnych realizacji supersymetrycznej teorii grawitacji kwantowej fermiony są bardzo ciężkie ($\sim 10^3$ GeV) natomiast grawifoton i grawiskalar mają małe ale niezerowe masy (10^{-19} GeV).

Okazuje się, że podobne wyniki otrzymuje się w klasie tzw. teorii metrycznych opartych na ideach Th.F. Kaluzy i O. Kleina [4, 5]. Istotnym elementem tych teorii jest założenie, że oddziaływanie zachodzi w przestrzeni o wyższej liczbie wymiarów (co m. in. prowadzi do możliwości unifikacji różnych typów oddziaływań). W szczególności projekcja grawitonu o spinie 2 z pierwotnej, wielowymiarowej przestrzeni do zwykłej czasoprzestrzeni generuje oprócz zwykłego grawitonu także grawifoton (spin=1) oraz grawiskalar (spin=0).

Jest godne uwagi, że różne sposoby kwantowania grawitacji prowadzą do istnienia dodatkowych bozonów pośredniczących, a zatem dodatkowych rodzajów oddziaływania grawitacyjnego. Bardziej szczegółowe rozważenie własności tych sił prowadzi do zaskakujących wniosków. Przede wszystkim, niezerowa masa grawifotonu i grawiskalara oznacza skończony zasięg tych oddziaływań, czyli naruszenie wzoru Newtona (masie rzędu 10^{-19} GeV odpowiada zasięg ok. kilkuset metrów).

Wymiana grawitonu i grawiskalara prowadzi zawsze do sił przyciągających natomiast wymiana grawifotonu daje odpychanie w oddziaływaniu materia-materia i antymateria-antymateria i przyciąganie w oddziaływaniu antymateria-materia. Jest to analogia z elektrodynamiką, gdzie w wyniku wymiany fotonu, jednoimienne ładunki odpychają się, a przeciwnego znaku - przy-

ciągają. Dodatkowo nowe bozony pośredniczące oddziałują z materią w szczególny sposób: grawiskalar może sprzęgać się inaczej do energii i masy spoczynkowej a siła sprzężenia grawifotonu może zależeć od liczb kwantowych ciał. Oznacza to zależność siły grawitacyjnej od składu ciała czyli naruszenie zasady równoważności.

O ile w przypadku oddziaływania materia-materia dodatkowe siły wynikające z wymiany grawifotonu i grawiskalara mogą się znosić, to w oddziaływaniu antymateria-materia siły te sumują się i mogą prowadzić do mierzalnego zwiększenia przyciągania grawitacyjnego, rzędu kilku — kilkunastu procent. Zjawisko to określa się mianem “antygravitacji” [6].

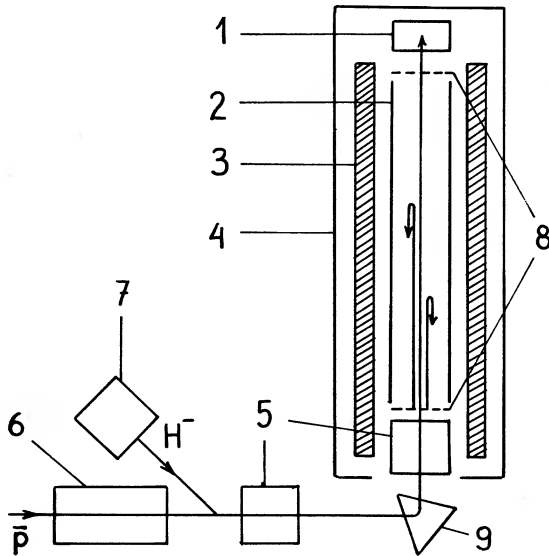
Powyższe przewidywania efektów gravitacji kwantowej zostały poważnie potraktowane przez T. Goldmana i M.M. Nieto, którzy w r. 1982 zaproponowali eksperyment badający przyspieszenie grawitacyjne antyprotonów [7]. Eksperyment miał być wykonany w Europejskim Ośrodku Badań Jądrowych CERN w Genewie i wykorzystywać wiązkę spowolnionych antyprotonów z pierścienia akumulującego LEAR. Idea doświadczenia jest identyczna jak w przypadku pomiaru przyspieszenia ziemskiego elektronów [8] i sprowadza się do klasycznego “rzutu pionowego” antyprotonów i pomiaru czasu przelotu. Projekt eksperymentu nie zyskał uznania władz CERN-u aż do roku 1986, kiedy pojawiły się wyniki doświadczalne sugerujące istnienie nowego rodzaju oddziaływania o skończonym zasięgu i zależnego od składu ciała (tzw. “piątej siły”) [9]. Spośród szeregu sprzecznych rezultatów w tej dziedzinie na uwagę zasługują niezależne pomiary stałej gravitacji G_g metodami geofizycznymi w kopalniach Australii, w lodowcu na Grenlandii i w łodzi podwodnej zanurzonej w oceanie. Wszystkie te pomiary dają wartość większą niż wynik laboratoryjny: $G_g(r \gg 0) > G_{lab}(r \rightarrow 0)$. Różnica waha się między 1 a 2%. Obserwację tę można zinterpretować ilościowo wprowadzając składową o skończonym zasięgu R w potencjale grawitacyjnym:

$$V_{lab}(r) = -\frac{G_g m_1 m_2}{r} (1 + \alpha e^{-\frac{r}{R}}),$$

$$G_{lab} = G_g (1 + \alpha)$$

Analiza danych geofizycznych daje wartości: $\alpha = -(7.0 \pm 3.5)10^{-3}$, $1 \text{ m} < R < 1 \text{ km}$, a zatem dopuszcza istnienie szczątkowej, średniozasięgowej siły odpychającej, która mogłaby być interpretowana jako skutek wymiany grawifotonu. W tej sytuacji wzrosło zainteresowanie społeczności fizyków ewentualnymi efektami gravitacji kwantowej i eksperyment badający spadek antyprotonów został zatwierdzony do realizacji w CERN-ie z numerem PS200.

Ideowy schemat tego eksperymentu przedstawiony jest na rys. 1. Głównym elementem aparatury jest miedziana rura “dryfowa” o wysokości 1 m i średnicy kilku cm, umieszczona w doskonałej próżni i schłodzona do temperatury ciekłego



Rys. 1. Ideowy schemat eksperymentu PS200: 1 – detektor cząstek, 2 – rura dryfowa, 3 – solenoid, 4 – kriostat, 5 – pułapki Penninga, 6 – zespół spowalniający, 7 – źródło jonów H^- , 8 – elektrody kontrolne, 9 – magnes odchylający

helu (w celu zminimalizowania gradientów potencjału wynikających z lokalnych różnic temperatury). Jej zadaniem jest ekranowanie lecących wewnątrz antyprotonów od zewnętrznych pól elektrycznych. Solenoid otaczający rurę wytwarza słabe, współosiowe pole magnetyczne mające ogniskować antyprotony. Powyżej rury znajduje się detektor zliczający cząstki. Eksperyment korzysta z antyprotonów o energii kilku MeV dostarczanych przez pierścień LEAR. Antyprotony te są następnie spowalniane i gromadzone w pułapkach typu Penninga. Druga pułapka wyrzuca periodycznie grupy antyprotonów (~ 100 cząstek) o prędkościach w przedziale 5 – 1000 m/s do rury dryfowej. Alternatywnie używane też będą ujemne jony wodoru. Zasada eksperymentu polega na porównaniu maksymalnego czasu przelotu przez rurę t_{\max} antyprotonów i jonów H^- , tzn. czasu, po którym nie ma już zliczeń w detektorze. Czas ten nie zależy od rozkładu prędkości cząstek, a od długości rury h i sił działających na nie wewnątrz rury. Siły te to przede wszystkim przyciąganie grawitacyjne Ziemi – $m_p g_p$, gdzie g_p jest poszukiwanym przyspieszeniem ziemskim antyprotonu. Jeśli siła ta ma standardową wartość, to odpowiada jej równoważne pole elektryczne $|m_p g/e| = 1.03 \times 10^{-7}$ V/m, gdzie e oznacza elementarny ładunek elektryczny. Wewnątrz rury istnieje jeszcze jej “własne” pole elektryczne E_w będące skutkiem niejednorodnego rozkładu gęstości elektronów przewodnictwa w ściankach, spowodowanego ich przyciąganiem przez Ziemię. Traktując te elektrony jak nieściśliwą ciecz można obliczyć potencjał indukowany

w metalu oraz wynikające pole elektryczne $E_w = |m_e g / e| = 5.6 \times 10^{-11}$ V/m. Pole to oddziałuje na antyprotony z siłą skierowaną pionowo do góry! W celu zoptymalizowania czasu przelotu wytwarza się wewnątrz rury dodatkowe pole elektryczne $E_a \sim 10^{-8}$ V/m, przepuszczając przez ścianki słaby prąd stały. Maksymalny czas przelotu wyraża się więc wzorem:

$$t_{max} = \sqrt{2hm_p / (m_p g_p - eE_w + eE_a)}$$

Można zatem zmierzyć t_{max} dla kilku wartości pola E_a i oszacować przyśpieszenie grawitacyjne antyprotonu g_p . Oczekiwana dokładność pomiaru ma wynosić ok. 1%. Obecnie eksperyment jest w toku i pierwsze wyniki oczekiwane są w niedalekiej przyszłości.

*

*

*

Autor dziękuje profesorowi J. Zakrzewskiemu z Uniwersytetu Warszawskiego za zachętę do napisania tego artykułu.

Literatura

- [1] (a) A.K. Wróblewski, J. Zakrzewski, *Wstęp do fizyki*, t. 2, cz. 1, PWN, Warszawa 1989, str. 256; (b) tamże, str. 270; (c) t. 1, Warszawa 1976, str. 253.
- [2] D. Perkins, *Introduction to High Energy Physics*, Addison-Wesley Publishing Corp. 1987, str. 94.
- [3] B.S. DeWitt, *Postępy Fizyki* **36**, 235 (1985).
- [4] T. Goldman, R.J. Hughes, M.M. Nieto, *Sci. Am.* **258**, no 3, 32 (1988).
- [5] L.M. Sokołowski, *Postępy Fizyki* **36**, 539 (1985).
- [6] J. Scherk, *Phys. Lett.* **88B**, 265 (1985).
- [7] T. Goldman, M.M. Nieto, *Phys. Lett.* **112B**, 437 (1982); T. Goldman, R.J. Hughes, M.M. Nieto, *Phys. Lett.* **171B**, 217 (1986).
- [8] F.C. Witteborn, M.W. Fairbank, *Phys. Rev. Lett.* **19**, 1049 (1967).; *Nature* **220**, 436 (1968).
- [9] W. Kalinowski, *Postępy Fizyki* **39**, 233 (1987).

NOWE URZĄDZENIA I TECHNIKI EKSPERYMENTALNE

Granulowane nadprzewodniki jako detektory cząstek*

Superconducting granule detectors

Abstract: The present status of the development of superheated superconducting granules as a possible detector for neutrinos and dark matter is reviewed.

1. Wstęp

Poszukiwanie neutrin słonecznych, problem masy neutrina i natura ciemnej materii stały się motywacją rozwoju nowych niekonwencjonalnych detektorów, które mogą mierzyć energię cząstek w zakresie od 1 do 1000 eV. Detektory niskotemperaturowe są szczególnie interesujące, gdyż dla niskoenergetycznych cząstek większość traconej w detektorze energii przekształcana jest w ciepło, powodując zmianę temperatury $\Delta T = \Delta E/C$, (gdzie ΔE — strata energii cząstki, C — pojemność cieplna detektora). W niskich temperaturach (gdy C jest bardzo małe) straty energii wywołują mierzalny sygnał w nadprzewodzącym lub bolometrycznym detektorze. Zainteresowanie urządzeniami nadprzewodnikowymi do detekcji cząstek wynika z faktu, że detektory te potrzebują małej ilości energii (rzędu 1 meV do rozerwania pary Coopera) w porównaniu z konwencjonalną jonizacją (ok. 20 eV) lub detektorami półprzewodnikowymi (ok. 1 eV). W konsekwencji można mieć nadzieję na uzyskanie bardzo niskiej energii progowej i lepszej rozdzielczości energetycznej w takich urządzeniach. Nie ma też zasadniczych trudności w używaniu kriogenicznych detektorów w obszarze temperatur milikelwinowych, gdyż współczesna technika niskotemperaturowa jest dobrze rozwinięta i dostępna komercyjnie.

*Na podstawie artykułu K.P. Pretzla "Superconducting granule detectors", jaki ukazał się w *Particle World* 1, 153 (1990), opracował Jacek Igalson, Instytut Fizyki PAN, Warszawa.

Obecnie prowadzi się prace nad kilku rodzajami urządzeń, takich jak magnetycznie przegrzane nadprzewodzące ziarna, nadprzewodzące warstwy, nadprzewodzące złącza tunelowe, detektory progowe i bolometry. W tym przeglądzie zajmujemy się detektorami typu przegrzanych nadprzewodzących ziaren (Superheated Superconducting Granules SSG).

2. Zasada działania

Idea działania detektorów SSG sięga roku 1967. Oddziaływanie biegnącej cząstki z nadprzewodzącym ziarnem detektora powoduje zmianę jego temperatury. Zmiana ta może być wystarczająca do wywołania przejścia granulki ze stanu nadprzewodzącego do normalnego. Zakładając, że ogrzewanie ziarna jest jednorodne, zmianę jego temperatury określa wyrażenie

$$\Delta T \propto 3\Delta E/4\pi c\rho R^3,$$

gdzie c oznacza ciepło właściwe, ρ gęstość, a R promień ziarna. Zmiana fazy pojedynczego ziarna może być zarejestrowana przez cewkę zbierającą, która mierzy zmianę strumienia magnetycznego spowodowanego wniknięciem pola magnetycznego do materiału $\Delta\phi \propto H R^3/D$ (gdzie H — pole magnetyczne, a D — średnica cewki). Średni sygnał napięciowy jest odwrotnie proporcjonalny do czasu w jakim w ziarnie zachodzi przemiana fazowa. Czas ten jest rzędu nanosekund. Duży sygnał związany z przejściem fazowym otrzymuje się dla nadprzewodników I rodzaju. W odpowiednio dobranym polu magnetycznym ziarna mogą znajdować się w stanie metastabilnym określonym przez pole przechłodzone H_{sc} i przegrzane H_{sh} . W idealnym przypadku pola te wyznacza parametr Ginzburga-Landaua κ , który jest stosunkiem głębokości wnikania pola magnetycznego do odległości koherencji. Dla $\kappa < 1/\sqrt{2}$ pola przegrzane i przechłodzone wyrażają się następująco

$$H_{sh} = H_c/\sqrt{\kappa\sqrt{2}},$$

$$H_{sc} = 2,4\kappa H_c,$$

gdzie H_c jest wartością termodynamicznego pola krytycznego. Istnieje analogia pomiędzy efektami pojawiającymi się w przegrzanej cieczy w komorze pęcherzykowej i w przegrzanych polem granulkach nadprzewodników. W obu przypadkach przemiana fazowa rozpoczyna się ze stanu metastabilnego.

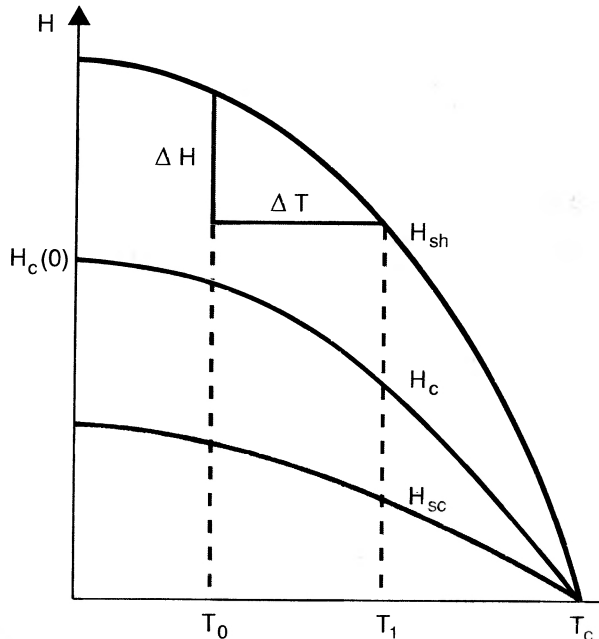
Detektor SSG zawiera dużą liczbę drobnych sferycznych granulek zanurzonych w dielektrycznym ośrodku (np. parafinie), a współczynnik wypełnienia wynosi 10% do 30% objętościowych. Ziarna służą jednocześnie jako tarcza i detektor. Są chłodzone poniżej temperatury krytycznej T_c i umieszczane w polu magnetycznym. Energia potrzebna do zmiany stanu ziarna jest określona przez rozmiar ziarna, materiał, temperaturę i przyłożone pole magnetyczne.

3. Wpływ napromieniowania

Aby zbadać czułość i mechanizm ogrzewania ziaren (globalne czy lokalne ogrzewanie), przeprowadzono kilka doświadczeń bombardując ziarna cząstkami α , β i γ pochodzącymi ze źródeł radioaktywnych oraz cząstkami e , π i μ pochodzącymi z wiązki akceleratora.

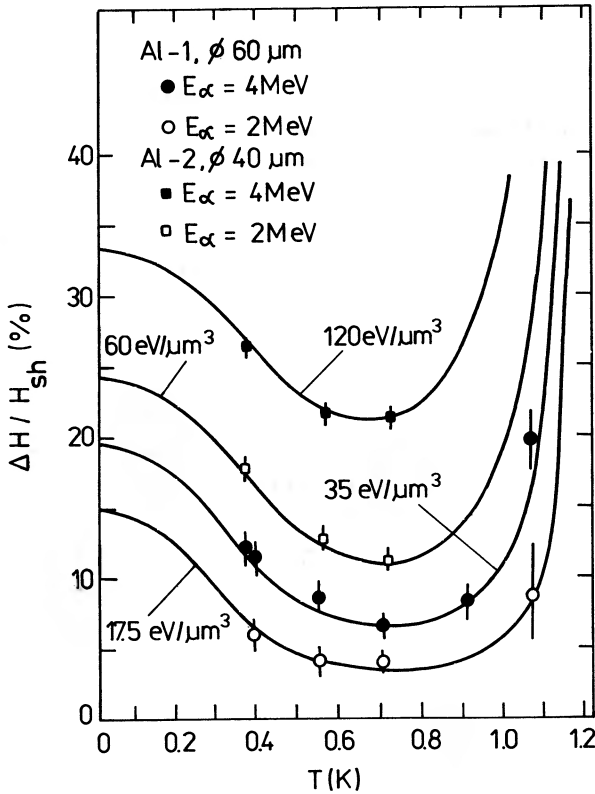
W modelu ogrzewania globalnego założono jednorodne ogrzewanie całego ziarna zanim przechodzi ono ewentualnie do stanu normalnego. Dla nadprzewodnika w równowadze termicznej ilość ciepła potrzebna do podniesienia temperatury jest określona przez fononowe i elektronowe ciepło właściwe. Systematyczne prace nad mechanizmem ogrzewania prowadzono bombardując cząstkami α o energii 4 i 2 MeV pojedyncze ziarna Al, Zn, Sn i In. Założono, że cząstki α tracą całą energię w zderzeniu z ziarnem. Pozostawiona energia może być wystarczająca do zmiany stanu ziarna z fazy nadprzewodzącej do normalnej, gdy zewnętrzne pole magnetyczne jest bliskie H_{sh} , a zmiana temperatury ziarna wynosi ΔT (rys.1).

W modelu globalnego ogrzewania pomiar ΔH jest miarą zmiany temperatury



Rys. 1. Diagram fazowy nadprzewodnika I rodzaju z zaznaczonymi liniami dla pola przegrzanego H_{sh} i przeschłodzonego H_{sc} . Zależność termodynamicznego pola krytycznego H_c przybliżono wzorem $H_c(T) = H_c(0)[1 - (T/T_c)^2]$

ziarna ΔT , zatem wielkość $\Delta H/H_{sh}$ charakteryzuje czułość ziarna. Na rys. 2



Rys. 2. Zmierzona wielkość $\Delta H/H_{sh}$ w funkcji temperatury dla cząstek α o energiach 4 MeV i 2 MeV zderzających się z ziarnami Al o średnicach 60 μm i 40 μm . Punkty to dane doświadczalne (zaznaczono błędy), krzywe ciągłe obliczono zakładając model globalnego ogrzewania

pokazano mierzoną wielkość $\Delta H/H_{sh}$ jako funkcję temperatury dla cząstek α o energiach 4 MeV i 2 MeV zderzających się z ziarnami Al o średnicach 60 μm i 40 μm . Linie ciągłe ilustrują obliczenia oparte na modelu ogrzewania globalnego. Podobne rezultaty uzyskano dla ziaren Zn. Wyniki pokazują niewielki wzrost czułości gdy detektor pracuje w bardzo niskich temperaturach $T \ll T_c$. Najwyższą czułość osiąga się w pobliżu T_c . Wtedy jednak mała wartość przyłożonego pola magnetycznego obniża wielkość sygnału detektora. Efektywnie największą czułość otrzymuje się dla materiałów o niskiej T_c .

Ziarna Sn i In zachowują się inaczej niż Al i Zn. Zaobserwowano, że większe ziarna zmieniają stan w wyniku bombardowania cząstkami α nawet, gdy całkowita energia dostarczana nie jest wystarczająca do ogrzania ziarna powyżej progu przejścia. Wskazuje to na lokalny proces ogrzewania, gdy tylko mała część ziarna jest ogrzana i powoduje załamanie się stanu nadprzewodzącego a w kon-

sekwencji przejście całego ziarna do stanu normalnego. W ten sposób podnosi się czułość detekcji. Lokalne ogrzewanie można wyjaśnić rozważając dyfuzję ciepła w ziarnie. Silnie jonizująca cząstka α produkuje elektrony, które wytracają energię w procesie oddziaływania elektron-elektron, rozbijają pary Coopera i produkują kwazicząstki (elektrony w pasmie). W procesie oddziaływania elektron-fonon emitowane są fonony. Jeśli ich energia jest większa niż energia wiązania pary Coopera, mogą je rozbić dając nowe kwazicząstki. Powyższe oddziaływania prowadzą do ustalenia się równowagi termicznej. W ziarnach Sn i In kwazicząstki tracą energię na małej odległości i gorący obszar tworzy się wzdłuż drogi cząstki α , zanim ciepło rozplynie się w całym ziarnie. Centrum kondensacji położone w pobliżu gorącego obszaru da początek przejściu ziarna do stanu normalnego zanim całe ziarno ulegnie podgrzaniu.

Dyfuzja ciepła w Al i Zn ma inny charakter. W procesie globalnego ogrzewania, kwazicząstki rozbiegają się w całym ziarnie szybciej niż zachodzi termiczna relaksacja. Centrum kondensacji nie jest ogrzewane bardziej niż reszta ziarna. Taki model jest zgodny z faktem, że czas życia kwazicząstek jest szczególnie duży w Al i Zn. Efekt lokalnego ogrzewania obserwowany w Sn i In prowadzi do istotnego zwiększenia czułości (25 razy). Jednocześnie jednak próg detekcji staje się źle określony i wydaje się, że materiały z globalnym ogrzewaniem mogą być bardziej użyteczne.

4. Wnioski

Rozwój detektorów SSG znajduje się ciągle w początkowej fazie. Nie jest obecnie jeszcze pewne, czy uda się zaobserwować w najbliższej przyszłości niskoenergetyczne neutrino i ciemną materię. Jednakże osiągnięto ogromny postęp w lepszym zrozumieniu nadprzewodzących własności granulek i ich zachowania podczas napromieniowania. W porównaniu z innymi detektorami niskotemperaturowymi, detektory SSG wykazują szczególne własności. Duża lista możliwych materiałów nadprzewodzących I rodzaju pozwala optymalizować warunki dla różnych zastosowań, na przykład do detekcji ciemnej materii (oddziaływania zależne i niezależne od spinu), neutronów słonecznych i podwójnego rozpadu beta.

Czy detektory SSG będą użyteczne zależy w dużej mierze od przyszłego rozwoju produkcji ziaren, ich selekcji i możliwości rejestracji sygnału. Obiecujące są kroki w kierunku wykonania płaskiej sieci ziaren techniką litograficzną oraz użycia techniki SQUID-owej do odczytu sygnału. Rejestracja sygnału pochodzącego ze sprężystego oddziaływania jąder z neutronami będzie ważnym testem dla rozwoju SSG w przyszłości. Techniczna realizacja detektora o masie rzędu 1 kg składającego się z ziaren o zbliżonych parametrach stanowi jednak ciągle problem trudny do rozwiązania.

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

XIV Warszawska Międzynarodowa Konferencja Fizyki Cząstek Elementarnych

W serii konferencji organizowanych dotychczas w Kazimierzu Dolnym odbyła się w Warszawie od 26 maja do 1 czerwca 1991 r. XIV Warszawska Międzynarodowa Konferencja Fizyki Cząstek Elementarnych. Konferencja nosiła tytuł "Zagadki przy skali elektro-słabej" i była poświęcona przeglądowi najnowszych wyników doświadczalnej i teoretycznej fizyki cząstek elementarnych. Główne tematy XIV Konferencji to naruszenie symetrii $SU(2)_L \times U(1)$, sektor cząstek Higgsa w modelach supersymetrycznych, rzadkie rozpady słabe, fizyka neutrin i kosmologia.

Przedstawione zostały nowe wyniki otrzymane za pomocą akceleratorów LEP i Sp \bar{p} S (CERN) oraz Tevatron (Batawia, USA), dotyczące produkcji bozonów W i Z. Są one zgodne z minimalnym modelem standardowym, czyli teorią Glashowa-Salama-Weinberga.

Nowe dane dotyczące naruszenia symetrii CP w rozpadach neutralnych mezonów K w różnych eksperymentach są obecnie bliższe sobie i zgodne. Dużo referatów teoretycznych poświęconych było analizie tego naruszenia dla oddziaływań mezonów K i B, zarówno w modelu standardowym jak i w różnych jego rozszerzeniach z bardziej złożonym sektorem cząstek Higgsa. W paru wystąpieniach omówiono także problem dipolowych i anapolowych momentów różnych cząstek elementarnych.

Nadal nie został odkryty kwark t, ale mamy obecnie dość silne ograniczenia na jego masę ($89 \text{ GeV}/c^2 < m_t < 180 \text{ GeV}/c^2$). Dolna granica wynika bezpośrednio z eksperymentów badających ewentualne procesy produkcji cząstek zawierających kwark t, a górna granica z analizy teoretycznej poprawek promienistych do różnych (zmierzonych w LEP-ie) parametrów oddziaływań elektro-słabych.

Bardzo interesujące są nowe wyniki eksperymentalne dla neutrin, a zwłaszcza dane doświadczalne wskazujące na istnienie neutrina o masie $17 \text{ keV}/c^2$. Problem ten jest ciągle otwarty, gdyż w niektórych eksperymentach nadal nie obserwuje się efektów związanych z tym neutrinem. Gdyby neutrino takie rzeczywiście istniało, to otwierałoby się całkiem nowe pole do badań w sektorze leptonowym (masy pozostałych neutrin, macierz mieszania itp.). Na konferencji dyskutowano również znaczenie tego odkrycia dla analizy neutrin słonecznych i kosmologii.

Nie odkryto dotychczas cząstki Higgsa z minimalnego modelu standardowego. Jeśli ona istnieje, to jej masa jest większa od $48 \text{ GeV}/c^2$. Poszukiwane są również cząstki Higgsa przewidywane w innych modelach, ale ograniczenia są tu słabsze. W referatach teoretycznych dyskutowano mechanizm naruszenia symetrii $SU(2)_L \times U(1)$, analizowano liczbę cząstek Higgsa i ich właściwości, zastanawiano się nad elementarnością cząstek Higgsa itp. Specjalna sesja była poświęcona zjawiskom nieperturbacyjnym w oddziaływaniach elektro-słabych, w tym m.in. naruszaniu zachowania liczby barionowej.

Przedstawione zostały także referaty omawiające modele będące istotnym rozszerzeniem modelu standardowego: modele z symetrią $SU(2)_L \times SU(2)_R \times U(1)$, modele supersymetryczne i modele strunowe.

Ostatnia sesja była poświęcona oddziaływaniom silnym i chromodynamice kwantowej, a zwłaszcza analizie funkcji struktury kwarkowo-gluonowej nukleonów i fotonu z uwzględnieniem efektów spinowych.

Konferencja została zorganizowana przez Instytut Fizyki Teoretycznej i Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytut Problemów Jądrowych. Uczestniczyło w niej 67 fizyków z zagranicy (z CERN-u, Austrii, Czechosłowacji, Francji, Grecji, Hiszpanii, Irlandii, Izraela, Kanady, Niemiec, Szwajcarii, W. Brytanii, Włoch, USA i ZSRR) oraz 53 fizyków polskich (z Katowic, Kielc, Krakowa, Łodzi, Warszawy i Wrocławia). Łącznie przedstawiono 79 referatów przeglądowych i komunikatów z prac własnych, w tym 11 wystąpień mieli uczestnicy polscy. Materiały konferencji zostaną opublikowane przez World Scientific (Singapur) w lutym 1992 r.

Zygmunt Ajduk i Stefan Pokorski
Instytut Fizyki Teoretycznej UW
Warszawa

Międzynarodowe Kolokwium Spektroskopowe w Bergen

W dniach od 9 do 14 czerwca 1991 r. odbyło się w Bergen (Norwegia) — mieście znanym m.in. z licznie tu organizowanych kongresów, konferencji, zjazdów i innych spotkań — konferencja pod nazwą "XXVII Colloquium Spectroscopicum Internationale". Konferencja ta ma już długą tradycję. Pierwsze takie spotkanie odbyło się w 1949 r. w Strasburgu (Francja). Następne konferencje zwoływano co rok lub dwa w różnych krajach świata. Jak dotychczas zorganizowano je w 17 krajach, a we Francji, RFN, USA i Wielkiej Brytanii odbyły się one nawet trzykrotnie. Począwszy od 1977 r. (tj. od XX Kolokwium, które odbyło się w Pradze Czeskiej) zwołuje się je regularnie co dwa lata. Poprzednie odbyło się w 1989 r. w Sofii (Bułgaria), następne (1993 r.) zwołane zostanie do Yorku (Wielka Brytania). O przywilej goszczenia kolejnego, XXIX Kolokwium w 1995 r. zabiegały Austria (Wiedeń) oraz RFN (Lipsk — w istocie zabiegała o to grupa naukowców z terenów byłej NRD). Ostatecznie gremium złożone z przedstawicieli poszczególnych krajów przychyliło się, stosunkiem głosów 14:13, na rzecz zorganizowania tej imprezy w Lipsku. Na terenie Polski nie odbyła się jak dotąd nigdy jeszcze ta konferencja. Jest to tym dziwniejsze, że organizowano ją już w takich krajach jak Bułgaria, Czechosłowacja i Węgry. Zapewne istniałyby szanse uzyskania aprobaty na zwołanie w Polsce XXX Kolokwium w 1997 r. By mogło to jednak nastąpić, konieczne byłoby podjęcie odpowiednich działań już obecnie.

Międzynarodowe Kolokwium Spektroskopowe organizowano dość często wspólnie z Międzynarodową Konferencją Spektroskopii Atomowej. Obie te imprezy osiągnęły jednak z biegiem czasu rozmiary przekraczające możliwości organizacyjne wielu krajów. Toteż od pewnego czasu zwołuje się je jako dwa niezależne od siebie spotkania naukowe.

Organizatorem omawianego Kolokwium było Norweskie Towarzystwo Chemiczne. Zwołano je pod protektorem i przy wsparciu finansowym IUPAC; dotowało je ponadto kilkanaście krajowych i międzynarodowych instytucji naukowych i firm przemysłowych. Kilka międzynarodowych przedsiębiorstw utworzyło specjalny fundusz stypendialny na pokrycie kosztów udziału studentów a także innych osób z niektórych obszarów świata. Przewodniczącym ośmioosobowego Komitetu Organizacyjnego był prof. F.J. Langmyhr (Uniwersytet w Oslo, Norwegia) a wiceprzewodniczącym był dr Y. Thomassen (Narodowy Instytut Zdrowia, Oslo), który odpowiedzialny był zarówno za sprawy organizacyjne, jak i program naukowy konferencji. Obrady konferencji toczyły się w gmachu filharmonii im. Edwarda Griega — posiedzenia plenarne i sesja plakatowa — oraz na terenie uniwersytetu — pozostałe sesje. Ponadto w gmachu filharmonii wystawiały swój sprzęt i inne materiały 24 firmy produkujące sprzęt pomiarowy i przedstawiciele niektórych wydawnictw naukowych.

Niezmiernie sympatycznym akcentem było wręczenie podczas sesji inauguracyjnej Sir Alanowi Walshowi (CSIRO, Clayton, Australia) nagrody CSI. Nagrodę tę wręczono po raz pierwszy, a ufundowały ją dwie znane firmy Perkin Elmer i Varian.

XXVII Kolokwium było dużą imprezą. Wzięło w nim udział ok. 550 naukowców z 44 krajów, w tym przedstawiciele Estonii, Litwy i Taiwanu. Najliczniej reprezentowana była, ze zrozumiałych względów, Norwegia (91 osób). Następnymi co do liczebności były RFN (69 osób, z tego 17 z byłej NRD), ZSRR (40 osób, w tym jedna z Estonii i dwie z Litwy), USA (38 osób), Wielkiej Brytanii (30 osób), Szwecji (26 osób) i Polski (23 osoby). Na 6 sesjach plenarnych, 44 posiedzeniach sekcji specjalistycznych (których było łącznie 14) i 3 sesjach plakatowych przedstawiono w toku konferencji w sumie ok. 450 prac naukowych autorstwa prawie tysiąca osób. Była to więc bardzo pracowita konferencja. Pewną niedogodność, chronicznie występującą przy tak wielkich imprezach, stanowiły sesje równoległe. Było ich aż sześć, a co gorsze, posiedzenia sekcji specjalistycznych odbywały się w różnych gmachach uniwersytetu. Powodowało to dużą "mobilność" uczestników konferencji i, jak zwykle w takim przypadku, sporo zamieszania. Najwięcej prac przedstawili reprezentanci RFN (łącznie 55), następnie ZSRR (40 prac) i USA (35 prac). Z Polski prezentowano 26 prac, co — wobec 23 uczestników — dawało niezły "współczynnik aktywności". Najkorzystniej w tym względzie wypadła 15-osobowa reprezentacja Chin, która przedstawiła aż 35 prac.

Tematyka tegorocznej konferencji była szeroko zakrojona i dotyczyła ogólnie rzecz biorąc fundamentalnych problemów współczesnej spektroskopii, a w szczególności spektroskopii analitycznej. Wiele prac poświęconych też było fizycznym aspektom spektroskopii i spektrometrii. W trakcie sesji inauguracyjnej I. Sobelman (AN, Moskwa, ZSRR) wygłosił interesujący wykład odnoszący się do węzłowych problemów spektroskopii astrofizycznej. Natomiast B.E. Woodgate (NASA, Goddard Space Flight Centre, Greenbelt, USA) poświęcił swój wykład inauguracyjny spektroskopii kosmicznej z wykorzystaniem teleskopu Hubble'a. Szczególnie wiele prac dotyczyło rozwoju nowoczesnych metod detekcji. Dominującą rolę przypisuje się tu, od pewnego zresztą już czasu — w szczególności w spektrometrii analitycznej środowiska przyrodniczego — metodom hybrydowym, np. spektrometrii mas połączonej z plazmą sprzężoną indukcyjnie jako źródłem jonów (Inductive Coupled Plasma — Mass Spectrometry, ICP — MS). Metoda ta znajduje, mimo stosunkowo drogiej aparatury (cena "standardowego" zestawu pomiarowego kształtuje się ok. 2 — 5 mln USD!) coraz powszechniejsze zastosowanie zwłaszcza do oznaczania ultra-

mikrośladów, w szczególności w różnych próbkach "naturalnych". Znaczna liczba prac — analogicznie do poprzednich konferencji CSI — poświęcona była absorpcyjnej spektrometrii atomowej, a w szczególności atomowej spektrometrii absorpcyjnej "zimnych par" (Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry, CV — AAS). Znacząca liczba prac poświęcona była różnym fizycznym aspektom przeżywającej swój renesans spektrometrii emisyjnej, zwłaszcza z użyciem plazmy sprzężonej indukcyjnie, jako źródła wzbudzenia (Inductive Coupled Plasma — Atomic Emission Spectrometry, ICP—AES). Wiele uwagi poświęcono także intensywnie rozwijającej się w ostatnich latach chromatografii gazowej, technikom jądrowym, spektrometrii rentgenowskiej itd. Stosunkowo mniej prac niż na wcześniejszych konferencjach dotyczyło metody aktywacji neutronowej. Metoda ta, przy stosunkowo wysokiej precyzji jaką zapewnia w większości pomiarów, znajduje — ze względu na dużą czasochłonność — coraz rzadsze zastosowanie, zwłaszcza w badaniach rutynowych. Coraz też częściej krąg jej zastosowań sprowadza się do testowania innych metod analitycznych.

Serię interesujących wykładów i plakatów dotyczących zarówno teoretycznych jak i praktycznych aspektów spektrometrii analitycznej (przede wszystkim w odniesieniu do spektrometrii absorpcyjnej) wygłosił P.W.J.M. Boumans (Philips Research Laboratories, Eindhoven, Holandia). Z kolei N. Omenetto (CEC, Ispra, Włochy) omówił węzłowe problemy spektrometrii jednofotonowej "Detekcja fotonów z wykorzystaniem jonizacji laserem" w odniesieniu do spektrometrii emisyjnej. W swym wystąpieniu R.M. Barnes (Uniwersytet Massachusetts, Amherst, USA) poruszył najważniejsze problemy analizy gazów metodami spektrometrii ICP ("Sealed Inductive Coupled Plasma for Gas Analysis"). Kilka interesujących prac dotyczących możliwości zastosowań spektrometrii absorpcyjnej w różnych ośrodkach biologicznych przedstawiła grupa kierowana przez prof. A. Hulanickiego (Uniwersytet Warszawski).

Podobnie jak i poprzednio, większość uczestników konferencji stanowili chemicy, zwłaszcza chemicy-analitycy (ponad 50%). Jednakże drugą co do wielkości grupę, (ok. 25–30 % ogółu) stanowili fizycy. Angażowanie się fizyków do różnych problemów o charakterze zastosowań jest coraz powszechniejszym zjawiskiem. Obawiam się, że "odżegnywanie" się naszych fizyków od wszelkich zastosowań jako czegoś "gorszego" czy "podrzednego" (przy całej w gruncie rzeczy słabości naszej "czystej" fizyki) nie jest chyba dobrym zjawiskiem. W konferencji uczestniczyła również dość spora liczba geofizyków, biologów, oceanologów i osób o innych specjalnościach.

Organizacja konferencji była wzorowa. Wybrane prace opublikowane zostaną wiosną 1992 r. w specjalnych numerach czasopism *The Analyst*, *Journal of Analytical Atomic Spectroscopy* oraz w *Spectrochimica Acta*. Rozbudowana była również pozamerytoryczna część konferencji. W przeddzień jej otwarcia burmistrz Bergen wydał przyjęcie dla uczestników konferencji i osób towarzyszących. Zorganizowano ponadto dwa koncerty, dwie (w tym jedną całonocną) wycieczki po fiordach, działał również klub konferencyjny. Bogaty był również program dla osób towarzyszących. Konkludując można stwierdzić, że XXVII Międzynarodowe Kolokwium Spektroskopowe było dużej rangi wydarzeniem naukowym.

Henryk Wrembel

Katedra Fizyki WSP
Słupsk

RECENZJE

David Bohm: *Ukryty porządek*, tłum. z angielskiego Michał Tempczyk, Wyd. Pusty Obłok, Warszawa 1988, s. 239, nakład 5000 egz., cena zł. 600.-

Filozofia holistyczna, rzadkość w kulturze śródziemnomorskiej, jest typowym sposobem myślenia ludzi Wschodu. Temu trzeba zapewne przypisać, że książka Davida Bohma *Ukryty porządek* ukazała się w wydawnictwie Pusty Obłok. Autor, wybitny fizyk amerykański, znany z prac dotyczących fizyki plazmy, łączy zainteresowania naukowe z filozoficznymi. Jako jeden z pierwszych przeciwstawił się kopenhaskiej interpretacji mechaniki kwantowej konstruując w 1952 r. teorię zmiennych ukrytych. Rozwijając następnie to podejście wraz z Vigierem i Hileyem zaproponował, konkurencyjną do kopenhaskiej, przyczynową interpretację mechaniki kwantowej.

Ukryty porządek, druga na polskim rynku wydawniczym obok *Przyczynowości i przypadku w fizyce współczesnej* (wydanej w 1961 r.) książka Bohma, zapoznaje czytelnika z refleksją filozoficzną, która wykracza daleko poza niewątpliwie związane z fizyką inspiracje. Bohm proponuje spojrzenie na rzeczywistość jako na "niepodzielną całość w płynnym ruchu". Przeciwstawia się w ten sposób kartezjańskiemu podziałowi na świadomość poznającą i rzeczywistość poznawaną, a także wszystkim innym podziałom i rozróżnieniom, które wprowadza każda teoria naukowa. Na przykładzie fundamentalnych teorii fizycznych pokazuje jakie skutki pojawiają się, gdy traktujemy teorię jako prawdę absolutną. Twierdzi, że właśnie mechanika kwantowa i teoria względności implikują konieczność patrzenia na świat jak na niepodzielną całość. Przypomina to, również holistyczną, filozofię Bohra opartą na pojęciu komplementarności. O ile jednak dla Bohra całość jest nieanalizowalna, o tyle dla Bohma stanowi ona punkt wyjścia do rozważań.

Bohm rozwija siatkę nowych, fundamentalnych dla jego filozofii, pojęć. Podstawowe tu są uogólnione pojęcia porządku i miary. To właśnie tytułowy ukryty porządek stanowi istotę rzeczywistości, a ruch polegający na przechodzeniu z porządku ukrytego do jawnego, odbieranego bezpośrednio przez świadomość, jest ruchem, z którego wszystkie inne wynikają. Taka jest podstawowa zasada.

Najbardziej charakterystyczna cecha wywodów Bohma to wykorzystywanie analogii. Używa jej nie tylko do ilustracji rozważań, jak w przyrównaniu różnicy między porządkiem jawnym i ukrytym do różnicy między obrazem otrzymanym za pomocą soczewki i hologramem. Analogia jest, przede wszystkim, początkiem i uzasadnieniem wielu przeprowadzanych rozumowań.

Książka Bohma nie jest jednorodna. Rozdziały, w których przeważa dyskurs filozoficzny sąsiadują z rozdziałami niemalże specjalistycznymi. W tych pierwszych znajdzie czytelnik odpowiedzi na wiele znanych pytań filozoficznych takich jak: pytanie o myślenie

i percepcję (rozdz. 3), problem istoty czasu, materii i życia, paradoks Zenona związany z pojęciem ruchu (rozdz. 7). Lektura tych drugich wymaga w zasadzie pewnego przygotowania fizycznego, tym bardziej, że wywody są dosyć zwięzłe. Rozdział 4 poświęcony jest teorii pola, która zawiera ukryte zmienne. Autor nie kładąc nacisku na zupełność teorii stara się pokazać możliwość takiej konstrukcji i jej spójność logiczną. Spełnia tym samym wymóg metodologiczny, który każe badać wszystkie alternatywne i rozróżnialne eksperymentalnie teorie.

W tym miejscu chciałbym ustosunkować się do uwagi Tłumacza na str. 122, w której stwierdza on, że nie spełniły się oczekiwania Bohma związane z doświadczalnym potwierdzeniem przewidywań opartych na teorii ze zmiennymi ukrytymi. Ściśle biorąc należałoby napisać "prawie się nie spełniły". Eksperymenty, o których wspomina Bohm, nie zostały jak dotąd przeprowadzone. Chodzi bowiem o zmierzenie korelacji w eksperymencie typu EPR (Einsteina, Podolskiego, Rosena) w układzie, w którym stany przyrządów pomiarowych zmieniane byłyby przypadkowo, tak, aby wykluczyć przekaz informacji między przyrządami. Bardzo zbliżone do tych wymagań doświadczenia przeprowadziła grupa A. Aspecta (A. Aspect, D. Dalibard, G. Roger, *Phys. Rev. Lett.* **49**, 1804 (1982)). Zmiany stanu polaryzatora zrealizowano tam, wybierając jeden z dwóch polaryzatorów za pomocą przełącznika optycznego. Nie udało się jednak uzyskać losowego przełączania.

Pewna subtelność tkwi także w dodatkowym założeniu jakie czyni się, aby móc odnosić dane doświadczalne do nierówności Bella. Chodzi mianowicie o założenie, że prawdopodobieństwo detekcji fotonu w obecności polaryzatora jest nie większe od prawdopodobieństwa z usuniętym polaryzotorem (tzw. no-enhancement condition — patrz J.F. Clauser, M.A. Horne, *Phys. Rev. D* **10**, 526 (1974)). Chociaż jest to rozsądne założenie, to jednak nie zostało ono w sposób bezpośredni sprawdzone. Pozostaje więc luka, co prawda niewielka, ale ze względu na konsekwencje — istotna.

Najbardziej kontrowersyjnym rozdziałem książki jest rozdz. 2. Bohm przeprowadza w nim eksperyment z językiem wychodząc z założenia, że język ogranicza nasze poznanie w sposób, którego sobie nie uświadamiamy. Warto więc spróbować zmodyfikować język obserwując jednocześnie powstające w trakcie tego eksperymentu nasze reakcje. Wskazują one na ograniczenia dotychczas używanej formy języka. Modyfikacja owa polega na zastąpieniu "statycznej" formy języka, zdominowanego rzeczownikiem przez formę "dynamiczną", w której rolę rzeczownika przejmuje czasownik. Taka zmiana trybu ma dać w efekcie dopasowanie języka do opisu świata, w którym całościowy ruch jest kategorią nadrzędną.

Nie ma racji Bohm obarczając winą za tworzenie **nieistniejących** podziałów poziom syntaktyczno-gramatyczny języka. Współczesne badania lingwistyczne, szczególnie gramatyka generatywno-transformacyjna, pokazują, że obok gramatyki powierzchniowej (poziom syntaktyczny) istnieje w języku gramatyka głęboka (poziom semantyczny). Prawdziwe problemy pojawiają się właśnie na poziomie semantycznym a prawdziwe niebezpieczeństwo wiąże się z ignorowaniem reguł gramatyki głębokiej. Przykład podany przez Bohma na str. 41 (powinniśmy mówić "Obserwacja ma miejsce w niepodzielnym ruchu, w którym uwikłane są abstrakcje zwyczajowo nazywane istotą ludzką i obiektem, na który ona patrzy" zamiast "Obserwator patrzy na obiekt"), jest właśnie przykładem tego, że gramatyka powierzchniowa może być odmienna a sens, odczytywany poprzez gramatykę głęboką, taki sam. Okazuje się co więcej, że w żadnym języku nie pokrywają się ze sobą zakresy kategorii gramatycznych i ontologicznych.

Nieosiągalny jest także cel jaki stawia sobie Bohm. Mówiący nie może bowiem skupić uwagi na tym co mówi i jednocześnie dokonywać analizy metajęzykowej. Jedno wyklucza drugie. Zresztą przyznaje to sam Bohm kiedy pisze: "Gdy rozwija się taki tryb i pracuje z nim przez pewien czas, można uzyskać wprawę w jego użyciu tak, że będzie on działał, gdy zajdzie potrzeba, bez konieczności świadomego wyboru" (str. 42).

Zbyt kategorycznie brzmi stwierdzenie, że "...forma podmiotowo-czasownikowo-dopełnieniowa stale implikuje nieistniejące podziały pomiędzy rzeczami ..." (str. 43). Słuszność takiego sądu wymaga przyjęcia pewnego *a priori* — np. filozofii holistycznej — albo założenia, że społeczność ludzka może kształtować własny język w dowolny sposób. Drugą z tych możliwości zdecydowanie odrzucają badania taksonomiczne.

Dynamiczny tryb języka Bohm buduje nadając czasownikom nowe znaczenia, które dają słowu "nieograniczoną rozległość i głębię". Według mnie stanowi to raczej nadużycie semantyczne, które zamiast rozjaśniać zaciemnia całą sprawę. Podobnie oceniam liczne przypadki kiedy Bohm nadaje słowom nowe znaczenia niewłaściwie uzasadniając to etymologią. Takie postępowanie przywodzi mi na myśl Lewisa Carolla (cytowanego również przez Bohma) i jego Humpty Dumpty, który mówił o sobie: " — Gdy ja używam jakiegoś słowa (...) oznacza ono dokładnie to, co mu każę oznaczać... ni mniej, ni więcej".

Wreszcie muszę wytknąć Bohmowi sprzeczność logiczną, wszak odkrywając "rozbitcie ludzkiej świadomości" i ograniczenia poznawcze jakie nakłada język oraz przekonując nas do eksperymentu mającego uświadomić te ograniczenia sam używa "zwykłego" trybu języka. Czyni tak zresztą w całej książce z wyjątkiem omawianego rozdz. 2.

Lekturę rozdz. 2 utrudnia rzecz jasna fakt, że rozważania językowe Bohma zostały przeprowadzone w kontekście języka angielskiego. Czytane w polskim przekładzie nie muszą oddawać wiernie argumentacji Autora, a nawet mieć tego samego znaczenia. Słusznie podkreśla to Tłumacz w przypisie na str. 41. Tym bardziej nie można się zgodzić z tym, że pomija on fragment oryginalnego tekstu poprzestając na jego pobieżnym omówieniu. Nieprzetłumaczalne fragmenty powinno się podawać w ich dosłownym brzmieniu, podobnie jak to czyni Tłumacz z pojedynczymi słowami.

W kilku miejscach mam uwagi co do tłumaczenia:

str. 90₅ – j. (jest): średnie zachowanie pola, pb. (powinno być): zachowanie średniego pola;

str. 91₄ – j.: średnio spełniającego równanie, p.b. spełniającego równanie w sensie średniej;

str. 103⁵ – j.: pobudzenia, p.b. wzbudzania;

str. 127¹⁵ – j.: jednorodne odstęp, p.b.: równe odstęp;

str. 158₈ – j.: punktów widzenia, p.b.: kierunków widzenia.

Niejasne lub dziwnie brzmiące są następujące fragmenty str. 96₁₂ teoria nie jest rozbieżna,

str. 100⁹: Cząstki to względnie stabilne wzbudzenia na szczycie próżni (wszystkie podkreślenia moje – P.T.)

str. 108¹⁰ – wyabstrahowanych współrzędnych,

str. 109⁴ – osobliwość S przecina kontur C,

str. 123₁₇ – nieskończone skutki fluktuacji,

str. 136₃ – Gdy poruszamy się w kierunku promienia świetlnego, to nie przybliżamy się do jego prędkości,

str. 147₇ – W teorii względności spójny opis przyrządów musi być dokonany

za pomocą struktury osobliwości pola,

str. 179⁷ – nieograniczonego zbioru euklidesowych systemów,

str. 200₁₆ – analizie matematycznego kształtu występujących tu praw kwantowych.

Redakcja książki pozostawia wiele do życzenia. Nie uniknięto wielu błędów w tekście – oddzielną ich listę dołączyłem do recenzji¹ Szczególnie często pojawiają się one we wzorach w rozdz. 4. Odnoszę wrażenie, że Wydawnictwo nie jest przygotowane do wydania tekstów z symboliką matematyczną. Często używane są różne kroje czcionek lub wręcz różne litery na oznaczenie tej samej wielkości (wymowny przykład na str. 110 i 111 – oznaczenia prędkości). Na niektórych stronach czytanie utrudniają zbyt małe odstępy między wyrazami. Przeglądanie książki ułatwiłoby też oznaczenie numeru rozdziału na wszystkich jego stronach. Mało czytelne są odsyłacze do przypisów.

Reasumując, w *Ukrytym porządku* Autor odważnie podejmuje próbę zbudowania możliwie pełnego obrazu świata i zaprasza Czytelnika do jej twórczego kontynuowania. Nieprzekonujące jest jednak to, że Bohm dochodzi do holizmu poprzez intuicje wywiezione z uogólnienia i analogii do faktów czy teorii sformułowanych na drodze abstrahowania i rozróżniania. Nie wyjaśnia przy tym dostatecznie, dlaczego świat – niepodzielna całość – daje się tak zadziwiająco skutecznie badać za pomocą analitycznej metody jaką stosuje nauka. Sądzę zatem, że zaufania do bohmovskiej koncepcji można by nabrać dopiero wtedy, gdyby udało się przeprowadzić wywód od “całości” do “części” tak, by efektem była jakakolwiek nowa teoria w rodzaju obiecywanej przez Bohma unifikacji teorii względności i mechaniki kwantowej. Nie tracę nadziei, że może ktoś z Czytelników dokona tej sztuki.

Paweł Trzaskoma

Katedra Fizyki

Uniwersytet Warszawski

Filia w Białymstoku

Jan Petykiewicz: *Podstawy fizyczne optyki scalonej*, PWN, Warszawa 1989, s. 480, wyd. I, nakład 2.000 egz., cena zł 2.200.-

Prace badawcze nad prowadzeniem światła w płaskich dwuwymiarowych falowodach dielektrycznych zapoczątkowano w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych, równoległe z pracami nad falowodami włóknistymi (światłowodowymi). Termin optyka scalona (integrated optics) został wprowadzony przez S. Millera w połowie lat siedemdziesiątych w pracy dokonującej podsumowania dziesięcioletniego dorobku technologii falowodów planarnych.

Praca Millera odegrała inspirującą rolę w rozwoju optyki scalonej, wskazując na

¹Ponad dwustronicowy wykaz błędów zauważonych przez Recenzenta przesłaliśmy Wydawnictwu (przyp. Red.).

możliwość konstruowania planarnych elementów optycznych, spełniających funkcję klasycznych, objętościowych elementów typu soczewki, pryzmatu, lustra itp.

W wielu laboratoriach uświadomiono sobie wówczas możliwość wytwarzania elementów optycznych w falowodach, redukujących klasyczne układy optyczne do kilkucentymetrowych, scalonych układów.

W historii rozwoju optyki odnotowano kolejną fazę, w której rozwijane od stuleci dyskretne elementy prowadzące otwarty strumień optyczny zaczęto zastępować falowodami dielektrycznymi, które uwięziły wiązkę, nadając jej kierunek i kształt.

W latach sześćdziesiątych przewidywano, że rozwój optyki powtórzy drogę rozwoju elektroniki, gdzie dyskretne elementy objętościowe (oporniki, cewki, kondensatory) zostały zastąpione przez odpowiedniki planarne, umieszczone na jednym podłożu. Rolę łączących ścieżek elektronicznych miały przejąć optyczne falowody paskowe. Musiało jednak upłynąć ponad ćwierć wieku zanim zaczęła realizować się wizja scalonych elementów i podzespołów optycznych.

Dzisiaj, w technologii optyki scalonej skonstruowano już niemal wszystkie odpowiedniki objętościowych elementów optycznych. Są to planarne modulatory, reflektory, rezonatory, soczewki, sprzęgacze optyczne, wzmacniacze światła, optyczne układy bistabilne, nieliniowe bramki optyczne i inne.

Książka Jana Petykiewicza *Podstawy fizyczne optyki scalonej* opisuje w głównej mierze zjawiska i efekty fizyczne dające podstawy konstrukcji powyższych elementów. Zjawiska te są następstwem rozprzestrzeniania się światła w falowodach dielektrycznych o różnych własnościach (jednorodne, niejednorodne, modulowane, periodyczne, nieliniowe itp.). Autor podaje teoretyczny opis danego zjawiska, wskazuje na jego zastosowanie w konkretnym elemencie, nie wnikając jednak w technologię i konstrukcję tego elementu.

Książka ma zatem charakter podręcznika, dającego podstawy analizy teoretycznej zjawisk i efektów falowodów dielektrycznych oraz elementów optyki scalonej. Autor jest wieloletnim wykładowcą fizyki stosowanej (optyka falowa, optyka scalona) na Politechnice Warszawskiej oraz prowadzi własne teoretyczne prace badawcze, ostatnio w dziedzinie falowodów żyrotropowych. Opracowanie książkowe jest więc poprzedzone wieloletnią pracą dydaktyczną, w tym opracowaniem wykładów i skryptów, oraz zawiera elementy badań własnych. W efekcie powstała książka bardzo starannie opracowana, dająca pełny opis zjawisk i elementów optyki scalonej w postaci analitycznych wzorów z objaśnieniem metody analizy oraz stosowanych uproszczeń przy wprowadzaniu wzorów.

Optyka scalona jako samodzielna dyscyplina badań stosowanych, ma już bogatą literaturę. Cechą tego piśmiennictwa jest łączenie elementów analizy, technologii i konstrukcji danego elementu. Autor tej książki skoncentrował się na przedstawieniu fizyki omawianych zjawisk, ich praktycznego wykorzystania, oraz metodyce analitycznego opisu. Dzięki rygorystycznemu przestrzeganiu przyjętej konwencji, Autor stworzył oryginalne dzieło w piśmiennictwie omawianych zagadnień, dając kompletny zbiór opublikowanego dorobku badawczego optyki scalonej.

Tak pełnego zbioru, opracowanego w jednolitej konwencji metodycznej, nie ma dotychczas w zbiorze książek traktujących o optyce scalonej. Dlatego też uważam, że celowe było wydanie tej właśnie pozycji. Nakład w liczbie 2000 egzemplarzy wydaje się wystarczający jak na książkę naukową, mogącą liczyć na odbiór przez niezbyt liczne przecież grono specjalistów.

Książka *Podstawy fizyczne optyki scalonej* o objętości 476 stron, zawiera 17 rozdzia-

łów. Każdy z rozdziałów opatrzony został spisem wybranych pozycji literatury, zaś całość dopełnia skorowidz haseł.

Pierwsze cztery rozdziały poświęcone są opisowi falowodów planarnych i zdefiniowaniu podstawowych pojęć propagacji światła w płaskiej strukturze falowodowej. Rozdział piąty podaje metodę analizy falowodów przez rozwinięcie pola w szereg modów własnych. Metoda ta jest stosowana w następnych rozdziałach, w tym w 6 i 7 — traktujących o strukturach periodycznych w falowodach planarnych. Rozdział 8, opisujący pasywne elementy optyczne konstruowane z wykorzystaniem falowodów planarnych dopełnia tę część książki, która poświęcona jest najprostszemu, dwuwymiarowemu falowodom optycznym, opracowanemu w latach siedemdziesiątych. Rozdziały 9 i 10 opisują już współczesne badania falowodów planarnych, w których uwzględniono efekty anizotropii i żyotropii optycznej. W tym ostatnim przypadku poddano analizie zjawiska magnetoptyczne, występujące przy propagacji światła w magnetycznym falowodzie planarnym. Rozdział 16 opisuje sposoby modulacji światła w falowodach planarnych. Tutaj podano opis zewnętrznego oddziaływania na wiązkę światła, prowadzoną w falowodzie planarnym przez przyłożenie pola elektrycznego, magnetycznego czy też przez równoczesną propagację w falowodzie fali akustycznej. Rozdziały 11 i 12 poświęcone są analizie falowodów paskowych i biernych elementów optycznych konstruowanych z użyciem tych falowodów np. rozgałęziaczy. Rozdział 17 opisuje elementy falowodowe w polach zewnętrznych (sprzęgane), w tym — przełączniki elektroptyczne, bistabilne, elementy logiczne i modulatory. Łącznie, rozdziały 16 i 17 stanowią opis zjawisk zachodzących w aktywnych elementach optyki scalonej przy wykorzystaniu liniowych efektów oddziaływania pól zewnętrznych na wiązkę światła w falowodzie. Rozdział 13 stanowi wstęp do opisu aktywnych elementów optyki scalonej wynikających zarówno z oddziaływań liniowych jak i zjawisk nieliniowych w falowodach optycznych. Dwa obszernie rozdziały — 14 i 15 — poświęcone są opisowi nieliniowości, odpowiednio drugiego i trzeciego rzędu (bistabilność optyczna), występujących w falowodach dielektrycznych. Analiza zjawisk nieliniowych obejmuje zarówno opis samego zjawiska, z reguły dość skomplikowany, jak i analizę elementów konstruowanych z wykorzystaniem nieliniowości. Materiał analityczny zawarty w tych dwóch rozdziałach zasługuje na podkreślenie ze względu na trudności metodyczne przedstawienia problemów nieliniowych, które w większości rozwiązuje się numerycznie; są to ponadto najnowsze wyniki badań, aktualnie publikowane.

Opis treści książki przedstawiłem w nieco innym układzie, niż to podał Autor. Staralem się wypuklić cztery główne nurty podjęte przez Autora: falowody planarne, falowody paskowe, falowody anizotropowe i zjawiska nieliniowe. Niemniej, uznaję układ treści przyjęty przez Autora za równie poprawny i czytelny. Autor przyjął za kryterium układu treści zjawiska występujące w falowodach dielektrycznych.

Książka jest dość obszerna, ale nie zalecam skrócenia tekstu. Materiał zawarty w książce został starannie wyselekcjonowany i stanowi w miarę kompletny wybór prac badawczych opublikowanych do czasu złożenia pracy do druku. Dobór materiału, jasność jego przedstawienia, jednolita w całej książce metoda wykładu, kompetencja Autora i głęboka znajomość opisywanych zjawisk oraz lekkość formułowania syntetycznych wniosków są niekwestionowanymi atutami tej publikacji.

Książka Jana Petykiewicza jest pierwszą w języku polskim tak obszerną pozycją w literaturze na temat optyki scalonej. Można ją zarazem uważać za ustanawiającą terminologię wielu pojęć, różnie dotychczas nazywanych (np. optyka scalona — optyka zinte-

growana). Należy uznać zatem tę książkę za terminotwórczą.

Błędów merytorycznych we wzorach lub interpretacji opisywanych zjawisk nie zauważyłem. Redakcja książki jest staranna, korekta wykonana z uwagą, brak błędów drukarskich. Czytelność tekstu bardzo dobra, kontrast, druk, papier również bardzo dobre. Można mieć zastrzeżenia do oprawy introligatorskiej – okładka bardzo szybko się odrywa.

Podsumowując: książka Jana Petykiewicza *Podstawy fizyczne optyki scalonej* ma charakter podręcznika zawierającego metodyczny wykład zagadnień optyki scalonej, ze szczególnym uwzględnieniem opisu analitycznego zjawisk i elementów optyki scalonej oraz ich interpretacji fizycznej. Może być wykorzystywana zarówno przez studentów, naukowców jak i inżynierów. Na podkreślenie zasługuje kompletność materiału, staranny wybór, przemyślany układ treści, jasność wykładu a przede wszystkim wysoki poziom merytoryczny przedstawionych zagadnień. Treść książki zawiera w miarę kompletną analizę zjawisk i elementów optycznych falowodów planarnych, paskowych, anizotropowych i nieliniowych, w tym niestabilnych.

Mieczysław Szustakowski
Instytut Fizyki Plazmy
i Laserowej Mikrosyntezy
Warszawa

K R O N I K A

PTF

Komisje

Zarząd Główny PTF powołał dotychczas na okres swojej kadencji następujące komisje (w nawiasach nazwiska przewodniczących):

Komisja Historii Fizyki (prof. W. Kamiński, Lublin),

Komisja ds. Współpracy z Przemysłem (prof. A. Oleś, Kraków),

Komisja Ochrony Środowiska (prof. J. Niedwodniczański, Kraków),

Komisja Legislacyjna (prof. S.G. Rohoziński, Warszawa),

Komisja ds. Współpracy z Zagranicą (prof. J. Spalek, Warszawa),

Komisja ds. Nauczania Fizyki w Szkołach (prof. J. Ginter, Warszawa),

Komisja ds. Nauczania Fizyki w Uczelniach Wyższych (doc. I. Strzałkowski, Warszawa),

Komisja Nagród i Odznaczeń (prof. T. Skałiński, Warszawa),

Komisja Nagród Dydaktycznych (dr Zofia Gołąb-Meyer, Kraków).

Przewodniczącym Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej jest prof. J. Kołodziejczak (Warszawa).

Nagroda Naukowa PTF

Nagrodę Naukową Polskiego Towarzystwa Fizycznego w 1991 r. otrzymał mgr Krzysztof Świątek (IF PAN) za prace z dziedziny fizyki materii skondensowanej. Główną tematyką badawczą laureata była fizyka domieszek w półprzewodnikach.

Szczególnie interesujące wyniki uzyskał on badając metodami numerycznymi wpływ korelacji w przestrzennym rozkładzie naładowanych centrów domieszkowych w kryształach HgSe:Fe i GaAs:Si na ruchliwość nośników w tych materiałach. Innym istotnym osiągnięciem było odkrycie i zbadanie fotojonizującego kanału pobudzania luminescencji niektórych domieszek z grupy ziem rzadkich w kryształach ZnS. Uzyskane wyniki pozwoliły oszacować nieznane dotychczas energie fotojonizacji wszystkich domieszek ziem rzadkich w związkach siarki o dużej przerwie energetycznej.

Krzysztof Świątek jest autorem i współautorem ponad 40 prac naukowych.

Jacek Kossut

Nagrody dydaktyczne PTF

W 1991 r. Polskie Towarzystwo Fizyczne przyznało następujące nagrody dla wyróżniających się nauczycieli:

I stopnia

Mgr Wojciech Małecki (Wrocław) za usługi w podnoszeniu poziomu nauczania fizyki,

Mgr Sławomir Ziemecki (Siedlce) za osiągnięcia w doskonaleniu pracy nauczycieli fizyki;

II stopnia

Mgr Włodzimierz Czarnobaj (Lębork) za osiągnięcia w pracy nauczycielskiej i modernizację nauczania fizyki,

Mgr Elżbieta Jankowska (Warszawa) za osiągnięcia w pracy nauczycielskiej i zaangażowanie we współpracy z nauczycielami fizyki,

Mgr Bożena Moldenhawer (Poznań) za efektywne propagowanie współczesnej fizyki wśród uczniów szkół średnich;

III stopnia

Mgr Bronisław Bystron (Szczecin) za wieloletnią współpracę z sekcją fizyki Młodzieżowego Towarzystwa Naukowego w Szczecinie,

Mgr Cecylia Chuderska-Panek (Łódź) za zaangażowanie w popularyzowaniu wiedzy fizycznej wśród uczniów i nauczycieli fizyki.

Umowa o współpracy z brytyjskim IOP

We wrześniu 1991 została podpisana umowa o współpracy PTF i Instytutu Fizyki (IOP) w Londynie na okres 1992-94. Instytut Fizyki zreszta ok. 14500 fizyków i po Niemieckim Towarzystwie Fizycznym jest drugim co do wielkości towarzystwem fizycznym w Europie.

Umowa przewiduje możliwość wspólnego patronatu PTF i IOP nad wybranymi konferencjami organizowanymi w Polsce oraz wydawanie przez IOP Publishing materiałów z konferencji (o zasięgu międzynarodowym) organizowanych w Polsce i książek naukowych autorów polskich.

Firma IOP Publishing wydaje wiele czasopism naukowych, np. *Journal of Physics* (serie A, B, CM, D, G), *European Journal of Physics*, *Classical and Quantum Gravity* i zaoferowała nam:

- dla jednej z bibliotek bezpłatną prenumeratę na lata 1992-93 jednego ze swoich czasopism (jeśli nie było ono prenumerowane przez tę bibliotekę w 1991 r.),

- pięć bezpłatnych rocznych prenumerat *Physics World*,

- 30% rabat na okres 2 lat przy nowych prenumeratach bibliotecznych dowolnych czasopism wydawanych przez IOP Publishing.

Umowa przewiduje wymianę naukową do

28 osobodni rocznie z każdej strony, umożliwiającą udział w konferencjach i szkołach i przeznaczoną głównie dla młodych fizyków w wieku do 30 lat. Strona brytyjska organizuje pobyt i opłaca koszt zakwaterowania, wyżywienia i podróży na terenie swego kraju. Instytucja polska delegująca swego pracownika zobowiązuje się do opłacenia kosztów pobytu fizyka brytyjskiego w Polsce przez identyczny okres. Zarząd Główny PTF zobowiązany jest zgłaszać polskich kandydatów do tej wymiany na dwa miesiące przed przewidywaną datą ich przyjazdu do Wielkiej Brytanii.

Wszystkich zainteresowanych skorzystaniem z możliwości oferowanych przez tę umowę prosimy o skontaktowanie się z Zarządem Głównym PTF.

Zygmunt Ajduk

Oddział Słupski

W dniu 20 listopada 1991 odbyło się zebranie sprawozdawczo-wyborcze Oddziału Słupskiego PTF. Przyjęto sprawozdanie ustępującego Zarządu i dokonano wyboru nowych Władz Oddziału: przewodniczący – Henryk Wrembel, z-ca przewodniczącego – L. Ziemczonek, sekretarz – J. Pawłowski, skarbnik – P. Kaspruwicz.

Oddział zreszta obecnie 87 członków zwyczajnych. W minionej kadencji przyjęto 13 osób, a skreślono z ewidencji 6 osób. Spośród członków Oddziału 80 osób jest fizykami, 4 osoby – inżynierami, 2 osoby – matematykami, a jedna osoba jest chemikiem. Pod względem kwalifikacji naukowych i zajmowanych stanowisk skład członków przedstawia się następująco: 2 osoby są profesorami, 11 ma stopień doktora (w tym jedna zajmuje stanowisko docenta), 64 mają stopień magistra, 4 stopień magistra-inżyniera i 4 są studentami. Ze względu na wykonywany zawód

członków Oddziału można podzielić następująco: 52 osoby są nauczycielami, 22 -nauczycielami akademickimi, 2 - pracownikami naukowo-badawczymi, 5 - pracownikami inżynierijno-technicznymi, 2 - rzemieślnikami, 4 - aktualnymi studentami fizyki.

Większość członków Oddziału to mieszkańcy Słupska; 5 osób mieszka poza obszarem działania Oddziału (2 w Trójmieście, 2 w Szczecinie i 1 w Pucku). Rozproszenie członków Oddziału na dużym obszarze powoduje utrudnioną łączność z nimi. Niewielu tylko członków z bardziej odległych miejscowości utrzymuje stałe kontakty z Oddziałem, do pozytywnych wyjątków należy były przewodniczący Koła Studenckiego pan mgr Andrzej Kuziemski, mieszkający obecnie w Wałczu. Ten brak kontaktów jest być może przyczyną tego, że znaczna część członków nie ma na bieżąco uregulowanych składek.

W okresie objętym sprawozdaniem zorganizowano wspólnie z Katedrą Fizyki WSP w Słupsku kilka wykładów naukowych oraz kilkanaście odczytów popularyzujących fizykę (przeznaczonych dla szerszej publiczności). Tematy odczytów podawane były wcześniej w prasie lokalnej. Oddział uczestniczył również w organizowaniu kolejnych Międzywojewódzkich Turniejów Wiedzy Fizycznej w 1990 i 1991 r. W bieżącym roku akademickim wznowiło działalność Koło Studenckie. Działa również, powołane w ubiegłym roku szkolnym, Międzyszkolne Koło Fizyczne.

Na wniosek Oddziału mgr Włodzimierz Czarnobaj, nauczyciel fizyki w Liceum Ogólnokształcącym w Lęborku, otrzymał w 1991 r. (jako szósty z obszaru działania Oddziału) zaszczytną Nagrodę PTF dla Wyróżniających się Nauczycieli. W ramach Oddziału działa Klub Laureatów tej Nagrody.

Członkowie Oddziału (w szczególności pracownicy Katedry Fizyki WSP) uczestniczyli w okresie sprawozdawczym w kilkunastu konferencjach naukowych, opracowali kilka ekspertyz dotyczących stanu środowiska przyrodniczego i wygłosili w różnych instytucjach kilkanaście wykładów i referatów. Przewodniczący Oddziału i inni członkowie Zarządu brali udział, jako przedstawiciele PTF, w pracach różnych komisji działających przy Kuratorium Szkolnym, Ośrodku Metodycznym i innych instytucjach.

J. Pawłowski

Oddział Warszawski

Dnia 15 maja 1991 odbyło się Walne Zebranie Oddziału Warszawskiego PTF, podczas którego złożono sprawozdanie z dwuletniej działalności Oddziału oraz wybrano nowe władze na następną kadencję. Zarząd ukonstytuował się następująco: przewodniczący - Ireneusz Strzałkowski (IF PW), wiceprzewodniczący - Jerzy Ginter (IFD UW) i Ewa Kurek (XV LO Warszawa), sekretarz - Jerzy Filipowicz (IF PW), skarbnik - Edward Rydygier (IPJ, Świerk), członkowie - Teresa Grycuk (IFD UW), Barbara Mucha (PZO), Maria Zaborowska-Kuśmierk (XXVII LO Warszawa). Teresa Grycuk jest również korespondentem Oddziału. Nowy Zarząd postanowił kontynuować działalność rozwiniętą przez poprzedników, ukierunkowaną głównie na pomoc nauczycielom fizyki oraz młodzieży szkół średnich i klas wyższych szkół podstawowych. Oprócz dotychczasowych form tej pomocy (wykłady z pokazami dla młodzieży oraz seminarium dla nauczycieli szkół średnich) postanowiono zorganizować dodatkowe, comiesięczne seminarium dla nauczycieli szkół podstawowych. Zwrócono także uwagę na konieczność ożywienia kontaktów z fizykami pra-

cującymi w przemyśle. Będą podejmowane działania w tym kierunku.

Teresa Gryczuk

Toruńskie pokazy doświadczeń

Jak co roku z inicjatywy Oddziału Toruńskiego PTF zostały zorganizowane w dniach 16-18 września 1991 w Instytucie Fizyki UMK pokazy doświadczeń fizycznych dla młodzieży szkół średnich z terenu województw olsztyńskiego, pińskiego, bydgoskiego, toruńskiego, włocławskiego, plockiego i ciechanowskiego.

Tegoroczne, dwugodzinne pokazy (wraz z omówieniem) miały na celu zademonstrowanie właściwości fal o różnym zakresie długości, rządzących nimi praw oraz sposobów ich wykorzystania.

Obok doświadczeń tradycyjnych, na uwagę zasługiwały nowe, dydaktyczne doświadczenia wykorzystujące komputer i ciągłą falę ultradźwiękową do badania i przedstawiania na wykresach w czasie rzeczywistym położenia, prędkości i przyspieszenia ciał będących w ruchu, np. spadających swobodnie w polu grawitacyjnym bądź wykonujących drgania harmoniczne.

Dużym zainteresowaniem uczniów cieszyły się pokazy właściwości ciał w temperaturze ciekłego powietrza.

Kierownikiem organizacyjnym pokazów była pani prof. Hanna Męczyńska, demonstracje przygotowywali doktoranci, pracownicy dydaktyczni Zakładów Fizyki Półprzewodników i Fizyki Atomowej oraz Pracownicy Dydaktyki Fizyki. Wykładowcami byli dr Wacław Bała i dr Krzysztof Stefański.

Pokazy obserwowało ponad 2 tysiące uczniów z 44 szkół średnich (ogólnokształcących i zawodowych) oraz ponad 200 elewów Wyższej Oficerskiej Szkoły Artylerii w Toruniu. W tym roku po raz pierwszy

na pokazy przybyli również uczniowie szkół społecznych z Torunia i Chojnic.

Pokazom towarzyszyły 3 wystawy: hologramów, "fizyka i komputer" oraz pomocy dydaktycznych firmy PIYYWE z Getyngi. Ta ostatnia cieszyła się szczególnie dużym zainteresowaniem wśród nauczycieli.

Józefina Turło

Nagroda Marii Skłodowskiej-Curie

W 1991 r. Polska Akademia Nauk przyznała dwie indywidualne nagrody im. Marii Skłodowskiej-Curie w dziedzinie fizyki. Nagrody otrzymali prof. Jacek Baranowski z Uniwersytetu Warszawskiego i prof. Jerzy Langer z Instytutu Fizyki PAN. Obaj laureaci otrzymali nagrodę za wybitne osiągnięcia w zakresie badania stanów domieszkowych w półprzewodnikach.

*

Jacek Baranowski otrzymał nagrodę za prace dotyczące zachowania się wodoru w krzemie oraz prace dotyczące fizyki defektu EL2 w arsenku galu. Zgodnie z regulaminem nagrody, są to prace wykonane w ciągu ostatnich sześciu lat: 5 publikacji dotyczących wodoru w krzemie i 8 publikacji poświęconych defektowi EL2 w GaAs. Wszystkie te prace wywodzą się z wcześniejszych doświadczeń i prac Baranowskiego związanych z badaniem głębokich stanów domieszkowych w półprzewodnikach.

Polska fizyka półprzewodników szczególnie silnie zaznaczyła swój udział w światowym dorobku badawczym w tej dziedzinie fizyki w trzech obszarach badań: fizyce półprzewodników wąskoprzerwowych, fizyce głębokich stanów domieszkowych, fizyce półprzewodników półmagnetycznych.

Występowanie głębokich stanów domieszkowych związane jest z obecnością w

półprzewodniku defektów strukturalnych oraz niektórych atomów domieszkowych. W Polsce pionierskie prace związane z defektami strukturalnymi i ich wpływem na własności półprzewodników rozpoczął prof. T. Figielski z IF PAN, a prace związane z badaniem głębokich stanów domieszkowych spowodowanych istnieniem obcych atomów zainicjował w końcu lat sześćdziesiątych Baranowski w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Tematyka ta, intensywnie rozwijana przez następne lata przyniosła mu szerokie uznanie w świecie i ustaliła jego pozycję jako wybitnego eksperta w tej dziedzinie fizyki półprzewodników.

Naturalną konsekwencją tych zainteresowań są prace dotyczące charakteru wiązań chemicznych, stabilności defektów sieciowych, stałych siłowych itp. co znalazło swój wyraz w całym szeregu prac teoretycznych i doświadczalnych dotyczących różnych materiałów, a w szczególności prac poświęconych wodorowi w krzemie (amorficznym i implantowanym) oraz defektowi EL2 w GaAs. Baranowski opracował stosunkowo prostą teorię wiązań kowalencyjnych opartą na modelu ciasnego wiązania. Można ją traktować jako rodzaj pierwszego przybliżenia tego typu obliczeń. Daje ona wyniki jakościowo poprawne, a szereg liczbowych parametrów wynikających z teorii zgadza się z eksperymentem często lepiej niż można by oczekiwać. Następnym krokiem w teorii są już bardzo pracochłonne obliczenia komputerowe, często niewiele dokładniejsze od przewidywań teorii opracowanej przez Baranowskiego.

Wielkie doświadczenie i wiedza Baranowskiego w dziedzinie stanów lokalnych pozwoliły na opracowanie wielu publikacji o istotnym znaczeniu w obu problemach będących podstawą wniosku o nagrodę. Prace w obu tych obszarach nie mają charakteru ostatecznych rozstrzygnięć. Należy jednak zauważyć, że defektowi EL2 poświęcono w

ostatnich latach tysiące publikacji naukowych, niewiele mniej prac opublikowano na temat wodoru w krzemie. W tej ogromnej ilości publikacji szereg prac Baranowskiego plasuje się w wąskiej grupie o najbardziej istotnym znaczeniu dla zrozumienia występujących problemów. Do takich prac można zaliczyć model metastabilności EL2, model wiązania wodoru w krzemie – szczególnie rola wodoru w kreowaniu defektów – i wiele wyrafinowanych prac eksperymentalnych weryfikujących proponowane modele fizyczne. Szereg prac prof. J. Baranowskiego stało się niejako punktem odniesienia dla dalszych badań w tym obszarze fizyki półprzewodników. Dowodem międzynarodowego uznania dla jego osiągnięć są liczne cytowania jego prac oraz zaproszenia do wygłoszenia wykładów na konferencjach międzynarodowych.

Robert R. Galazka

*

Półprzewodniki stanowią ciągle modelowy materiał w fizyce ciała stałego. Ich własności i kariera w świecie techniki związana jest z możliwością kontrolowanego domieszkowania.

Wprawdzie najlepiej zrozumiana jest rola i własności tzw. płytkich stanów domieszkowych, ale o wielu podstawowych własnościach półprzewodników decydują tzw. głębokie, silnie zlokalizowane stany domieszkowe. Prace prof. J. Langerera dotyczą głównie tej klasy domieszek i za pracę w tej dziedzinie otrzymał on Nagrodę im. Marii Skłodowskiej-Curie.

Pierwszymi obiektami badań Langerera były domieszki metali przejściowych, a następnie jeszcze bardziej zlokalizowane domieszki ziem rzadkich. Wśród wielu znaczących wyników chciałbym podkreślić szeroko cytowany w literaturze światowej model wykorzystujący niezmienność położenia głębokiego stanu po obu stronach

międzypowierzchni do wyznaczania skoków potencjału w paśmie przewodnictwa i paśmie walencyjnym (tzw. band offsety). Użycie zlokalizowanych stanów domieszkowych do badania struktury pasmowej jest eleganckim wykorzystaniem fizycznej natury stanu podstawowego silnie zlokalizowanego centrum. Znane i cenione są również prace Langerera dotyczące przekazu energii między zlokalizowanymi centrami, w tym z silnie zlokalizowanego centrum domieszki ziem rzadkich.

W ostatnich kilku latach główne zainteresowania Langerera skierowały się na badania ciągle nieco tajemniczego centrum DX w kryształach mieszanych GaAs-AlAs. Jest to prawdopodobnie płytki stan donorowy silnie oddziaływujący z siecią. Badania te są istotne zarówno z ogólnopoznawczego punktu widzenia, jak i niezwykle ważne przy wytwarzaniu przyrządów półprzewodnikowych, budowanych na mieszanych kryształach GaAs-AlAs. W pracach Langerera wyraźnie widać oprócz wiodącego nurtu poznawczego, zainteresowania zastosowaniami. I tak badania nad domieszkami ziem rzadkich zawierały wątek, niezwykle ważny technologicznie, wpływu ziem rzadkich na kontrolowanie procesu wzrostu kryształu. Procesy luminescencji z udziałem atomów ziem rzadkich stały się obecnie niezwykle ważne w technikach światłowodowych. Wreszcie rola wpływu zlokalizowanych centrów domieszkowych na tworzenie się bariery Schottkiego, którym ostatnio zajmuje się Langer, to wszystko problemy podstawowe dla zrozumienia procesów fizycznych mające natychmiastowe zastosowania.

To wysokie wyróżnienie naukowe przyznane Langerowi, jest w pełni uzasadnione. Prof. J. Langer jest wyśmienitym fizykiem bardzo aktywnym naukowo, o szerokiej wiedzy i obdarzony niezwykle istotną umiejętnością właściwego wyboru tematów badawczych. Jest fizykiem szeroko znanym

na świecie, a przyznana mu nagroda im. Marii Skłodowskiej-Curie potwierdza równie wysoką ocenę w środowisku fizyków polskich.

Marian Grynberg

Nagroda Wydziału III PAN

Laureatem Nagrody Naukowej Wydziału Nauk Matematycznych, Fizycznych i Chemicznych Polskiej Akademii Nauk został w 1991 r. dr Andrzej Suchocki (IF PAN). Nagroda została przyznana za odkrycie i zbadanie zjawiska migracji energii wzbudzenia w kryształach aleksandrytu i szmaragdu oraz za wkład w badania nieliniowych zjawisk optycznych w półprzewodnikach. Migracja energii wzbudzenia odgrywa istotną rolę w tych kryształach, będących tzw. wibronicznymi materiałami laserowymi, gdzie występowanie jonów chromu w różnych pozycjach krystalograficznych wpływa na obniżenie wydajności akcji laserowej.

Zainteresowanie nieliniowymi własnościami optycznymi niektórych materiałów półprzewodnikowych znacznie ostatnio wzrosło ze względu na możliwość zastosowania tych materiałów do opracowywania obrazów. W szczególności badano pod tym kątem arsenek galu oraz różne materiały typu II-VI, m.in. tellurek kadmu (ze względu na stosunkowo wysoki współczynnik elektrooptyczny tego materiału w podczerwieni).

Główną metodą stosowaną w tych badaniach była nowoczesna holograficzna technika eksperymentalna, tzw. mieszania czterech fal, wykorzystująca własność spójności światła laserowego oraz różne pikosekundowe techniki nieliniowe.

Andrzej Suchocki jest autorem i współautorem ponad 60 prac naukowych.

Jacek Kossut

Nagroda Nobla z chemii

Nagrodę Nobla z chemii otrzymał w 1991 r. szwajcarski fizykochemik Richard R. Ernst (ETH, Zurych) za "pionierski wkład do rozwijania metody wysokorozdzielczej spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego". Jego prace doprowadziły do tego, że metoda ta stała się podstawową metodą badania struktury i dynamiki wielkich, skomplikowanych cząsteczek. Do wysokorozdzielczej spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR), Ernst wprowadził metody analizy fourierowskiej, co umożliwiło zwiększenie czułości o kilka rzędów wielkości. Rozwinął dwu- i wielowymiarowe techniki NMR. Dzięki pomiarom sygnałów NMR w funkcji wielu różnych częstości można rozdzielać skomplikowane widma, a więc podnosić zdolność rozdzielczą metody.

Ernst urodził się w 1933 r. w Winterthur w Szwajcarii, studiował chemię na Politechnice (ETH) w Zurychu. W latach 1963–68 pracował w laboratorium firmy Varian w Palo Alto (USA). Od 1976 jest profesorem ETH. Kieruje grupą zajmującą się systematycznym rozwijaniem metod magnetycznego rezonansu jądrowego i elektronowego rezonansu spinowego.

B. W.

Federacja fizyków latynoamerykańskich

Federacja Latynoamerykańskich Towarzystw Fizycznych FELASOFI (Federacion Latinoamericana de Sociedades de Fisica) powstała w połowie lat osiemdziesiątych. Obecnie należą do niej towarzystwa fizyczne Argentyny, Boliwii, Brazylii, Kostaryki, Chile, Kolumbii, Ekwadoru, Hondurasu, Kuby, Meksyku, Peru i Wenezueli.

W lipcu 1991 na spotkaniu w Saõ Paolo postanowiono rozpocząć wydawanie wspólnego

czasopisma fizycznego Ameryki Łacińskiej, wydawać biuletyn FELASOFI, opracować i wydać informator o fizykach latynoamerykańskich, zorganizować (piątą już) sympozjum fizyki doświadczalnej.

Obecnie prezesem FELASOFI jest Gil de Costa Marques (Inst. Fizyki, Uniw. w Saõ Paolo). Komunikować się z nim można przez BITNET: FELASOFI @ IF.USP.ANSP.BR.

Phys. Today 44, No 10
(1991)

B. W.

Iran ratuje ICTP

W 1991 r. Międzynarodowe Centrum Fizyki Teoretycznej (ICTP) w Trieście znalazło się na granicy bankructwa. Wydawało się, że trzeba będzie zwolnić 140 osób spośród pracowników Centrum. W sukurs przyszła Islamska Republika Iranu ofiarowując bezprocentową pożyczkę w wysokości 3 mln. dolarów "w uznaniu zasług, jakie Abdus Salam oddał nauce, i ze względu na jego wysiłki na rzecz postępu nauki w krajach rozwijających się".

Założone w 1964 r. przez Abdusa Salama i dotychczas przez niego kierowane ICTP ma za cel przede wszystkim popieranie rozwoju nauki w trzecim świecie. Finansowane jest głównie (ok. 90%) przez rząd włoski. Krytyczna sytuacja powstała skutkiem obowiązującego we Włoszech trybu przyznawania kredytów – dekret w sprawie finansowania ICTP w latach 1991–98 musi przejść przez parlament włoski i skutkiem pewnych opóźnień proceduralnych nie został w porę uchwalony.

Phys. World 4, No 12
(1991)

B. W.

Plany ośrodków silnych pól magnetycznych w Europie

Zespół studyjny Wspólnoty Europejskiej w wydanym w grudniu 1990 r. raporcie

zarekomendował utworzenie w przyszłości ośrodka silnych pól magnetycznych. Ośrodek ten, którego koszt wyniesie 150–200 mln ECU, miałby być wyposażony w małą liczbę urządzeń zdolnych do wytwarzania kwaziciągłych pól większych niż 100 T (przez kwaziciągłe rozumie się pola utrzymywane dłużej niż 100 ms), oraz większą ilość magnesów wytwarzających impulsowo (10 ms) pola 60–100 T.

Na najbliższą przyszłość zespół zarekomendował projekty dwu takich właśnie typów magnesów: 100 T/1 s (za ok. 60 mln ECU i 70 T/10 ms (za ok. 1 mln ECU), oraz projekt magnesu wytwarzającego w sposób ciągły pole 45 T.

Motywacją do budowy urządzeń wytwarzających tak silne pola magnetyczne jest rosnące ciągle zainteresowanie wykorzystaniem pól magnetycznych w wielu dziedzinach badań, m.in. w biologii, fizyce ciała stałego, chemii i technologii materiałowej. Rosnące wymagania dotyczą głównie trzech aspektów: największego pola magnetycznego, czasu w jakim to pole jest utrzymywane (istotne dla eksperymentów wymagających długich czasów oraz w celu zmniejszenia prądów wirowych) oraz zwiększenia obszaru silnego pola magnetycznego, co umożliwi wprowadzanie większych próbek i wyspecjalizowanych przyrządów badawczych.

Równocześnie z projektami zespołu Wspólnoty Europejskiej, istniejące już centra badawcze planują rozbudowę i modernizację posiadanych urządzeń. Ośrodek Wysokich Pól Uniwersytetu w Amsterdamie planuje rozbudowę posiadanego magnesu pola kwaziciągłego z 40 T do 60 T. Magnesy impulsowe o polu maksymalnym większym niż 60 T budowane są w Parmie i Oxfordzie. Nowe

magnesy wytwarzające pola ciągle powyżej 30 T oraz magnesy o dużych przekrojach pola są planowane w Nijmegen oraz Grenoble.

Europhys. News 22,
158 (1991),

Paweł Sobkowicz

Udział IFT Uniwersytetu Wrocławskiego w Programie TEMPUS

W jesieni 1990 r. Wspólnota Europejska (EC) rozpoczęła realizację programu TEMPUS. Nazwa tego programu została utworzona z pierwszych liter pełnej nazwy: Trans-European Mobility Scheme for University Studies. Jego celem jest pomoc w doskonaleniu i rozwoju studiów wyższych w Europie Centralnej i Wschodniej (ECW). Aktualnie krajami uprawnionymi do udziału w TEMPUS-ie są: Bułgaria, Czechosłowacja, Jugosławia, Polska, Rumunia i Węgry. Biuro TEMPUS-a koordynuje także w wymienionych dziedzinach działania podjęte na rzecz krajów ECW w ramach narodowych programów krajów EC oraz sześciu krajów EFTA (Stanów Zjednoczonych, Kanady, Japonii, Australii i Nowej Zelandii).

Podmiotem TEMPUS-a są uczelnie wyższe wszystkich rodzajów i instytucje (przemysłowe, ekonomiczne, fundacje, izby, stowarzyszenia, organizacje pracodawców i pracobiorców). Zarządza tym programem specjalne biuro w Brukseli (EC TEMPUS Office, Brussels, 14 rue Montoyer B-1040 Bruxelles, Belgia; dyrektorem biura jest T. Veenkamp). Od lata 1990 r. działa polskie biuro TEMPUS-a z siedzibą w Warszawie.

TEMPUS jest powiązany z innymi, podobnymi programami EC. Wymieńmy je: ERASMUS (European Community Action Scheme for the Mobility of University

Students), COMMET (European Community Programme of Cooperation between Universities and Industry regarding training in the field of technology), LINGUA (Community Action Programme to promote Foreign Language Competence in the European Community).

TEMPUS szczególnie popiera następujące kierunki studiów:

zarządzanie i biznes, ekonomia stosowana, nauki stosowane, technologia, inżynieria, europejskie języki nowożytne, rolnictwo i agrobiznes, ochrona środowiska, nauki ekonomiczne i społeczne (badanie przemian zachodzących w krajach postkomunistycznych). Nie finansuje jednak badań naukowych i studiów wyższych w zakresie nauk czystych (np. matematyki i fizyki).

Od 1992 r. uprawnione kraje ECW będą miały wpływ na określanie listy dziedzin priorytetowych. Oto jak wygląda lista Polski: ekonomika rynku, społeczeństwo obywatelskie, relacje międzynarodowe, zaawansowane technologie, opieka społeczna, nauki medyczne, ekologia i ochrona środowiska, unowocześnianie systemu edukacji. O tym, że lista preferencyjna jest poważnie traktowana przekonało się wielu tych, którzy wystąpili o sfinansowanie projektów (mogą się o to starać jednostki uprawnione, ich pracownicy i studenci). Recenzenci projektów starannie je przesiali – zaakceptowano tylko około 22.7% ogólnej ich liczby, w tym 54.3% projektów rumuńskich i tylko 11.3% polskich (niestety nie podano liczby projektów nadesłanych z poszczególnych krajów ECW).

Z TEMPUS-em związana jest solidna porcja biurokracji, lecz innego typu niż ta, do której przywykliśmy. Wszyscy mają z nią kłopoty – poczynając od warszawskiego biura TEMPUS-a. W spełnieniu wszystkich wymogów ma pomóc opasłe i co roku modyfikowane *Vademecum*.

Vademecum na rok 1992 różni się od ubiegłorocznego w dwóch punktach: preferuje

współpracę regionalną krajów uprawnionych (regional Joint European Projects – projekty z udziałem co najmniej dwóch takich krajów) i znacznie ogranicza indywidualne wyjazdy studentów i wykładowców (zwiększając wymianę osobową w ramach współpracy instytucji).

Każdy projekt składa się z trzech części (zwanymi "Action"). Pierwsza część (tzw. JEP – Joint European Project) dotyczy pomocy w rozwoju systemów edukacji krajów ECW i wspomaganie współpracy między instytucjami akademickimi i przemysłowymi krajów EC i ECW. W JEP-ie musi uczestniczyć co najmniej jedna uprawniona jednostka z krajów ECW i co najmniej dwie jednostki z dwóch różnych krajów EC, z których przynajmniej jedna jest uniwersytetem. Druga, zwana Mobility Grants, dotyczy finansowania wymiany wykładowców, grup studenckich i pracowników administracji uczelni z obydwu części Europy. Ostatnia z części (Complementary Activities) dotyczy wspomaganie finansowego publikacji, opracowań zbiorczych (przeglądów i studiów) i wymiany grup młodzieżowych.

Pierwsza próba Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego wzięcia udziału w TEMPUS-ie zakończyła się niepowodzeniem. Nasz, wspólny z Uniwersytetem Gdańskim, nowopowstałym Uniwersytetem Eötvösa w Budapeszcie i Katolickim Uniwersytetem w Leuven, projekt dotyczący fizyki matematycznej nie został zaakceptowany. Niewątpliwie powodem tego były preferencje TEMPUS-a i pewna ogólnikowość naszego projektu. Jednak zanotowaliśmy także mały sukces. Będący pod moją opieką student IV r. fizyki, pan Andrzej Szymoszek, przebrnął przez wszystkie egzaminy i przez rok, w ramach Mobility Grant, był studentem Uniwersytetu w Nottingham. Jego doświadczenia pokazują jak trudne są pierwsze kontakty. TEMPUS zapewnia bardzo dobre warunki

bytowe. Jednak nasze programy i nasz sposób organizacji studiów bardzo się różnią od przyjętych w Zjednoczonym Królestwie. Wydaje się, że nasi studenci są dobrze przygotowani z matematyki i dobrze znają mechanikę kwantową i statystyczną. Angielskie programy są znacznie mniej "teoretyczne", a bardziej praktyczne. Angielscy studenci przywykli do posługiwania się komputerami. Z całkowicie biurokratycznych powodów p. Szymoszek był studentem pierwszego roku! Tylko dzięki pomocy dziekana Wydziału Fizyki, prof. L.J. Chalisa (znanego fizyka doświadczalnego zajmującego się m.in. fizyką fononów i byłego wykładowcy Szkoły w Karpaczu), nasz student pracował pod opieką prof. F. Sherda. Inni, wcale nie początkujący polscy studenci będący w ramach TEMPUS-a w Nottingham siedzieli (i zapewne czynią to dalej) na wykładach dla początkujących. Dodajmy, że wykonanie pracy dyplomowej związane jest ze znacznymi opłatami, na które TEMPUS nie przewidział środków. Zapewne tego rodzaju doświadczenia spowodowały drugą ze wspomnianych modyfikacji.

Nauczeni pierwszym niepowodzeniem postanowiliśmy powiązać nasz projekt z otwarciem nowej specjalizacji studiów na wydziale Matematyki Fizyki i Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego. Nosi ona nazwę – "Fizyka Komputerowa" i rozpoczęła kształcenie studentów w październiku 1991.

Na początku bieżącego roku do Wrocławia przyjechali, namówieni do tego przeze mnie, dr John Blackmann z Uniwersytetu w Reading (Anglia) i inż. Esten Erlien z Instytutu Technologicznego Uniwersytetu w Trondheim w Norwegii. Wspólnie z nimi (w szczególności z J. B.) sformułowaliśmy podstawowe cele projektu pt. "Computers in Physics: a Project to update Science Education". Oprócz dwóch naszych Uniwersytetów przewidzieliśmy w

programie udział Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Technicznego w Berlinie (dawniej Zachodnim) oraz Uniwersytetu w Manchesterze. Instytut Informatyki i Telematyki w IT Uniwersytetu w Trondheim obiecał nam służyć radą. Projekt przewidywał pomoc EC w określeniu programu studiów, krótkoterminowe szkolenia polskich nauczycieli akademickich i polskiego personelu technicznego oraz kilkumiesięczne studia naszych studentów i doktorantów w Anglii i RFN. Przewidziano wizyty wykładowców angielskich i niemieckich we Wrocławiu. Do programu włączono Zimową Szkołę w Karpaczu i Letnią Szkołę organizowaną przez Uniwersytet w Reading. Przewidzieliśmy także udział trzech kolegów z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego. W drugim lub trzecim roku działania programu mieliśmy zamiar przeszkolić trzech przedstawicieli Wydziału Nauk Przyrodniczych – biologa, geografa i geologa. Przewidziano zakup wyposażenia dwóch studenckich laboratoriów komputerowych, oprogramowania, książek i czasopism za ok. 86000 ECU (1 ECU \cong 1.2 \$).

Niestety, nasz projekt nie został zaakceptowany, chociaż znalazł się bardzo wysoko na liście. Później dowiedzieliśmy się, że należało załączyć opinię eksperta potwierdzającego merytoryczną zasadność naszego projektu i rozwiać nawet cień podejrzenia, że przyświecają nam inne niż edukacyjne cele. Ponadto okazało się, że TEMPUS preferuje większe projekty.

No cóż, spróbujemy jeszcze raz. Projekty, których realizacja ma się rozpocząć od 1 września 1992 r. powinny zostać nadesłane do 31 stycznia tego roku. Mam nadzieję, że tym razem się uda i nasz projekt, w który bezinteresownie tak wiele pracy włożył John Blackmann, zostanie zaakceptowany.

Czasopisma inaczej

Tempo wzrostu liczby publikacji i być może nieco z tym związane zamykanie się wielu fizyków (i nie tylko fizyków) w swojej wąskiej specjalności, powoduje, że tradycyjne czasopisma przestają dobrze spełniać swoje zadania. Szuka się nowych dróg rozpowszechniania informacji z wykorzystaniem nowych możliwości technicznych.

Wyciąg w dziedzinie nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego spowodował, że w 1987 r. powstał komputerowy biuletyn *High - T_c Update*, ukazujący się 2 razy w tygodniu i rejestrujący preprinty. Biuletyn można otrzymywać zarówno w postaci wydruków jak i poczty elektronicznej. Obecnie czasopismo ma 2100 prenumeratorów (w tym ok. 500 spoza USA) wersji drukowanej i 500 prenumeratorów wersji elektronicznej (e-mail). Typowy numer zawiera wykaz ok. 120 prac z całego świata, wraz z adresami i telefonami autorów. W wykazie tym znajdują się jedynie prace, których preprinty rzeczywiście dotarły do redakcji. Ponadto w każdym zeszycie jest krótki dział informacyjny i kalendarz konferencji i spotkań wysokotemperaturowych nadprzewodnikowców.

Nowym polem pośpiesznej działalności wielu laboratoriów są badania wieloatomowych cząsteczek węgla, przede wszystkim C₆₀, czyli tzw. fullerenów lub buckminsterfullerenów, lub pieśczośliwie "bucky". W lecie 1991 w Uniwersytecie Pensylwanii powstała Bucky News Service. Jest to zautomatyzowany system, w którym można rejestrować tytuły preprintów, uzyskiwać informacje o nich, uaktualniać dane itp. Co tydzień prenumeratory otrzymują listę preprintów wraz z adresami autorów. Ponadto czasopismo informuje o konferencjach. Obecnie jest ok. 400 prenumeratorów (wyłącznie poczta elektroniczna).

Czytelnicy (użytkownicy?) obu tych czasopism otrzymują tylko informacje o ty-

tułach prac i aby uzyskać ich tekst muszą sami skontaktować się z autorami, natomiast uruchomiony w sierpniu 1991 system HEPTII (High Energy Physics Theory) przechowuje w komputerze całe preprinty i użytkownik po nadaniu odpowiedniego sygnału może uzyskać tekst wybranej pracy. HEPTII powstał z inicjatywy Paula Ginsparga w Laboratorium Los Alamos. Potrzebę komunikacji elektronicznej teoretycy odczuwali już od dawna. Sprawę ułatwiła ogólna dostępność edytora TEX, no i oczywiście rozprzestrzenienie się komputerów we wszystkich laboratoriach świata. HEPTII ma obecnie ok. 500 prenumeratorów. Ponieważ jest umiejscowiony w Los Alamos może wykorzystywać wielkie komputery i ma połączenia z wieloma sieciami. Uzyskanie tekstu pracy trwa kilka sekund. Trzeba tu zwrócić uwagę, że preprinty gromadzone w HEPTII nie przeszły przez recenzje. Inicjator tego systemu Ginsparg widzi z jednej strony absurdalność zbyt wielkiego pośpiechu w rozprzestrzanianiu informacji z tej właśnie dziedziny, a z drugiej strony docenia demokratyczność systemu – informacja może docierać równie prędko do fizyków dobrze znanych jak i do początkujących, do wielkich ośrodków jak i do małych laboratoriów w dalekich zakątkach świata.

Nie tylko fizycy próbują rozwiązywać problem unowocześniania systemu publikacji. Ostatnio również lekarze zapoczątkowali całkowicie elektroniczne czasopismo *Current Clinical Trials*, które jest wspólnym przedsięwzięciem Amerykańskiego Stowarzyszenia dla Postępu Nauki (American Association for the Advancement of Science) i Bibliotecznego Komputerowego Centrum "on line" (On line Computer Library Center – OCLC). Jest to chyba pierwsze czasopismo komputerowe "on line", w którym prace podlegają recenzjom. Artykuły mają być nadsyłane, recenzowane i wydawane wyłącznie w sy-

stemie elektronicznym, aczkolwiek przewidyje się możliwość robienia wydruków dla celów archiwalnych. Nie będzie to przy tym czasopismo periodyczne – prace będą udostępniane abonentom w miarę ich recenzowania i zatwierdzania przez redaktora. To oczywiście szalenie przyspiesza docieranie informacji do odbiorców i właśnie dlatego na początek wybrano *Current Clinical Trials*, których szybkie doniesienia o efektach leczenia klinicznego mogą przyczyniać się do ratowania życia. Odbiorcy będą mogli podłączać się albo przez sieć własną OCLC albo przez inne ogólnoamerykańskie sieci komputerowe. Początkową wadą nowego czasopisma będzie to, że przynajmniej przez pierwsze 8 miesięcy będą z niego mogli korzystać tylko rozporządzający komputerami osobistymi IBM. Później informacje będą przekazywane również w systemie Macintosha. Ocenia się, że obecnie tylko 1/4 amerykańskich lekarzy posługujących się komputerami używa komputerów IBM. Istnieje również obawa czy autorzy chętnie będą publikować swoje prace w czasopiśmie wyłącznie elektronicznym. Wydaje się jednak, że początek trzeba kiedyś zrobić.

W październiku 1991 brytyjski Instytut Fizyki (IOP) wspólnie ze Stowarzyszeniem Wydawców urządził seminarium na temat wykorzystania sieci komputerowych w publikowaniu prac naukowych. Udział wzięło ok. 80 osób głównie z brytyjskich i amerykańskich firm wydawniczych, bibliotek, przedsiębiorstw rozpowszechniających czasopisma. Zdolność przekazywania informacji przez sieci stale rośnie. Na przykład w USA sieć National Science Foundation ma obecnie zdolność 45 Mbit/s. Można

też połączyć się za jej pośrednictwem z 3000 innych sieci (z tego ok. 1000 poza USA). Ocenia się, że ta sieć sieci obsługuje 300 000 komputerów w ponad 90 krajach i ma ok. 15 mln. użytkowników. Stało się jasne, że postęp technologii dostarcza coraz to nowych narzędzi informatycznych o coraz lepszej efektywności kosztów. Niektórzy wydawcy już rozpoczęli wydawanie czasopism w sposób inny niż tradycyjny. Również zaczyna się zmieniać nastawienie autorów i odbiorców publikacji.

Science 253, No 5027

(1991)

Phys. World 4, No 11

(1991)

B. W.

Schemat klasyfikacji

Ukazało się nowe (trzecie) wydanie *International Classification Scheme for Physics*. Klasyfikacja ta, która po raz pierwszy została wydana w 1975 r., jest stosowana przez większość czasopism fizycznych i przez ośrodki informacyjne. W jej opracowaniu biorą udział: Amerykański Instytut Fizyki (AIP), niemieckie Fachinformationszentrum – Karlsruhe, INSPEC w Anglii (wydawcy *Physics Abstracts*) i Institut de l'Information Scientifique et Technique we Francji.

Przyjęty schemat jest klasyfikacją hierarchiczną wszystkich działów fizyki i astronomii.

Egzemplarze *Classification Scheme* można zamawiać w ICSTI Secretariat, 51 Boulevard de Montmorency, 75016 Paris, Francja. Cena: 75 FF.

Phys. Today 44, No 10

(1991)

B. W.

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, język (jeśli inny niż polski).

1992

4 – 13 maja 1992, Zakopane

XI Szkoła Biofizyki Transportu przez Błony. Katedra Fizyki i Biofizyki AR we Wrocławiu. Dr J. Sarapuk, Kat. Fiz. i Biofiz. AR, Norwida 25, 50-375 Wrocław, tel. 21 66 61 w. 167, tlx 071 53 21 ar wpl, fax 48 71 229576.

13 – 21 maja 1992, Jaszowiec

The Int. School on Synchrotron Radiation in Natural Science. Inst. Fizyki PAN i Polskie Tow. Promieniowania Synchrotronowego. Dr K. Ławniczak-Jabłońska, IF PAN, Al. Lotników 32, 02-668 Warszawa, tel. 43 60 34, fax 43 09 26.

Z: 15.1.92, P, ang.

22 – 30 maja 1992, Jaszowiec

The School on Semiconductor Physics for Central European Students. Inst. Fizyki PAN i Inst. Fizyki Doświadczalnej UW. Dr Ewa Więckowska, IF PAN, Al. Lotników 32, 02-668 Warszawa, tel. 43 68 61, tlx 81 24 68, fax 43 09 26.

U: 30, ang.

24 – 30 maja 1992, Jaszowiec

XX Int. School on Physics of Semiconducting Compounds. Inst. Fizyki PAN i Inst. Fizyki Dośw. UW. Dr Andrzej Suchocki, IF PAN, Al. Lotników 32, 02-668 Warszawa, tel. 43 68 61, tlx 81 24 68, fax 43 09 26.

A: 15.3.92, P, U: 250, ang.

25 – 29 maja 1992, Gdańsk

V Szkoła Akustooptyki. Uniwersytet Gdański. Prof. A. Śliwiński, IFD UG, Wita Stwosza 57, 80-952 Gdańsk, tel. 41 31 75.

P, U: 100, ang. 25 – 29 maja 1992, Warszawa

XV Międzynarodowa Warszawska Konferencja Fizyki Cząstek Elementarnych. Inst. Fizyki Teoretycznej i Inst. Fizyki Doświadczalnej UW. Dr Z. Ajduk, IFT UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel. 628 30 31 w. 226.

Z: 15. 4. 92, P, U: 100, ang. 1 – 5 czerwca 1992, Warszawa

High Performance Optical Spectrometry. SPIE-Polish Chapter i Centr. Laboratorium Optyki. Prof. M. Pluta, CLO, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel. 18 44 97 lub 18 44 05, tlx 82 59 60. clo, fax 133265, e-mail OPTILAB @ PLEARN.
P, ang.

22 – 26 czerwca 1992, Łódź
ISNES '92: 2nd Int. Symp.Nuclear Excited States. Uniw. Łódzki, M. Przytuła, IF UŁ, Pomorska 149, 90-236 Łódź, tel. 78 56 22.
A: 30.3.92, P, ang. 26 sierpnia – 2 września 1992, Poznań

Symmetry & Structural Properties of Condensed Matter, 2nd school.
Uniw. Adama Mickiewicza, S. Walcerz, IF UAM, Matejki 48/49, 60-769 Poznań, tel. 66 24 87.
Z: 1.6.92, A:15.4.92, P, U: 60, ang. 2 – 4 września 1992, Wrocław

XI Int. Wrocław Symposium on Electromagnetic Compatibility. SEP i Politechnika Wrocl. W. Moroń, EMC Symposium, skr. poczt.2141, 51-645 Wrocław 12, tel. 48 10 41, tlx 71 21 18 ilw, fax 4871.
P, ang.

12 – 16 września 1992, Zakopane
DRP '92: Dielectric & Related Phenomena. Polit. Rzeszowska, prof. A. Szymański, IF PRz, Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszów, tel. 412 60. 5 – 10 października, Kudowa

16th Int. Seminar on Surface Physics. Inst. Fizyki Doświadczalnej Uniw. Wrocl. Prof. Maria Stęślicka, IFD UWr, Cybulskiego 36, 50-205 Wrocław.
Z, A: 15.6.92, P, U: 120, ang. 19 – 21 października 1992, Warszawa

Int. Conf. Phase Contrast & Differential Interference Contrast. SPIE-Polish Chapter; spons.:SPIE, CLO, Sekcja Optyki SIMP, Sekcja Optyki PTF. Prof. M. Pluta, CLO, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel. 18 44 97, tlx 82 59 60, fax 13 32 65, e-mail OPTILAB @ PLEARN.
Z: 15.3.92, A: 15.5.92, P, ang.

22 – 24 października 1992, Warszawa
Advanced Course on PhC & Interference Microscopy in Life Sciences.
SPIE-Polish Chapter i CLO. Prof. M. Pluta, CLO, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel. 18 44 98, tlx 82 59 60, fax 13 32 65, e-mail OPTILAB @ PLEARN.
Z: 15.3.92, ang. 22 – 24 października 1992, Warszawa

Advanced Course on PhC & Microinterferometry in Material Science.

SPIE-Polish Chapter i CLO. Prof. M. Pluta, CLO, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa,
tel. 18 44 98, tlx 82 59 60, fax 13 32 65, e-mail OPTILAB @ PLEARN.
Z: 15.3.92, ang.

1993

luty 1993, Karpacz

Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej. Inst. Fizyki Teoret. UW. Prof. T. Paszkiewicz, IFT
UWr, Cybulskiego 36, 50-205 Wrocław. 24 – 28 maja 1993, Warszawa

Diffractionmetry. SPIE-Polish Chapter. Prof. M. Pluta, CLO, Kamionkowska 18, 03-805
Warszawa.

NOWE KSIĄŻKI

- Adam Bechler, *Kwantowa Teoria oddziaływań elektromagnetycznych*, PWN, Warszawa 1992, s. 360, cena 47.000 zł
- Andrzej Januszajtis, *Fizyka dla politechnik*, t.3 – Fale, PWN, Warszawa 1991, s. 379, cena 50.000 zł
- Alfons Kawski, *Fotoluminescencja roztworów*, PWN, Warszawa 1991, s. 370, cena 50.000 zł
- Bohdan Mroziewicz, Maciej Bugajski, Włodzimierz Nakwaski, *Physics of semiconductor lasers*, PWN, Warszawa i North-Holland, Amsterdam 1991, s. 473, cena 50.000 zł
- B. Średniawa (red.), *Essays devoted to scientific and didactic work of Marian Smoluchowski*, Universitatis Iagellonicae Folia Physica, t. 33, Wyd. UJ, Kraków 1991, s. 84
- Andrzej K. Wróblewski i Janusz Zakrzewski, *Wstęp do fizyki t. 2, cz. 2*, PWN, Warszawa 1992, s. 594, cena 82.000 zł

Informacje dla autorów

Komitet Redakcyjny w celu skrócenia cyklu wydawniczego prosi autorów o opracowanie 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).

2. Maszynopisy pracy (oryginał i jedną pełną – z rysunkami, tablicami itd. – kopię) należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. W liście towarzyszącym prosimy podać dokładny adres do dalszej korespondencji (do przesłania korekty i honorarium autorskiego). O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.

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. Pierwsza strona maszynopisu winna zawierać imię i nazwisko autora, miejsce pracy z adresem, tytuł pracy w języku polskim i angielskim oraz streszczenie (do 20 wierszy maszynopisu) w języku angielskim (angielski tytuł i streszczenie nie są potrzebne do recenzji książek, notatek do Kroniki i sprawozdań ze zjazdów i konferencji).

5. Rozdziały, paragrafy, wzory, rysunki, tablice i odsyłacze do literatury (te ostatnie w nawiasach kwadratowych) należy numerować kolejno przy użyciu cyfr arabskich. Prosimy używać liter tylko łacińskich i greckich oraz nawiasów okrągłych (a nie pochylonych kresek), kwadratowych czy sześciennych i wpisywać je ręcznie przy braku odpowiednich czcionek.

6. Wzory należy wpisywać czytelnie, a w szczególności bardzo wyraźnie wpisywać wskaźniki i wykładniki potęg. Symbole wielkości wektorowych należy podkreślić czarnym ołówkiem, gdyż będą wydrukowane tłustym drukiem (nie rysować strzałek).

7. 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, tablice (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.

8. Wszelkie przypisy i uwagi, numerowane kolejno cyframi arabskimi u góry, winny być zamieszczone nie w spisie literatury, a u dołu strony, na której są odsyłacze.

9. Spis literatury winien być sporządzony według wzoru:

[1] A. Białas, W. Czyż, *Acta Phys. Pol. B* 5, 523 (1974).

- [2] A. Bohr, B.R. Mottelson, *Nuclear Structure*, t.1, Benjamin, New York 1969, str.100.
- [3] N.N. Bogolyubov, D.V. Shirkov, *Vvedenie v teoriu kvantovannykh polei*, Nauka, Moskva 1973, str.240.

Skróty nazw czasopism i transliteracja z alfabetów nielacińskich według *Physics Abstracts*. Odsyłacze do literatury w tekście pracy powinny być w nawiasach kwadratowych.

10. *Postępy Fizyki* są obecnie składane komputerowo. Aby skrócić cykl wydawniczy proponujemy Autorom przygotowującym swe artykuły na komputerach nadsyłanie, wraz z maszynopisami, zapisów tekstów na dyskietkach. Możemy przyjmować dyskietki 5,25" i 3,5", o dowolnej gęstości zapisu, w standardzie IBM lub Mac. Osoby korzystające z T_EX-u mogą nadsyłać gotowe składy (bez wyróżnień strony tytułowej itp.), po uwzględnieniu tego, że w stosowanym przez nas systemie LALEX (odmiana T_EX-u) polskie litery są uzyskiwane poprzez złożenie /a=a, ... /z=z, /x=x, /A=A, etc., a sam znak "/" przez //. Użytkowników innych systemów prosimy o dostarczanie tekstów zapisanych krojem podstawowym (bez podkreśleń, kursyw itp.). Teksty z ChiWritera (z podaniem klucza stosowanego dla polskich liter i położenia "ż" i "z"), Pelikana, Eli i QRTekstu możemy przyjmować w wersji oryginalnej, przy innych edytorach prosimy o przygotowanie niesformatowanego pliku ASCII z polskimi literami i znakiem dzielenia zapisanymi według podanych wyżej zasad, albo o pliki ASCII i listę kodów, pod którymi ukryte są znaki polskiego alfabetu. Wobec różnorodności stosowanych edytorów prosimy o uwzględnienie naszych uwag, ze swej strony Redakcja gwarantuje zwrot dyskietek natychmiast po skopiowaniu zapisów.

11. Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej, którą należy zwrócić w ciągu 3 dni pod adresem Redakcji. Przetrzymywanie korekty może spowodować przesunięcie artykułu do następnego zeszytu.

12. Autor otrzymuje bezpłatnie 25 egz. odbitek pracy. Dodatkowe odbitki można zamawiać odpłatnie przy przesyłaniu korekty autorskiej.

13. Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

POSTĘPY FIZYKI
(dwumiesięcznik)
WARUNKI PRENUMERATY

1. Wpłaty na prenumeratę przyjmowane są na okresy półroczne.
2. Cena prenumeraty krajowej na I-VI 1992 r. wynosi 36 000 zł. Prenumerata ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej.

3. Wpłaty na prenumeratę przyjmują:

- na teren kraju — jednostki kolportażowe "Ruch" i urzędy pocztowe właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora
- na zagranicę — Zakład Kolportażu Prasy i Wydawnictw 00-958 Warszawa, konto PBK, XIII Oddział W-wa 370044-1195-139-11

4. Dostawa zamówionej prasy następuje:

- przez jednostki kolportażowe "Ruch" — w sposób uzgodniony z zamawiającym,
- przez urzędy pocztowe — pocztą zwykłą na wskazany adres, w ramach opłaconej prenumeraty z wyjątkiem zlecenia dostawy na zagranicę pocztą lotniczą do odbiorcy zagranicznego, której koszt w pełni pokrywa prenumeratork.

5. Terminy przyjmowania prenumeraty na kraj i zagranicę 20 stycznia — na I półrocze, do 20 maja na II półrocze.

PRENUMERATA DLA CZŁONKÓW PTF

Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w Oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 20% zniżki.

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributors or directly to the Zakład Kolportażu Prasy i Wydawnictw, 00-958 Warszawa, Poland. Our banker: Państwowy Bank Kredytowy, XIII Oddział Warszawa, Poland, 370044-1195-139-11.

SPIS TREŚCI

J. Werle — Jak nauki fizyczne odkrywały jedność przyrody	3
WSPOMNIENIA — ROCZNICE	
B. Średniawa — Ewolucja pojęcia eteru i wczesny okres teorii względności w pracach fizyków krakowskich	33
ROZMOWY	
O anihilacji pozytonów, roli kobiet w fizyce i . . . — Rozmowa z Bronisławem Rozenfeldem i Henrykiem Stachowiakiem	47
ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH	
M. R. Dudek, T. Paszkiewicz — Mazaki i kule na okręgu — automat komórkowy	57
NOWOŚCI NAUKOWE	
J. Figiel — Czy Ziemia przyciąga antyprotony inaczej niż protony? . . .	75
NOWE URZĄDZENIA I TECHNIKI EKSPERYMENTALNE	
Granulowane nadprzewodniki jako detektory cząstek (oprac. J. Igalson) . .	75
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	81
RECENZJE	87
KRONIKA	95

CONTENTS

J. Werle — How the unity of Nature was being discovered by the physical sciences	3
RECOLLECTIONS — ANNIVERSARIES	
B. Średniawa — The evolution of the concept of ether and the early period of the theory of relativity in the investigations of Cracow physicists	33
DEBATES	
On annihilation of positrons, role of women in physics and . . . — An interview with Bronisław Rozenfeld and Henryk Stachowiak	47
PROBLEMS OF TEACHING PHYSICS IN ACADEMIC SCHOOLS	
M. R. Dudek, T. Paszkiewicz — Mark Kac ring model — an example of the cellular automaton	57
SCIENTIFIC NEWS	
J. Figiel — Does Earth attract antiprotons just like protons?	69
NEW DEVICES AND EXPERIMENTAL TECHNIQUES	
Superconducting granule detectors (compiled by J. Igalson)	75
MEETINGS AND CONFERENCES	81
REVIEWS	87
CHRONICLE	95