

PTF

DWUMIESIĘCZNIK  
POŚWIĘCONY  
UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY  
FIZYCZNEJ

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 46  
ZESZYT 6  
1995

---

# POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

## ZARZĄD GŁÓWNY

Prezes:	Prof. dr HENRYK SZYMCZAK
Wiceprezesa:	Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN Prof. dr JÓZEF SZUDY
Sekretarz Generalny:	Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI
Skarbnik:	Dr EDMUND WESOŁOWSKI
Członkowie Zarządu:	Prof. dr EWA DOBIERZEWSKA-MOZRZYMAS Mgr WANDA DOBORZYŃSKA-GŁAZEK Prof. dr JERZY NIEWODNICZAŃSKI Prof. dr TADEUSZ REWAJ Mgr KRZYSZTOF STOCKI Dr EDMUND ŚNIADEK

## Redaktorzy naczelni czasopism PTF

Prof. dr ADAM SOBICZEWSKI – <i>Postępy Fizyki</i>
Prof. dr JERZY PROCHOROW – <i>Acta Physica Polonica A</i>
Prof. dr WIESŁAW CZYŻ – <i>Acta Physica Polonica B</i>
Prof. dr JAN KALINOWSKI – <i>Delta</i>
Prof. dr ANDRZEJ JAMIOŁKOWSKI – <i>Reports on Mathematical Physics</i>

## Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

Prof. dr ANDRZEJ MAZIEWSKI (Białystok)	Prof. dr MARIA GILLER (Łódź)
Prof. dr BRONISŁAW GRZEGORZEWSKI (Bydgoszcz)	Prof. dr TADEUSZ GÓRECKI (Opole)
Dr JERZY J. WYSŁOCKI (Częstochowa)	Prof. dr ANDRZEJ WIĘCKOWSKI (Poznań)
Dr KRYSZTYN KOZŁOWSKI (Gdańsk)	Prof. dr RYSZARD KĘPA (Rzeszów)
Prof. dr ZYGMUNT KLESZCZEWSKI (Gliwice)	Prof. dr HENRYK WREMBEL (Stupsk)
Prof. dr JERZY WARCZEWSKI (Katowice)	Prof. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin)
Dr MAREK PAJEK (Kielce)	Prof. dr ANDRZEJ BIELSKI (Toruń)
Prof. dr WOJCIECH GAWLIK (Kraków)	Prof. dr BRONISŁAW ORŁOWSKI (Warszawa)
Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin)	Prof. dr ZYGMUNT GALASIEWICZ (Wrocław)

## ADRES ZARZĄDU

00-681 Warszawa, ul. Hoża 69  
tel./fax 621 26 68  
adres elektroniczny: ptf@fuw.edu.pl

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

# POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU  
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 46, ZESZYT 6  
1995

Zeszyt dofinansowany  
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem  
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 1995

## RADA REDAKCYJNA

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

## KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Adam Sobiczewski  
Członkowie Redakcji: Krzysztof Burzyński, Tomasz Dietl, Mirosław Łukaszewski,  
Magdalena Staszal, Barbara Wojtowicz

Adres Redakcji: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa  
adres elektroniczny: [postepy@fuw.edu.pl](mailto:postepy@fuw.edu.pl)

### Korespondenci Oddziałów PTF:

Mgr Piotr Malinowski (Białystok)  
Dr Wanda Ciurzyńska (Częstochowa)  
Dr Stanisław Zachara (Gdańsk)  
Dr Roman Bukowski (Gliwice)  
Dr Janusz Frąckowiak (Katowice)  
Dr Małgorzata Suchańska (Kielce)  
Dr Anna Kapuścik (Kraków)  
Mgr Tomasz Durakiewicz (Lublin)  
Prof. dr Leszek Wojtczak (Łódź)  
Prof. dr Andrzej Graja (Poznań)  
Mgr Danuta Ficek (Słupsk)  
Dr Ewa Weinert-Rączka (Szczecin)  
Dr Józefina Turło (Toruń)  
Dr Ewa Jędryka (Warszawa)  
Dr hab. Bernard Jancewicz (Wrocław)

**Ryszard Sosnowski**

*Instytut Problemów Jądrowych  
Warszawa*

## Jak energia zamienia się w materię\*

### How energy turns into matter

*Abstract:* The article describes the processes in which out of fast particles' energy some other particles of non-zero rest mass are created.

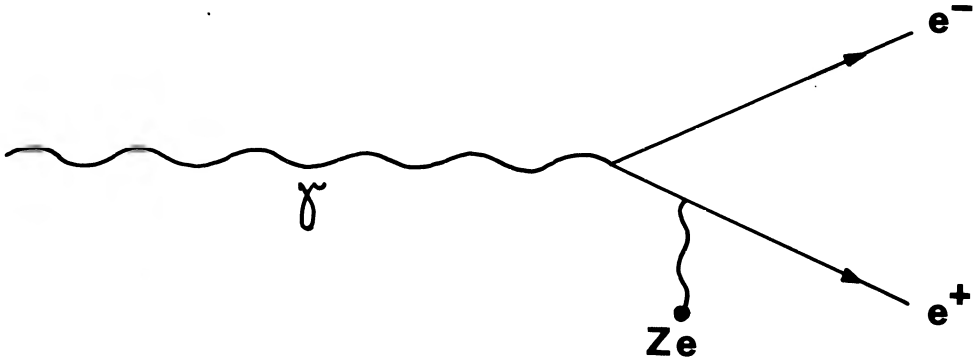
Tytuł tego wykładu potraktowany dosłownie obejmowałby niezmiernie szeroki zakres zjawisk fizycznych i chemicznych. Ocierałby się także o pogranicze fizyki i filozofii. Każdej bowiem zmianie energii układu towarzyszy zmiana jego masy, co nieuchronnie nasuwa pytanie czym jest energia a czym masa. W wykładzie tym potraktujemy pojęcia masy i energii stosunkowo prymitywnie. Zajmiemy się bowiem zagadnieniem, jak to się dzieje, że energia (na ogół energia kinetyczna rozpędzonych mikrocząstek) może być wykorzystana do powstania nowych, nie istniejących uprzednio cząstek obdarzonych masą spoczynkową.

Pierwszą zaobserwowaną cząstką, nie mogącą pochodzić z rozbicia atomu wchodzącego w skład otaczającej nas materii był pozyton, którego tor został w 1932 r. zarejestrowany w komorze Wilsona przez R. Andersona. Cząstka ta ma masę równą masie elektronu, lecz jest obdarzona dodatnim ładunkiem elektrycznym. Jak się okazało, może ona powstawać jednocześnie z elektronem kosztem energii kwantu oddziaływań elektromagnetycznych – fotonu. Niezbędnym warunkiem jest, by energia fotonu była większa niż suma mas elektronu i pozytonu. Ponadto, dla zachowania pędu niezbędny jest udział jeszcze jednego obiektu. Jeżeli jest to obiekt o znacznej masie, przejmie on nadwyżkę

---

\*Wykład wygłoszony na XXXIII Zjeździe Fizyków Polskich we Wrocławiu, we wrześniu 1995 r., a związany z otrzymaniem przez Autora Medalu Mariana Smoluchowskiego za rok 1994 (przyp. Red.).

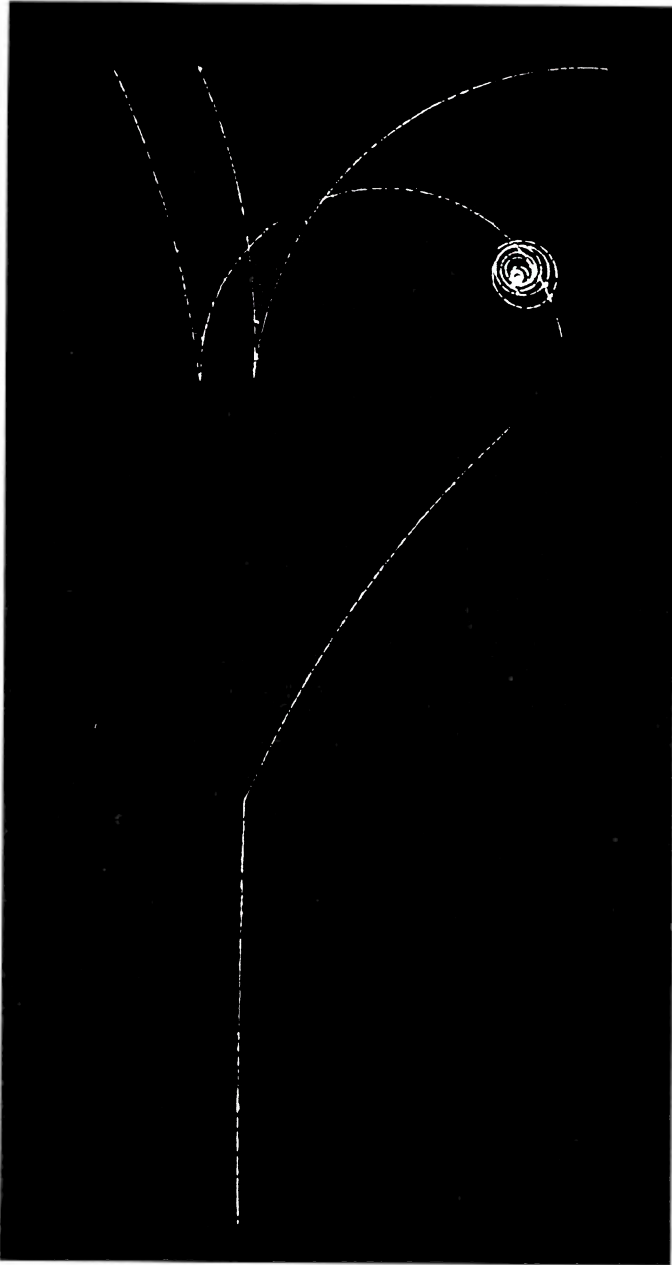
pędu niesioną przez foton, praktycznie bez zwiększenia swojej energii. Na ogół obiektem takim jest jądro atomowe, z którym oddziałuje jedna z powstałych cząstek (rys. 1 i 2).



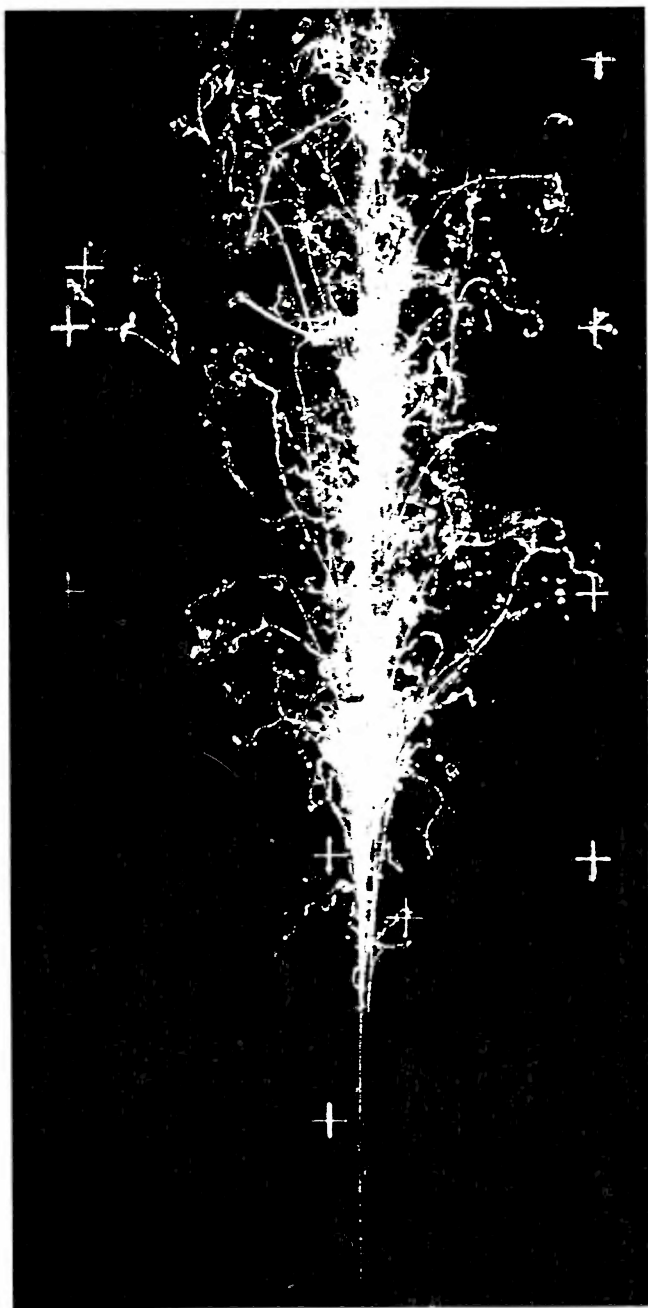
Rys. 1. Tworzenie pary elektronu i pozytonu przez kwant gamma w polu kulombowskim jądra atomu

Jeżeli energia fotonu jest znaczna, może on wytworzyć wiele par elektronów i pozytonów. Obserwujemy wówczas tzw. kaskadę pozytonowo-elektronową. Kaskada taka, rozwijająca się w ksenonowej komorze pęcherzykowej jest pokazana na rys. 3. Jednakże widoczna tu gmatwanina torów pozytonów i elektronów jest wynikiem wielu oddzielnych procesów powstawania każdorazowo tylko jednej pary  $e^+ - e^-$ . Ponadto część torów elektronowych pochodzi od elektronów wybitych z atomów przez nadbiegające fotony, pozytony i elektrony.

Poza oddziaływaniami elektromagnetycznymi występują w przyrodzie jeszcze tzw. oddziaływania słabe. Są one m.in. odpowiedzialne za promieniotwórczość niektórych jąder atomowych emitujących elektrony lub pozytony w postaci promieni beta. Kwantami przenoszącymi to oddziaływanie są bozony pośredniczące słabych oddziaływań – neutralny  $Z^0$  oraz naładowane  $W^\pm$ . W procesie powstawania nowych cząstek bozon  $Z^0$  zachowuje się podobnie do fotonu powodując powstanie par składających się z cząstki i jej antycząstki. Czasami jest on nazywany „ciężkim fotonem”. Jednakże w procesie powstawania nowych cząstek różni się on istotnie od fotonu. Powstająca wraz ze swą antycząstką cząstka może być w tym wypadku elektrycznie (elektromagnetycznie) obojętna, może np. powstawać para neutrino-antineutrino. Ponadto w odróżnieniu od bezmasowego fotonu, bozon  $Z^0$  posiada znaczną masę spoczynkową. Para cząstka-antycząstka może więc powstawać bez konieczności włączenia w ten proces obiektu dodatkowego dla spełnienia zasad zachowania energii i pędu. Podobnie jak foton i bozon  $Z^0$ ,



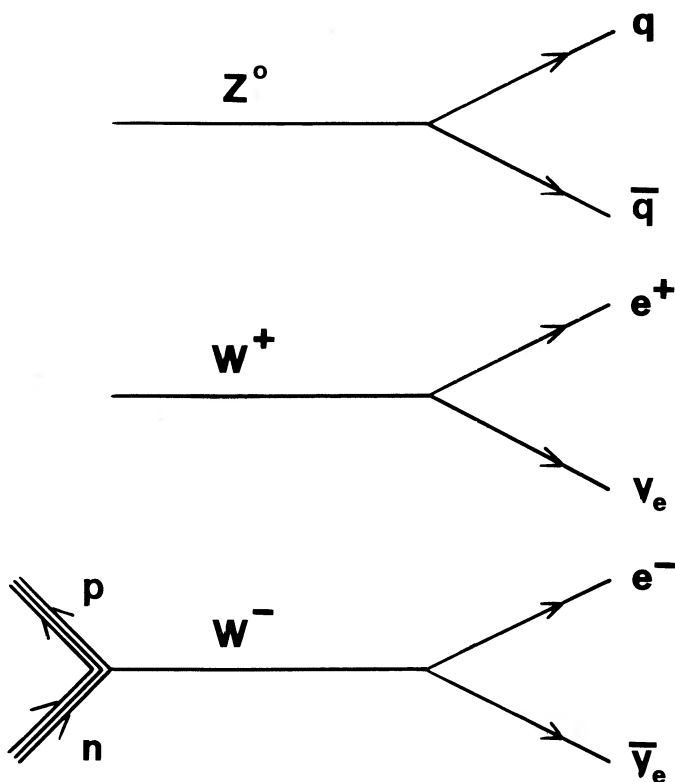
Rys. 2. Powstanie dwóch par elektronowo-pozytonowych utworzonych przez dwa kwanty gamma pochodzące z rozpadu mezonu  $\pi^0$ , który został wyemitowany z rozpadu mezonu  $K^-$



Rys. 3. Kaskada elektronowo-pozytonowa wywołana w ksenonowej komórce pęcherzykowej przez wysokoenergetyczny kwant gamma



bozony naładowane  $W$  także prowadzą do powstania par cząstek. Jednakże w tym przypadku para ta w całości musi nieść ładunek elektryczny bozonu, nie może się więc składać z cząstki i jej antycząstki. Może to być np. elektron i antyneutrino elektronowe, jak to ma miejsce w rozpadzie beta neutronu, gdy ten przekształcając się w proton wysyła wirtualny bozon  $W^-$ , z którego powstaje elektron beta i antyneutrino (rys. 4).



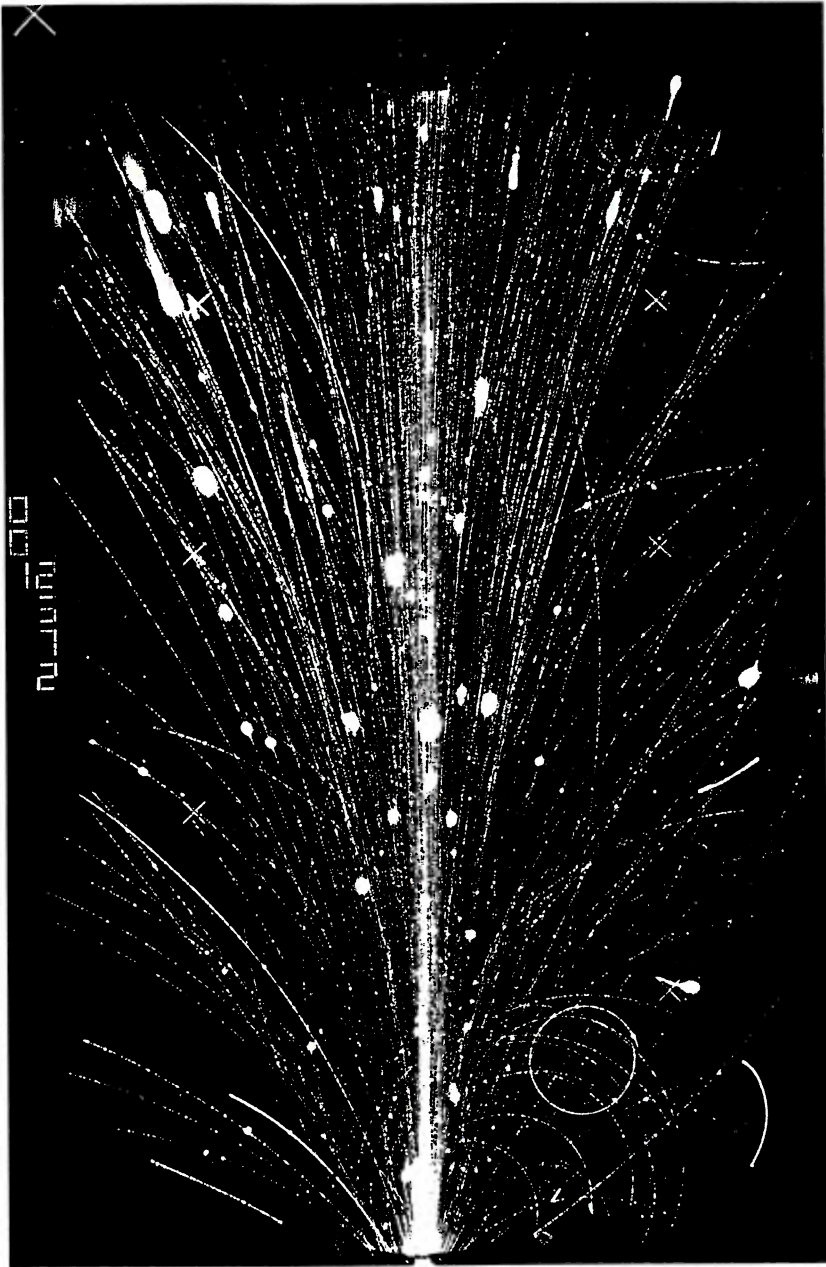
Rys. 4. Przykłady rozpadów bozonów  $Z^0$  i  $W$ . Dla bozonu  $W^-$  pokazana jest jego rola jako cząstki wirtualnej w rozpadzie beta neutronu

Podobnie jak zjawiska elektryczne i magnetyczne są dwoma różnymi przejawami jednego wspólnego oddziaływania zwanego elektromagnetycznym, zjawiska zachodzące pod wpływem oddziaływań słabych są jak gdyby rozszerzeniem zjawisk elektromagnetycznych. Łącznie powstają one pod wpływem oddziaływania elektroslabego. Oddziaływanie to jest przenoszone przez fotony i bozony  $Z^0$  oraz bozony  $W$ . Nośniki te prowadzą do powstawania każdorazowo tylko jednej pary cząstek (rys. 2-4).

Ten prosty mechanizm nie rozciąga się jednak na procesy zachodzące pod wpływem kolejnego występującego w przyrodzie oddziaływania zwanego oddziaływaniem silnym. W wyniku tego oddziaływania powstaje na ogół w jednym akcie równocześnie nie para, lecz wiele nowych cząstek (rys. 5). Nośnikiem silnych oddziaływań jest także bozon, podobnie jak to ma miejsce w oddziaływaniach elektroślabych. Nazywamy go gluonem od angielskiego słowa *glue* czyli klej. Gluon jest kwantem pola oddziaływań silnych, podobnie jak foton jest kwantem oddziaływań elektromagnetycznych. Od fotonu różni się jednak m.in. tym, że stała jego oddziaływania jest dużo większa niż stała oddziaływania elektromagnetycznego  $\alpha$ . Zjawiska, za które jest odpowiedzialna wymiana gluonu(ów) nie są więc zdominowane przez proste mechanizmy z udziałem możliwie małej liczby tych bozonów, a powstawanie cząstek w wyniku oddziaływań silnych jest procesem, dla którego nie potrafimy stworzyć ścisłej teorii jak to ma miejsce dla oddziaływań elektroślabych. Dotyczy to w szczególności powstawania silnie oddziałujących cząstek – barionów i mezonów objętych wspólną nazwą hadronów – w wyniku zderzeń wysokoenergetycznych mezonów, protonów lub jąder atomów. Zderzające się cząstki są bowiem układami złożonymi, zbudowanymi z kwarków i antykwarków zanurzonych w chmurze zespalających je gluonów.

Rozważmy jednak prostszy przypadek, gdy hadrony powstają w wyniku wytworzenia pary kwark-antykwar. Ma to np. miejsce, gdy dwie przeciwbieżne wiązki elektronów i pozytonów o wysokich energiach zderzają się ze sobą. Wpadające na siebie elektron i pozyton przestają istnieć i powstaje wirtualny kwant gamma lub bozon  $Z^0$ . Te z kolei tworzą parę kwark-antykwar. Jak wiemy, ani kwarki ani antykwarki nie są obserwowane jako swobodne cząstki. Zamiast nich obserwujemy pęki (dżety) mezonów powstałych w wyniku oddalania się od siebie kwarku i antykwarku. Aby zrozumieć mechanizm powstawania pęków mezonów rozważmy następującą analogię.

Wyobraźmy sobie, że stała oddziaływania elektromagnetycznego wynosi nie ok.  $1/137$ , lecz jest znacznie, znacznie większa. Zastanówmy się, jak wówczas mógłby przebiegać proces oderwania elektronu od protonu w atomie wodoru. Oddalający się elektron zwiększa energię potencjalną układu. Z chwilą gdy przekroczy ona wartość  $2m_e c^2$ , tworzy się para elektron-pozyton. Elektron lokuje się na bohrowskiej orbicie atomu wodoru, a pozyton wraz z pierwotnym, wyrwanym z atomu wodoru elektronem tworzy neutralne pozytonium. Ewentualna nadwyżka energii zamienia się na energię ruchu dwóch elektrycznie neutralnych układów, atomu wodoru i pozytonium. Gdy jednak uda nam się oddalić elektron od protonu znacznie dalej tak, że energia potencjalna będzie kilkakrotnie większa od  $2m_e c^2$ , to może zostać wytworzonych wiele par elektronów i pozytonów prowa-



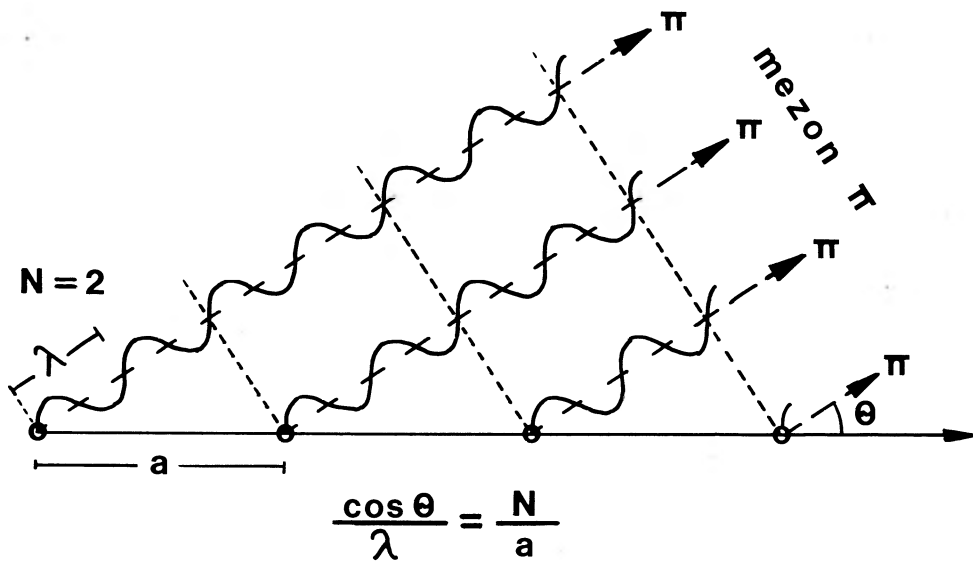
Rys. 5. Jednoczesna produkcja wielu hadronów w wysokoenergetycznym zderzeniu dwóch jąder atomowych

dząc do powstania poza atomem wodoru wielu pozytoniów. Obserwowalibyśmy wtedy pęk pozytoniów podobny do pęku mezonów tworzonego przy oddalaniu się kwarku od antykwarku. Natomiast nie obserwowalibyśmy swobodnego protonu, elektronów czy pozytonów, które natychmiast wiązałyby się w neutralne atomy wodoru i pozytonia, tak jak nie obserwujemy swobodnych kwarków, lecz mezony będące związanymi układami kwark-antykwark.

Odrywanie elektronu od protonu mogłoby jednak mieć inny przebieg. Wyrwany z atomu wodoru elektron uzyskuje przyspieszenie, a to powoduje, że emituje on kwanty gamma. Emisja ta jest bardzo intensywna, ponieważ rozważamy hipotetyczny przypadek, gdy stała  $\alpha$  jest bardzo duża. Kwanty gamma z kolei zamieniają się w pary elektronowo-pozytonowe i rozwija się kaskada tych cząstek. W wyniku kolejnych emisji kwantów gamma ruch względny niektórych pozytonów i elektronów staje się niewielki i zaczynają się one wiązać tworząc pozytonia. W końcowym etapie rozwoju kaskady wszystkie wytworzone pozytony są związane w pozytoniach, a jeden elektron, który nie znalazł odpowiedniego pozytonu, tworzy z protonem atom wodoru. Stan końcowy tego scenariusza jest więc bardzo podobny do scenariusza poprzedniego. W obydwu wypadkach oczekujemy powstania strumienia pozytoniów podążających w kierunku ruchu wyrwanego z atomu wodoru elektronu.

Jak to już zostało wspomniane, nie istnieje ścisła teoria opisująca zjawisko powstawania hadronów (głównie mezonów) z układu kwark-antykwark. Istnieje natomiast wiele modeli teoretycznych tego procesu. Większość z nich to kwarkowo-antykwarkowe analogie przytoczonych powyżej dwu scenariuszy jonizacji atomu wodoru, gdyby stała  $\alpha$  była bardzo duża. Według jednej klasy modeli mezony powstają, gdy energia potencjalna pola oddziaływań silnych rozpiętego pomiędzy kwarkiem i antykwarkiem zmienia się w pary kwark-antykwark [1]. Druga klasa modeli tłumaczy powstanie mezonów jako końcowy etap rozwoju kaskady kwarkowo-antykwarkowo-gluonowej [2].

Według obydwu modeli mezony powstają w punktach przestrzennie rozłożonych wzdłuż kierunku ruchu kwarku (antykwarku). Dla obserwowanego mezonu nie jest jednak możliwe stwierdzenie, z którego konkretnego punktu został on wyemitowany. Prawdopodobieństwo jego obserwacji powinno więc być kwadratem sumy amplitud pochodzących od wszystkich możliwych punktów emisji. Rozważmy najprostszy przypadek, gdy punkty te są rozłożone regularnie ze stałym odstępem  $a$  (rys. 6). Amplitudy pochodzące od kolejnych punktów będą się dodawać wówczas, gdy długość fali mezonu  $\lambda$  wysłanego pod kątem  $\theta$  będzie spełniała związek  $N\lambda = a \cos \theta$  gdzie  $N$  jest liczbą naturalną. Związek ten można napisać w postaci  $\cos \theta / \lambda = N/a$ . Wyrażając pęd mezonu  $p$  i długość jego fali  $\lambda$  w odpowiednich jednostkach mamy związek  $p = 1/\lambda$ , tzn. im większy jest pęd



Rys. 6. Koherentne dodawanie amplitud produkowanego hadronu od wielu punktowych źródeł

mezonu, tym mniejsza jest długość jego fali. Wyrażenie  $\cos \theta / \lambda$  jest składową pędu mezonu w kierunku lotu pierwotnego kwarku,  $p_L$ . Składową tę nazwijmy pędem podłużnym mezonu. Otrzymany związek mówi nam, że amplitudy pochodzące od wszystkich punktów emisji będą się dodawać, gdy pęd podłużny mezonu będzie całkowitą wielokrotnością  $p^0 = 1/a$ . Powinniśmy więc w widmie pędów podłużnych mezonów powstających z układu kwark-antykwarik obserwować szereg maksimów następujących po sobie w odległości  $p^0 = 1/a$ . Zaobserwowanie takiej struktury w widmach pędów podłużnych powstających mezonów przekonałoby nas, że nasze wyobrażenie o mechanizmie ich powstawania odpowiada rzeczywistości fizycznej. Ponadto uzyskalibyśmy informację o odległości pomiędzy kolejnymi punktami emisji mezonów, co wzbogaciłoby naszą wiedzę o własnościach pola silnych oddziaływań.

Na przeszkodzie zaobserwowania przewidywanej w ramach przedstawionych rozważań struktury liniowej w rozkładach pędu podłużnego mezonów stoi szereg czynników. Jednym z nich jest to, że obserwowane mezony w dużej części nie powstają w pierwszym stadium zderzenia, lecz są produktami rozpadu innych cięższych mezonów takich jak  $\rho$ ,  $\omega^0$ ,  $f^0$  i in. Ponadto w poszczególnych zderzeniach elektronów z pozytonami powstawanie punktowych źródeł mezonów może przebiegać nieco inaczej i odległość  $a$  pomiędzy nimi może się zmieniać od zderze-

nia do zderzenia. Spowoduje to, że i w rozkładzie pędów podłużnych odległości pomiędzy maksimami będą nieco inne dla każdego zderzenia. Kolejną trudnością zacierającą maksima w rozkładzie pędów podłużnych jest niedokładne odtworzenie kierunku ruchu kwarku. Przybliżona rekonstrukcja tego kierunku powoduje, że niedokładnie wyznaczamy wartości pędów podłużnych, co powoduje dalsze rozmywanie maksimów rozkładu.

Obecnie fizycy dysponują jednak milionami zderzeń elektronów z pozytonami w obszarze energii równej masie spoczynkowej bozonu  $Z^0$ . Większość tych zderzeń prowadzi do powstania par kwark-antykwar. Analiza tych danych powinna w niedługim czasie wyjaśnić, czy przewidywania przedstawionego mechanizmu powstawania hadronów znajdują potwierdzenie.

### Literatura

- [1] B. Anderson i in., *Phys. Rep.* **97**, 33 (1983).
- [2] G. Marchesini, B.R. Webber, *Nucl. Phys. B* **238**, 1 (1984).

**Chandrashekar J. Joshi**

*University of California  
Los Angeles, USA*

**Paul B. Corkum**

*Steacie Institute, National Research Council  
Ottawa, Canada*

## **Oddziaływanie skrajnie intensywne światła laserowego z materią\***

### **Interactions of ultra-intense laser light with matter**

*Abstract:* Tabletop pulsed lasers capable of delivering terawatts of peak power are beginning to have a revolutionary effect on atomic physics, plasma physics and accelerator technology.

Kiedy laser zadebiutował w 1960 r. mawiano o nim, że jest to urządzenie szukające zastosowań. Dziś został uznany za jeden z ważniejszych wynalazków XX w. Lasery używane są niemal we wszystkich dziedzinach nauki i techniki, stały się również powszechne w życiu codziennym: od czytników kodów kreskowych w domach towarowych do odtwarzaczy płyt kompaktowych. Dzięki postępowi, jaki dokonał się ostatnio w budowie laserów skrajnie dużej mocy, zostały stworzone pasjonujące możliwości badania oddziaływań promieniowania laserowego z materią, poczynwszy od oddziaływania z pojedynczymi atomami, aż do zjawisk kolektywnych w plazmie.

Obecnie umiemy wytwarzać impulsy laserowe trwające krócej niż pikose-

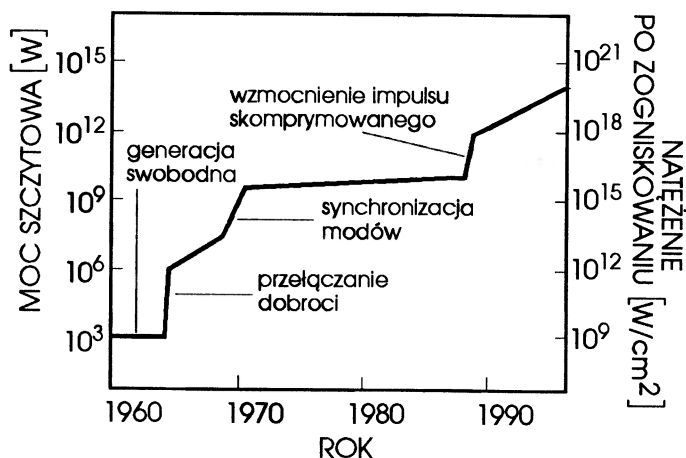
---

\*Artykuł, opublikowany w *Physics Today* 48, nr 1, 36 (1995), został przetłumaczony za zgodą Autorów i Wydawcy [Translated with permission. Copyright ©1995 by American Institute of Physics] (przyp. Red.).

kunda i osiągnące po zogniskowaniu natężenia ponad  $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup>. Przy takich natężeniach każdy ośrodek można łatwo zjonizować i otrzymać plazmę. Swobodne elektrony w polu laserowym zaczynają oscylować z relatywistycznymi prędkościami, a impulsy promieniowania mogą wywierać na ośrodek ciśnienia rzędu gigabarów. Tak ekstremalne warunki to nie tylko nowe możliwości badawcze, ale również nadzieja na wiele ważnych zastosowań, takich jak akceleratory o małych rozmiarach i dużych gradientach pola, reaktory laserowej syntezy jądrowej czy pikosekundowe źródła promieniowania X.

### 1. Skrajnie silne źródła laserowe

Od czasu kiedy wynaleziono laser impulsowy, jego moc szczytowa wzrosła o 12 rzędów wielkości (rys. 1). W latach 60-ych przejście od generacji swobodnej, poprzez zmianę dobroci rezonatorów optycznych, do laserów z synchronizacją modów, dało w efekcie w impulsach pikosekundowych moce szczytowe rzędu gigawatów. W ciągu następnych lat, dzięki układom wzmacniaczy laserowych, otrzymano impulsy o jeszcze wyższych mocach szczytowych.



Rys. 1. Dzięki wprowadzaniu coraz to nowych metod, moc szczytowa laserów impulsowych w ciągu ostatnich 35 lat wzrosła o 11 rzędów wielkości. Skala po prawej pokazuje natężenie promieniowania, jakie można otrzymać w zogniskowanej wiązce laserowej (dzięki uprzejmości M.D. Perry'ego z Laboratorium im. Lawrence'a w Livermore)

Gdyby jedynymi ograniczeniami przy wzmacnianiu krótkich impulsów były wzmocnienie, szerokość pasma i magazynowanie energii, to impulsy o mocy rzędu terawatów ( $10^{12}$  W) byłyby szeroko stosowane już przed dwudziestoma laty. Jed-



nak ze względu na nieliniowe zjawiska optyczne, które mogą działać niszcząco na wiązkę laserową, niemal we wszystkich ośrodkach wzmacniających (lub w ograniczających je okienkach) istnieją sztywne ograniczenia na natężenie światła, jakie można otrzymać z lasera o danej aperturze. I tak, nieliniowy współczynnik załamania szkła ogranicza natężenie szczytowe dopuszczalne w laserze neodymowym do około  $10^9$  W/cm<sup>2</sup>. Dlatego systematyczny postęp w budowie laserów o krótkich impulsach, jaki dokonywał się w latach 70-ych i wczesnych 80-ych, i który ostatecznie doprowadził do otrzymania impulsów femtosekundowych, miał niewielki wpływ na rozwój laserów dużej mocy.

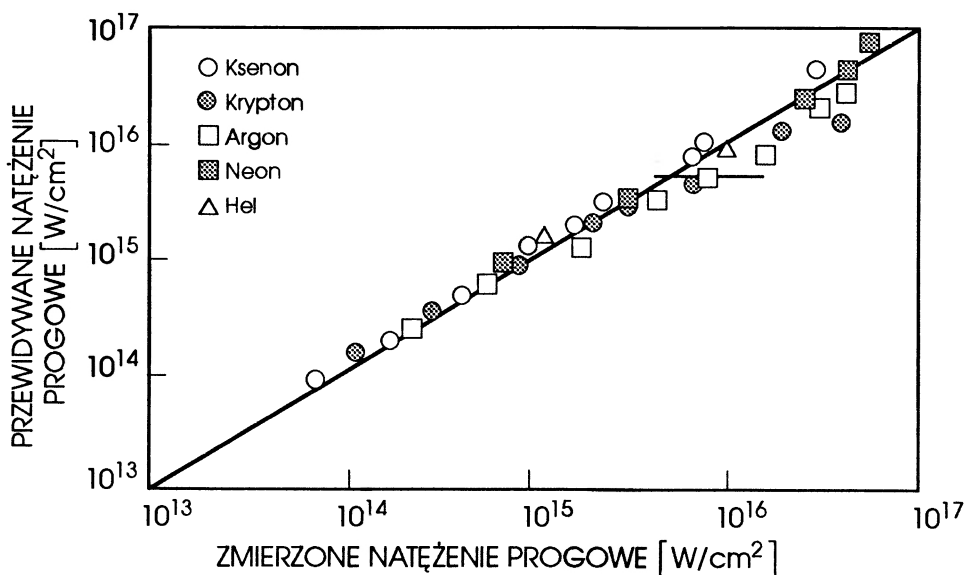
Sytuacja uległa gwałtownej zmianie w połowie lat 80-ych, kiedy zastosowano wzmacnianie impulsu „skomprymowanego” (ang. chirped) [1]. Ultrakrótki impuls można skomprymować przepuszczając go przez dyspersyjną linię opóźniającą, co wydłuża jego czas trwania nawet  $10^4$  razy i odpowiednio zmniejsza moc chwilową. W takim dyspersyjnie rozciągniętym, czyli skomprymowanym impulsie, długość fali zależy od czasu. Następnie sprzężona linia opóźniająca może zniwelować ten efekt, przywracając impulsowi jego pierwotny czas trwania. Impuls jest wzmacniany pomiędzy dwiema liniami opóźniającymi, wtedy gdy jest rozciągnięty. Taki długi impuls o małej mocy można wzmocnić aż do energii nasycenia wzmacniacza, przy czym wzmacniany impuls zostaje tak zakodowany, że można go zrekonstruować jako ultrakrótki i o bardzo dużej mocy szczytowej. W tej metodzie wytwarzania bardzo silnych i skrajnie krótkich impulsów, jako dyspersyjne linie opóźniające służą pary siatek dyfrakcyjnych.

Dzięki komprymowaniu można otrzymać w subpikosekundowym impulsie energię jednego dżula. Tego typu urządzenia o dużej mocy są często nazywane „laserami T do trzeciej”, od ang. table-top terawatt lasers, ponieważ kosztem paruset tysięcy dolarów można je zbudować na zwykłym stole laboratoryjnym. Oferują one nowe możliwości badawcze fizykom, chemikom i biologom w laboratoriach o skali uniwersyteckiej. W Laboratorium im. Lawrence’a w Livermore do badań nad laserową syntezą jądrową jest obecnie konstruowany laser petawatowy ( $10^{15}$  W). Po zakończeniu budowy będzie to światowy rekordzista wśród laserów dużej mocy.

## 2. Oddziaływanie z atomami

Silny impuls laserowy może zjonizować atom nawet wówczas gdy energia fotonu jest znacznie mniejsza od energii jonizacji. Jest to możliwe dzięki temu, że atom absorbuje wiele fotonów naraz. Wprawdzie jonizacja wielofotonowa była już dawniej szeroko badana (patrz np. [2]), ale dopiero teraz zaczyna się doceniać wyjątkowe własności ośrodków zjonizowanych w taki właśnie sposób.

Rozważmy najpierw sam proces jonizacji. Na rysunku 2 podane są zmierzone wartości natężeń progowych, potrzebne do otrzymania określonego stopnia jonizacji w szeregu gazów szlachetnych i natężenia progowe obliczone za pomocą modelu jonizacji poprzez obniżenie bariery (ang. barrier-suppression ionization – BSI) [3]. Jako natężenie progowe przyjmuje się takie, przy którym 1% atomów zostaje zjonizowany. W modelu BSI silne pole elektryczne lasera uwalnia związany elektron w wyniku skutecznej likwidacji kulombowskiego przyciągania jądra. Jak widać z rysunku, model ten zupełnie dobrze przewiduje natężenia progowe dla różnych stopni jonizacji gazów szlachetnych.



Rys. 2. Natężenia progowe jonizacji dla różnych gazów szlachetnych, oświetlonych silnym światłem laserowym. Przewidywania modelu jonizacji przez obniżenie bariery zostały wykreślone względem wartości zmierzonych (wg S. Augst i in. [3])

Zależność przedstawioną na rysunku 2 można ekstrapolować do natężeń  $10^{21}$  W/cm<sup>2</sup>. Przy tak niewyobrażalnie dużych natężeniach światła pola elektryczne są rzędu  $10^{14}$  V/m, a więc 100-krotnie przewyższają pole kulombowskie wiążące elektron w stanie podstawowym atomowego wodoru. Takie pole wystarcza, aby zjonizować uran do  $U^{82+}$  w czasie krótszym od pikosekundy. Gdy natężenie lasera staje się większe od progowego, szybkość jonizacji do danego stanu ładunkowego gwałtownie wzrasta. Oznacza to, że można teraz wytwarzać silnie zjonizowaną plazmę, składającą się z dobrze określonych ładunkowo jonów, po prostu używając lasera o odpowiednim natężeniu. To było nieosiągalne przed

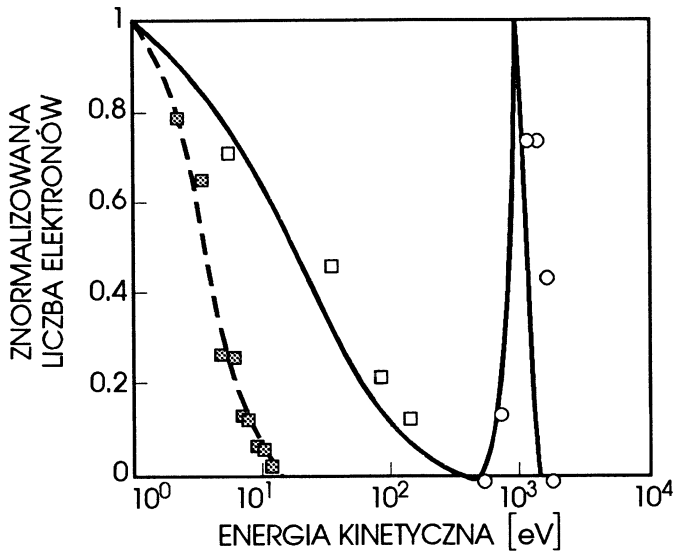
pojawieniem się impulsów laserowych o skrajnie wysokich mocach. Zobaczymy też, że możliwość kontrolowania stanu ładunkowego plazmy ma istotne znaczenie w pracach nad laserami rentgenowskimi.

Plazma o małej gęstości, wytwarzana dzięki jonizacji wielofotonowej, ma jeszcze wiele innych interesujących cech [4]. Przez małą gęstość rozumiemy, że czas zderzenia elektron-jon jest znacznie dłuższy od czasu trwania impulsu. Co decyduje o różnych własnościach takiej plazmy? Stan maksymalnej jonizacji, czyli ładunek najbardziej odartych atomów, zależy od szczytowego natężenia wiązki laserowej. Z drugiej strony, jeśli przyjmiemy, że natężenie lasera jest dostatecznie duże, to ostateczna gęstość plazmy jest wyznaczona przez wyjściową gęstość gazu. Natomiast o fizycznych rozmiarach plazmy decyduje rozkład natężenia światła laserowego.

Początkowe warunki w plazmie można również narzucić stosując prądy elektryczne i pola magnetyczne. Na przykład w jonizacji światłem spolaryzowanym kołowo, plazmie przekazywany jest moment pędu, co indukuje pole magnetyczne mogące dochodzić do megagaussów. Po przejściu krótkiego impulsu laserowego o natężeniu  $I$ , długości fali  $\lambda$  i polaryzacji  $p$ , średnia energia elektronów w plazmie dana jest przez  $Uf(p)$ , gdzie w  $f(p)$  tkwi zależność od polaryzacji, a  $U$ , energia oscylacji elektronu w polu laserowym, jest proporcjonalna do  $\lambda^2 I$ . Można zatem wpływać na rozkład energii elektronów zmieniając po prostu polaryzację lub długość fali jonizującego światła laserowego.

Rysunek 3 ilustruje tę możliwość na podstawie danych dotyczących jonizacji ksenonu. Pokazane są rozkłady energii kinetycznej elektronów, uwolnionych za pomocą impulsów laserowych o różnych długościach fali i o różnej polaryzacji. Używając pikosekundowych impulsów światła o długości fali  $10.6 \mu\text{m}$  (krzywa ciągła) Corkum i współpracownicy otrzymali drastyczną różnicę zmieniając po prostu polaryzację z liniowej (dane oznaczone kwadracikami) na kołową (kropki) [4]. Krzywa przerywana pokazuje rozkład energii elektronów wytworzony przez 0.4-pikosekundowe impulsy liniowo spolaryzowanego światła laserowego o długości fali 625 nm [5]. Różnice pomiędzy tymi zestawami danych wskazują na ogromne możliwości wpływania na początkowy rozkład energii elektronów w kierunku poprzecznym do kierunku rozchodzenia się wiązki laserowej.

Te rozkłady energii są nie tylko nietermiczne; są one również anizotropowe. W kierunku podłużnym plazma jest zimna. Taki wysoce nietermiczny ośrodek o dobrze określonych warunkach początkowych stanowi podstawę do rozszerzenia spektroskopii typu impuls pompujący-impuls próbujący na fizykę plazmy. Można teraz planować doświadczenia poświęcone badaniom szeregu procesów relaksacyjnych w plazmie, np. badaniu termalizacji elektron-elektron



Rys. 3. Rozkład energii kinetycznej elektronów, wytworzony przez jonizację ksenonu laserem impulsowym, zależy w istotny sposób od długości fali i polaryzacji światła laserowego. Dla pikosekundowych impulsów światła o długości fali  $10.6 \mu\text{m}$  (krzywa ciągła), otrzymuje się ogromną różnicę zmieniając polaryzację z liniowej (kwadraciki) na kołową (kropki) (P. Corkum i in. [4]). Pikosekundowe impulsy liniowo spolaryzowanego światła o długości fali  $625 \text{ nm}$  dają rozkład zaznaczony krzywą przerywaną [5]

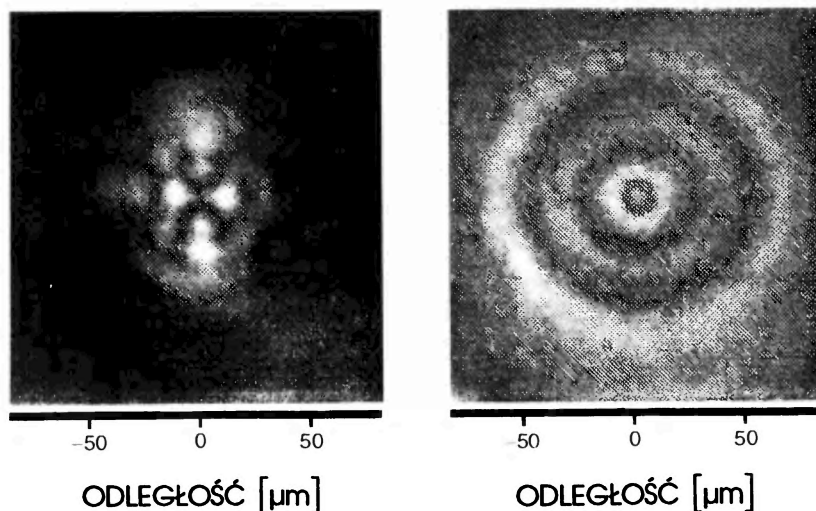
i elektron-jon, podobnie jak fizycy ciała stałego od lat badają procesy relaksacyjne w półprzewodnikach.

### 3. Lasery rentgenowskie i falowody plazmowe

Rozwój laserów o dużych natężeniach i krótkich impulsach został już wykorzystany w układach laserowych z obszaru promieniowania X [6], dla których ośrodkiem wzmacniającym jest laserowo wytworzona plazma. Jednym z takich układów jest tzw. rekombinacyjny laser rentgenowski: subpikosekundowy impuls laserowy służy do otrzymania gęstej, zimnej plazmy składającej się zżądanego rodzaju jonów. Rekombinacja wybiórczo obsadza wysokie stany energetyczne jonów, gdyż szybkość rekombinacji trójciałowej zależy od kwadratu gęstości elektronowej podzielonego przez temperaturę. Zależność taka, w połączeniu z szybszym zanikiem promienistym obsadzeń niższych poziomów, prowadzi do inwersji obsadzeń poziomów atomowych o głównych liczbach kwantowych nie przekraczających 4. W wyniku rekombinacji wodoropodobnej plazmy litowej, utworzonej

przez ultrakrótki impuls laserowy, Yutaka Nagata i jego koledzy z Instytutu Badań Fizycznych i Chemicznych w Japonii otrzymali w 1993 r. akcję laserową w dalekim nadfiolecie, przy 13.5 nm [6].

Długość ośrodka laserującego w zakresie promieniowania X można zwiększyć przez umieszczenie aktywnych atomów w falowodzie plazmowym, tworząc w efekcie laser światłowodowy. Do utworzenia falowodu w plazmie potrzeba, żeby rozkład gęstości elektronowej miał minimum wzdłuż osi, tak by współczynnik załamania był tam maksymalny. Charles Durfee i Howard Milchberg z Uniwersytetu stanu Maryland zademonstrowali ostatnio taki falowód plazmowy [7]. W celu uformowania falowodu gazowy ksenon, będący pod ciśnieniem 30 torów, został zjonizowany za pomocą zogniskowanego 100-pikosekundowego impulsu laserowego; otrzymana jednorodna plazma miała długość 6 mm. Po kilku nanosekundach termiczna ekspansja plazmy wytworzyła żądany, osiowo symetryczny rozkład gęstości. W tym falowodzie plazmowym został zogniskowany drugi impuls, próbkujący, o natężeniu  $10^{14}$  W/cm<sup>2</sup> i początkowej długości przewężenia (przedział Rayleigha) mającej zaledwie 300  $\mu$ m. Ten „światłowód plazmowy” prowadził impuls wzdłuż całej swojej długości, co udowodniło słuszność pomysłu prowadzenia impulsów laserowych o dużym natężeniu w falowodzie plazmowym (patrz rys. 4). Falowody plazmowe są również potrzebne w akceleratorach cząstek (do czego jeszcze dojdziemy) i do kompresji impulsów laserowych dużej mocy.



Rys. 4. Mody wyjściowe próbkującej wiązki laserowej, wychodzącej z falowodu plazmowego po 8 ns (z lewej) i po 16 ns (z prawej) od chwili wytworzenia falowodu [7]

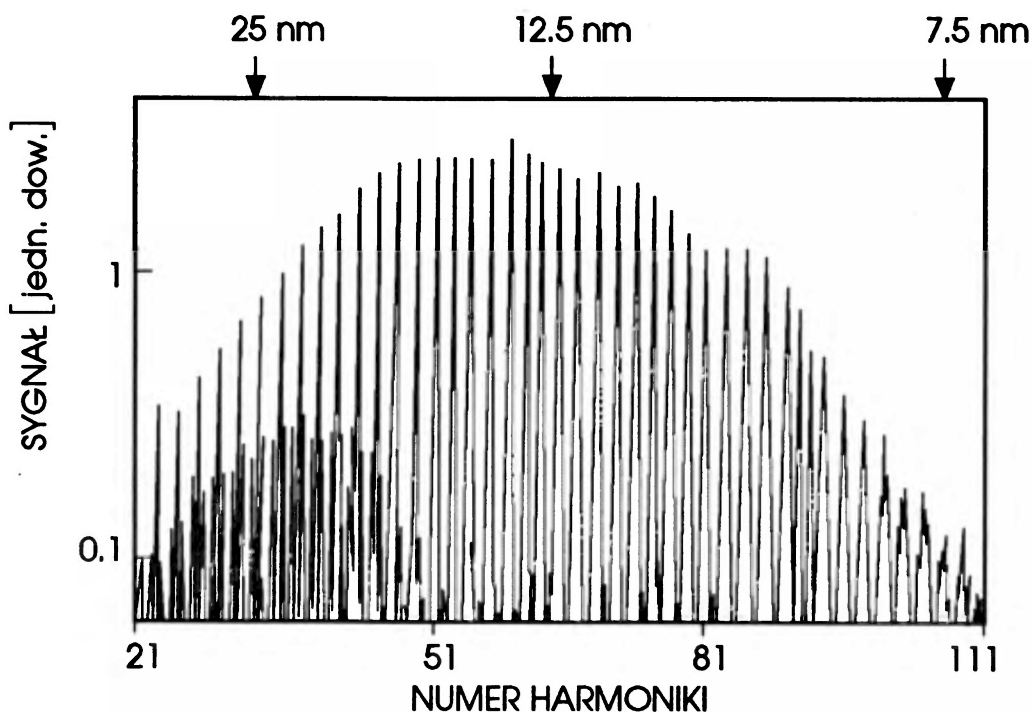
#### 4. Wyższe harmoniczne

Kiedy przed kilkoma laty po raz pierwszy zogniskowano ultrakrótkie impulsy laserowe w bardzo gęstym strumieniu gazu, kilka zespołów badawczych zaobserwowało zdumiewające zjawisko: badane jony generowały skrajnie wysokie nieparzyste harmoniczne częstości światła laserowego [8]. Otrzymane w ten sposób widmo harmonicznych ma dwie charakterystyczne cechy. Najpierw, do mniej więcej dziesiątej harmonicznej, wydajność konwersji gwałtownie spada. Potem następuje *plateau*, gdzie wydajność konwersji (rzędu  $10^{-8}$ – $10^{-9}$ ) zmniejsza się dość powoli. W najnowszych doświadczeniach ze skrajnie krótkimi impulsami osiągnięto 135 harmoniczną promieniowania padającego o długości fali  $1.05 \mu\text{m}$  [8]. Te bardzo wysokie harmoniczne wykazują odcięcie przy energii fotonu około 3-krotnie większej od energii drgań elektronu  $U$ .

Do niedawna nie mieliśmy półklasycznego wyjaśnienia ani generacji wysokich harmonicznych, ani jej gwałtownego odcięcia przy  $3U$ . Generację wysokich harmonicznych można traktować jako rodzaj promieniowania hamowania, wynikającego ze zderzeń uwolnionych elektronów z jonami. Ale w przeciwieństwie do zwykłego, ciągłego widma, emitowane są dyskretne harmoniczne częstości promieniowania laserowego. Dzieje się tak, ponieważ w trakcie procesu jonizacji elektrony przenikają przez barierę potencjału tylko w ściśle określonych przedziałach okresu drgań pola laserowego. Chwila zderzenia z jądrem nie jest więc przypadkowa. Zderzenia uprzednio uwolnionych elektronów, oscylujących w polu laserowym, zachodzą okresowo i podobny charakter ma wynikające stąd promieniowanie hamowania.

Energia fotonu harmonicznego może stać się równa chwilowej energii kinetycznej elektronu plus energia jonizacji  $E_i$ . Można pokazać, że maksymalna energia możliwa do osiągnięcia przy emisji harmonicznych wynosi w przybliżeniu  $3U + E_i$ . Opisane zjawiska rekombinacji są odpowiedzialne za generację wyższych harmonicznych z obszaru *plateau*. Przy generacji niższych harmonicznych dochodzą, a nawet mogą dominować, inne procesy rozpraszania elektronów.

Rysunek 5 pokazuje widmo harmonicznych otrzymane przez J.J. Macklina i jego kolegów z Uniwersytetu Stanforda [8], którzy używali impulsów 125-femtosekundowych o długości fali 800 nm, zogniskowanych w tarczy z neonu pod ciśnieniem 13 torów i o grubości 2.5 mm; natężenie szczytowe sięgało  $10^{15} \text{ W/cm}^2$ . Udało się zaobserwować skrajnie wysokie harmoniczne promieniowania pompującego. Pomiedzy 21 i 111 harmoniczną natężenia wyjściowe zmieniały się niewiele więcej niż 10 razy.



Rys. 5. Widmo wysokich harmoniczných otrzymano z impulsu światła laserowego o długości fali 800 nm, zogniskowanego w tarczy z neonu do natężenia szczytowego  $10^{15}$  W/cm<sup>2</sup> (wg J.J. Macklin i in. [8])

Generacja harmoniczných w wyniku oddziaływania ultrakrótkich impulsów laserowych z gazami szlachetnymi okazała się jednym z najtańszych sposobów otrzymywania intensywnego, spójnego promieniowania o granicznych długościach fali w nadfiolecie rzędu 10 nm. Pierwszym zastosowaniem tej metody jest pomiar przekroju czynnego na fotojonizację neonu w przedziale 20 – 100 eV, wykonany przez K. Budila i współpracowników w Livermore [8]. W przeszłości takie pomiary w dalekim nadfiolecie wymagały dostępu do dużych, drogich urządzeń wytwarzających promieniowanie synchrotronowe.

Generacja wysokich harmoniczných jest tylko jednym z wielu zjawisk zachodzących wtedy, gdy elektrony powracają w pobliże jądra, spod wpływu którego dopiero co uciekły na początku pierwszego okresu oscylacji laserowej. Taki elektron może na przykład w czasie swojego powrotu ulec nieelastycznemu rozproszeniu i uwolnić następný. Taką „wielofotonową podwójną jonizację” zaobserwowano ostatnio przy jonizacji helu światłem laserowym o długości fali 0.6  $\mu\text{m}$  [9].

## 5. Plazma z ciał stałych

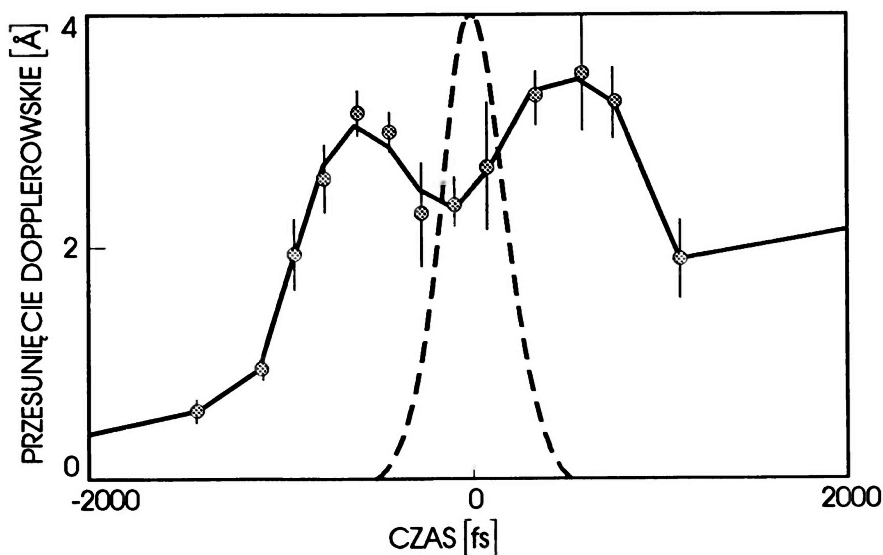
Nasze dotychczasowe rozważania ograniczały się do plazmy rozrzedzonej, otrzymywanej przez laserową jonizację gazów. Natomiast kiedy silny, krótki impuls laserowy pada na tarczę krystaliczną, wówczas czasy zderzeń elektron-jon są o wiele krótsze od czasu trwania impulsu. Tak więc to czas trwania impulsu wyznacza szybkość zmian temperatury w plazmie uformowanej z ciał stałych. Rozszerzanie się takiej plazmy o dużej gęstości, rozmywające nieciągłość gęstości na powierzchni ciała stałego, zachodzi jeszcze wolniej. Zatem promieniowanie optyczne tak naprawdę oddziałuje z ciągle zestaloną tarczą. W rezultacie w takich eksperymentach widzi się zarówno krótki błysk promieniowania o widmie ciągłym, jak i dyskretne emisyjne linie rentgenowskie [10].

Emisja promieniowania X z tarczy krystalicznej może trwać krócej niż pikosekundę. Wprawdzie promieniowanie to jest niespójne, ale w przedziale 1 – 10 keV może mieć moc szczytową o wiele rzędów wielkości przewyższającą tę, jaką otrzymuje się ze źródeł promieniowania synchrotronowego. Takie krótkie, intensywne impulsy promieniowania X umożliwiają pikosekundową rozdzielczość w wielu eksperymentach z chemii i biologii. Mając lasery o mocach rzędu terawatów i częstościach repetycji rzędu kiloherców, co wydaje się tylko kwestią czasu [1], można byłoby wykorzystać promieniowanie X z takiej gęstej plazmy w rentgenowskiej litografii i obrazowaniu.

Przy  $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup> ciśnienie światła ultrakrótkiego impulsu laserowego osiąga 0.3 gigabara, a więc może być większe od termicznego ciśnienia w plazmie niskotemperaturowej, której gęstość jest ciągle jeszcze porównywalna do gęstości ciała stałego, z którego powstała. Wobec tego ciśnienie światła może przeciwdziałać rozszerzaniu się plazmy. Zjawisko to, znane jako modyfikacja profilu gęstości, zbadano już we wczesnych doświadczeniach nad laserową syntezą jądrową, kiedy stosowano dłuższe impulsy laserowe. Ostatnio X.B. Liu i Donaldowi Umstadterowi z Uniwersytetu stanu Michigan udało się zaobserwować zmniejszanie prędkości ekspansji plazmy w miarę wzrostu natężenia ultrakrótkich impulsów laserowych [11]. Mierzyli oni z femtosekundową rozdzielczością przesunięcie dopplerowskie impulsu próbującego, odbitego od rozszerzającej się plazmy, w czasie kiedy trwał jeszcze impuls pompujący tworzący tę plazmę. Jak widać z rys. 6, w pobliżu maksimum impulsu pompującego przesunięcie dopplerowskie impulsu próbującego zmniejsza się. Wynika stąd, że pod wpływem ciśnienia promieniowania, najwyższego w maksimum, prędkość rozszerzania się plazmy maleje.

Ciśnienie promieniowania bardzo silnego impulsu gra zasadniczą rolę w metodzie „szybkiego zapłonu”, która stanowi nową metodę otrzymania energii z ją-





Rys. 6. Przesunięcie dopplerowskie impulsu próbkującego (krzywa ciągła) odbitego od rozszerzającej się plazmy. Krzywa przerywana pokazuje przebieg czasowy impulsu pompującego, który tę plazmę wytwarza. Przesunięcie dopplerowskie pośrodku impulsu zmniejsza się, co dowodzi, że ciśnienie promieniowania przeciwdziała termicznej ekspansji plazmy (wg X.B. Liu, D. Umstadter [11])

drowej syntezy laserowej [12]. Schemat jest następujący: ciśnienie promieniowania krótkiego impulsu laserowego wierciłoby otwór w otoczce plazmowej zapadającej się granulki tak, by następny ultrakrótki impuls mógł przedostać się przez ten otwór i dotrzeć do zestalonej powierzchni. Na powierzchni granulki energia tego bardzo krótkiego impulsu zamieniałaby się w strumień elektronów o energiach rzędu MeV. Z kolei te gorące elektrony przekazywałyby swoją energię do ściśniętego paliwa deuterowo-trytowego, zapoczątkowując reakcję syntezy.

Pierwsze doświadczenia z tarczą krystaliczną, pokazujące, że takie gorące elektrony są generowane, wykonane zostały w zespole Stephena Harrisa z Uniwersytetu Stanforda [13]. Przy natężeniach około  $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup> rejestrowane były zarówno elektrony o energiach rzędu MeV, jak i promieniowanie rentgenowskie. Uwolnione elektrony tworzą silne pole ładunku przestrzennego, które przyspiesza jony do wyższych energii. A.P. Fews i współpracownicy z Laboratorium Rutherforda w Anglii zbadali ostatnio emisję szybkich jonów z plazmy z tarczy krystalicznej [13]. Stwierdzili oni, że aż 10% padającej energii laserowej zostało przekazanych jonom o energiach powyżej 100 keV na nukleon, przy średniej energii jonów 1.3 MeV. Tak wydajna produkcja jonów jest możliwa tylko wtedy, jeśli

porównywalna część energii padającego impulsu jest przekazywana gorącym elektronom. Jest to warunek konieczny syntezy o szybkim zapłonie.

## 6. Zjawiska kolektywne w plazmie

Co dzieje się, kiedy bardzo silny, krótki impuls laserowy oddziałuje z plazmą wytworzoną w jakiś inny sposób lub przez pole tego lasera? Taki impuls laserowy zmienia plazmę, np. wzbudzając fale plazmowe, z kolei plazma oddziałuje na impuls, modyfikując jego skład widmowy. Aby przekonać się, dlaczego fizyka oddziaływania zależy od długości impulsu i jego natężenia, pouczające jest rozważenie bardziej znanego typu oddziaływania pomiędzy długim impulsem laserowym i plazmą o gęstości mniejszej od krytycznej. Mówimy o plazmie, że ma gęstość mniejszą od gęstości krytycznej, jeśli częstość plazmowa  $\omega_p$ , dana przez  $(4\pi n_0 e^2 / m_e)^{1/2}$ , gdzie  $n_0$  jest gęstością elektronów, jest znacznie mniejsza od częstości lasera  $\omega$ . Częstość plazmowa jest to częstość z jaką uwolnione elektrony drgają wokół swoich położeń równowagi.

Długi impuls w takiej plazmie, powiedzmy trwający setki okresów plazmowych, może zapoczątkować jeden z wielu procesów parametrycznych, na przykład rozpraszanie ramanowskie [14] (w fizyce plazmy rozpraszanie ramanowskie uważa się za nieelastyczne rozpraszanie fotonu przez elektronową falę plazmową). W tym przypadku efekt narasta w miarę wzrostu oddziaływania pomiędzy rozpraszaną falą świetlną i falą plazmową.

Natomiast co się dzieje, kiedy impuls laserowy trwa krócej niż jeden okres plazmowy, albo jest tak silny, że prędkość drgań  $v_0$  elektronów plazmy w polu laserowym staje się bliska prędkości światła? Analiza oparta na oddziaływaniu fala-fala przestaje być poprawna, kiedy fala plazmowa ma mniej niż jedną długość fali. Tego rodzaju impulsy laserowe dają początek nowym zjawiskom, takim jak wzbudzanie smug plazmowych, podwyższanie częstości fotonu, relatywistyczne prowadzenie impulsów i relatywistyczna generacja harmoniczných.

Kiedy krótki, intensywny impuls laserowy przechodzi przez plazmę o gęstości mniejszej od krytycznej, siła ponderomotoryczna (siła działająca na elektrony w wyniku wymiany pędu pomiędzy polem laserowym i plazmą) oddziałuje na elektrony i pozostawia za sobą „smugę” (ang. wake) oscylacji, podobną do śladu wodnego za motorówką. Siła ponderomotoryczna, która wytwarza tę smugę, jest proporcjonalna nie do natężenia światła, ale do gradientu natężenia. Stąd dowolny impuls laserowy, stromo narastający lub opadający w skali  $c/\omega_p$  (grubość warstwy naskórkowej w plazmie bezzderzeniowej), będzie tworzył smugę. Szczególnie efektywny pod tym względem jest impuls laserowy równy połowie długości wypadkowej fali plazmowej, ponieważ oddziaływania z elektronami plazmy za-

równy jego części narastającej, jak i opadającej, są zgodne w fazie. Dla danej gęstości elektronów w plazmie optymalny czas trwania impulsu jest dany przez wyrażenie

$$\tau [\text{ps}] \approx 0.6 (10^{16}/n_0 [\text{cm}^{-3}])^{1/2}.$$

Ażeby wzbudzić smugę przy gęstościach plazmy rzędu  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , czas trwania impulsu laserowego musi być rzędu 100 femtosekund.

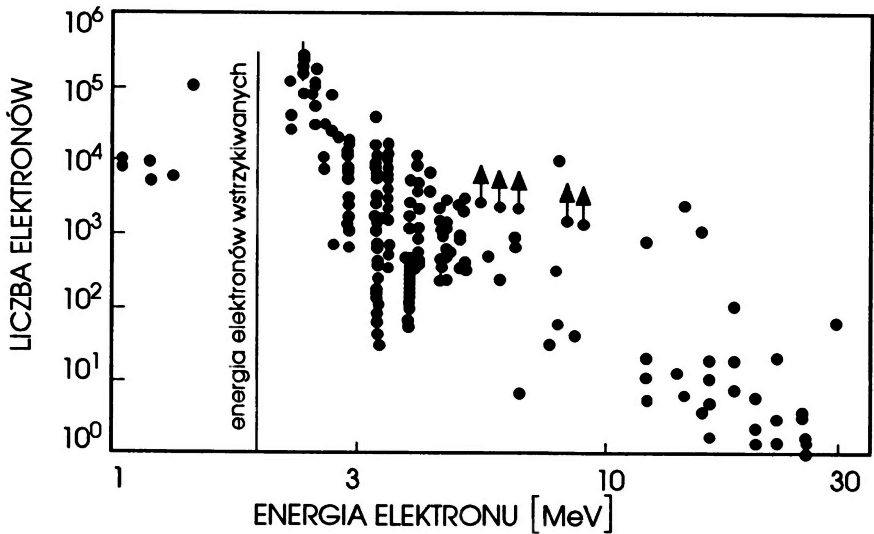
Jest interesujące, że prędkość fazowa w smudze plazmowej jest związana z prędkością grupową impulsu laserowego, która jest bliska  $c$ . Ponadto maksimum podłużnego pola elektrycznego, związanego z taką smugą, jest z grubsza równe  $v_0^2 n_0^{1/2}$ . Dla  $n_0$  rzędu  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  i  $v_0$  bliskiego  $c/2$  pola elektryczne są rzędu kilku GV/m – dużo większe niż można osiągnąć w konwencjonalnych falowodach częstotliwości radiowej. Właśnie z tego względu Toshiki Tajima i John Dawson, w klasycznej już publikacji z 1979 r. [15], zaproponowali wykorzystanie pola smug plazmowych do przyspieszania elektronów do energii rzędu teraelektronowoltów. Praca ta dała początek dziedzinie kolektywnego przyspieszania w oddziaływaniach plazma-fala (patrz artykuł Jonathana Wurtelego w *Physics Today* z lipca 1994, s. 33).

Zanim pojawiła się metoda wzmacniania impulsów skompresowanych, trudno było otrzymać subpikosekundowe silne impulsy laserowe i badania laserowo wytworzonych smug plazmowych sprowadzały się do prac czysto teoretycznych. Tymczasem za serię krótkich impulsów można uważać ciąg dudnień utworzony przez dwa przeciwbieżne impulsy świetlne o nieco różnych częstotliwościach. Jeżeli częstotliwość dudnień jest dopasowana do częstotliwości plazmowej, wówczas można rezonansowo wzbudzić relatywistyczną plazmową falę dudnieniową. W 1993 r. Joshi i koledzy z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Los Angeles (UCLA), używając lasera  $\text{CO}_2$  o dwu częstotliwościach, zdołali wzbudzić dudnieniową falę plazmową mającą szczytową modulację gęstości 30% powyżej tła. Wstrzykując do takiej fali, mierzącej około centymetra, elektrony o energii 2 MeV z akceleratora liniowego, zespół z UCLA zdołał je przyśpieszyć aż do 30 MeV (patrz rys. 7).

Przyrost energii jest proporcjonalny do modulacji gęstości fali. Z powyższych danych wynika, że osiągnął on wartość 3 GeV/m. Stwarza to ekscytujące perspektywy zbudowania niedużych (jeśli chodzi o wymiary) akceleratorów cząstek dla biochemii i fizyki wysokich energii.

## 7. Podwyższanie częstotliwości fotonów

Widmo krótkiego, intensywnego impulsu laserowego, który wytwarza plazmę w procesie jonizacji wielofotonowej, ulega dramatycznym zmianom na skutek zależnego od czasu zmniejszania się współczynnika załamania plazmy. To nieliniowe



Rys. 7. Rozkład energii elektronów przyspieszonych przez plazmową falę dudniową w eksperymencie z UCLA. Wstrzykiwane elektrony miały energię 2 MeV. Po przejściu 1 centymetra przez plazmę niektóre z nich zostały przyspieszone do 30 MeV, co oznacza przyrost energii równy prawie 3 GeV na metr (wg M. Everett i in. [16])

zjawisko optyczne nazywane jest automodulacją fazową. Podczas wzrostu natężenia impulsu laserowego w pewnej chwili zaczyna powstawać plazma, współczynnik załamania ośrodka zmniejsza się, co w konsekwencji przesunęło część impulsu w stronę fioletu. Takie zmiany częstości zostały pięknie pokazane w niedawnym doświadczeniu W.M. Wooda i jego kolegów z Uniwersytetu stanu Teksas [18]. Ogniskując w komórce z gazem impuls laserowy o energii rzędu milidżula i o długości fali 620 nm, zaobserwowali oni wywołane jonizacją przesunięcie ku fioletowi sięgające 30 nm. Rzeczywiście można zobaczyć zmianę barwy impulsu laserowego.

Automodulacja fazowa leży u podstaw wielu nieliniowych zjawisk optycznych. Na przykład umożliwiła we włóknach optycznych kompresję impulsów z 30 fs do 6 fs – są to najkrótsze dotychczas wytworzone impulsy świetlne. Również lasery szafirowe, obecnie szeroko rozpowszechnione w laboratoriach, mają mody zsynchronizowane za pomocą soczewek Kerra z automodulacją fazową.

Jeżeli zechcemy przetransponować którąś z technik automodulacji fazowej małej mocy do dużej mocy, lub małych długości fali, to jako ośrodek nieliniowy posłużą albo całkowicie uformowana plazma, albo zjonizowane gazy. Trwają prace nad możliwościami technicznych zastosowań automodulacji fazowej w plazmie. Na przykład użyto frontów jonizacji nie tylko do podwyższania częstości, ale rów-

niez do kompresji intensywnych, ultrakrótkich impulsów [19]. Tak naprawdę nie istnieją obecnie przeszkody, żeby dokonać kompresji we włóknach plazmowych. Joshi ze współpracownikami [20] pokazał, że wykorzystując czoło jonizacji wytworzone przez laser pikosekundowy, można w sposób ciągły podwyższyć częstotliwość mikrofal z 35 GHz do 173 GHz.

Dalsze możliwości wynikają z bogatych nieliniowych własności ośrodka plazmowego. Kiedy impuls laserowy jonizuje gaz, przez który przechodzi, czoło jonizacji działa na ośrodek pewną siłą. W odróżnieniu od zwykłej siły ponderomotorycznej, proporcjonalnej do gradientu natężenia światła, siła, o której mówimy, jest proporcjonalna do gradientu stałej dielektrycznej. Źródłem jej jest składowa podłużna pędu, przekazywanego przez wiązkę laserową podczas jonizacji nowo powstającym elektronom. Siła ta również może indukować smugę plazmową za czołem jonizacji.

Istnieje jeszcze inny fascynujący sposób podwyższania częstotliwości fotonów. Przy tworzeniu smugi krótki impuls laserowy traci swoją energię na rzecz fali plazmowej. Możliwy jest także proces odwrotny: krótki impuls światła może absorbować energię z już istniejącej fali plazmowej, jeśli zostanie wprowadzony w odpowiedniej fazie tej fali. Zamiast wzmacniać impuls świetlny, fala plazmowa zwiększa jego częstotliwość. Innymi słowy, wzrasta energia każdego fotonu, a nie ich liczba. Sytuacja jest analogiczna do wzmacniania naładowanych cząstek przez falę plazmową: każdy foton zyskuje energię i jest przyspieszany, ponieważ wzrasta częstotliwość laserowa  $\omega$ , a prędkość grupowa impulsu wynosi  $c(1 - \omega_p^2/\omega^2(\tau))^{1/2}$ . Stąd taka metoda zwiększania częstotliwości impulsu nosi nazwę „przyspieszania fotonu”.

Podobnie jak w przypadku przyspieszania cząstek, nie można w taki sposób przyspieszać fotonów stosując długie impulsy, ponieważ fotony trafiałyby zarówno na fazy przyspieszające, jak i opóźniające, to znaczy w obszary zarówno rosnących, jak i malejących gęstości plazmy. Wobec tego oddziaływanie długiego impulsu świetlnego z falą plazmową powoduje jedynie okresową modulację z częstotliwością plazmową  $\omega_p$ , dając w rezultacie pasma boczne o całkowitych wielokrotnościach  $\omega_p$ . Te nowe pasma boczne to znany szereg składowych stokesowskich i antystokesowskich, generowanych w ramanowskim rozpraszaniu do przodu w nieliniowych układach optycznych.

## 8. Inne procesy

We współpracy Livermore z UCLA obserwowano ostatnio nową wersję klasycznego, wymuszonego ramanowskiego rozpraszania do tyłu w układzie laser o krótkim impulsie–plazma [23]. Światło rozpraszane do tyłu ma osobliwy rozkład częstotliwości, zależny od natężenia impulsu laserowego. Poza tym widmo częstotliwości jest

bardziej krótkofalowe niż długość fali padającej. Różni się tym od klasycznego ramanowskiego rozpraszania do tyłu, w którym częstość fali padającej zmniejsza się w przybliżeniu o  $\omega_p$ . Jest to tylko jeden przykład fascynujących, nowych zjawisk, obserwowanych kiedy wkraczamy w nową dziedzinę efektów kolektywnych i krótkich impulsów laserowych. Jednym z bardziej interesujących przewidywań teoretycznych jest to, że szybkość narastania ramanowskiego rozpraszania do przodu, poniżej  $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup> zwiększająca się z natężeniem, stanie się równa zero dla ultrarelatywistycznych natężeń laserowych. (Przez ultrarelatywistyczne natężenie rozumiemy, że  $eE$  jest znacznie większe od  $m_e c \omega$ .) Wiele z tych koncepcji powinno dać się sprawdzić wykorzystując obecnie budowane lasery o mocach rzędu petawatów.

Kiedy  $eE$  jest większe od  $m_e c \omega$ , ruch elektronów plazmy w polu laserowym staje się relatywistyczny i istotną rolę zaczynają grać takie nowe zjawiska jak relatywistyczne prowadzenie impulsów, generacja harmonicznych i supergęste wnikanie ( $\omega < \omega_p$ ) [24].

W plazmie, tak jak i w innych nieliniowych ośrodkach optycznych, zachodzi samoogniskowanie impulsu laserowego, ponieważ współczynnik załamania jest mniejszy tam, gdzie natężenie promieniowania jest większe. W przeciwieństwie do samoogniskowania termicznego i ponderomotorycznego, które wynika z fluktuacji temperatury i gęstości, samoogniskowanie relatywistyczne jest spowodowane przez zmniejszanie się częstości plazmy wraz z relatywistycznym wzrostem masy elektronów, oscylujących w polu laserowym. Dla długich impulsów laserowych samoogniskowanie relatywistyczne ma próg mocy  $20 \omega^2 / \omega_p^2$  gigawatów. Zmiana współczynnika załamania zależy zarówno od zmiany masy elektronu, jak i od gęstości elektronowej. Tak więc przy krótkich impulsach smuga plazmowa również ma wpływ na współczynnik załamania, co powoduje, że w późniejszej fazie impulsu laserowego ogniskowanie zwiększa się.

Relatywistyczne prowadzenie impulsów świetlnych może też mieć istotne zastosowanie w przyspieszaniu kolektywnym. Teoretyczne maksimum wzmocnienia energii w akceleratorze plazmowym można osiągnąć tylko wtedy, gdy fala plazmowa istnieje na odcinku znacznie większym od przedziału Rayleigha. Do wzbudzenia dużej fali plazmowej niezbędne są impulsy laserowe o dużym natężeniu, a jednym ze sposobów utrzymania takiego natężenia jest prowadzenie relatywistyczne.

Innym ważnym efektem relatywistycznym jest generacja nieparzystych harmonicznych padającego światła laserowego. Wydajność tego procesu w plazmie o gęstości poniżej krytycznej jest raczej niewielka. Tymczasem duże oscylacje gęstości i relatywistyczne prędkości elektronów, spowodowane silnym, krótkim impulsem padającym na ostrą granicę supergęstej plazmy, mogą dać dużo większe

sprawności konwersji. Przy dłuższych impulsach ciśnienie promieniowania może znacząco „wyostrzyć” profil gęstości plazmy w punkcie gęstości krytycznej (tam gdzie  $\omega = \omega_p$ ), ponieważ jony mają wtedy czas na przemieszczanie się. Działanie silnego impulsu laserowego przy takim profilu gęstości stwarza bardzo dogodną sytuację do efektywnej generacji wysokich harmonicznych. Doświadczenia w Los Alamos, w których wiązka lasera CO<sub>2</sub> o natężeniu 10<sup>16</sup> W/cm<sup>2</sup> padała na plazmę z ciała stałego, pokazały, że można otrzymać harmoniczne aż do 46-jej [25].

Tłumaczyła Marianna Kraińska

Instytut Fizyki Doświadczalnej UW  
Warszawa

### Literatura

- [1] D. Strickland, G. Mourou, *Opt. Commun.* **56**, 216 (1985); M. Perry, G. Mourou, *Science* **264**, 917 (1994).
- [2] *J. Opt. Soc. Am. B*, **7** (1990), nr 4.
- [3] S. Augst, D. Strickland, D. Meyerhoff, S.L. Chin, J. Eberly, *Phys. Rev. Lett.* **63**, 2212 (1989); M. Perry, A. Szoeko, O. Landen, E. Campbell, *Phys. Rev. Lett.* **60**, 1207 (1988).
- [4] P.B. Corkum, N.H. Burnett, F. Brunell, *Phys. Rev. Lett.* **62**, 1259 (1989); N.H. Burnett, P.B. Corkum, *J. Opt. Soc. Am. B* **6**, 1196 (1989); P.B. Corkum, N.H. Burnett, F. Brunell, w: *Atoms in Intense Fields*, red. M. Gavrilu (Academic, New York 1992), s. 109; W. Lemans, C. Clayton, W. Mori, K. Marsh, A. Dyson, C. Joshi, *Phys. Rev. Lett.* **68**, 321 (1992); A. Offenberger, W. Blyth, A. Dangor, A. Djaoui, M. Key, Z. Najmudin, S. Wark, *Phys. Rev. Lett.* **71**, 3983 (1993).
- [5] R.R. Freeman, P.H. Bucksbaum, H. Milchberg, S. Darack, D. Schumacher, M.E. Geusic, *Phys. Rev. Lett.* **59**, 1092 (1987).
- [6] Y. Nagatasa, M. Midorikawa, S. Kubodera, M. Obara, H. Tashiro, K. Toyoda, *Phys. Rev. Lett.* **71**, 3774 (1993); B.E. Lemoff, G.Y. Yin, C.L. Gordon III, C.P.J. Barty, S.E. Harris, *Phys. Rev. Lett.* **74**, 1574 (1995).
- [7] C.G. Durfee III, H. Milchberg, *Phys. Rev. Lett.* **71**, 2409 (1993).
- [8] A. McPerson, G. Gibson, H. Jara, U. Johann, T.S. Luk, I. McIntyre, K. Bover, C. Rhodes, *J. Opt. Soc. Am. B* **4**, 595 (1987); A. L’Huillier, L. Lompre, G. Mainfray, C. Manus, w: *Atoms in Intense Fields*, red. M. Gavrilu (Academic, New York 1992), s. 139; J.J. Macklin, J.D. Kmetec, C.L. Gordon III, *Phys. Rev. Lett.* **70**, 766 (1993); K. Budil, T. Ditmire, M. Perry, P. Baclou, P. Salieres, A. L’Huillier, *Opt. Lett.*, w druku; J. Kraus, K. Kulander, *Phys. Rev. Lett.* **68**, 3535 (1992).
- [9] D. Fittinghoff, P. Bolton, B. Chang, C. Kurlander, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 2642 (1992).
- [10] J. Kieffer i in., *Phys. Rev. Lett.* **62**, 760 (1989); **68**, 480 (1992).
- [11] X.B. Liu, D. Umstadter, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 1935 (1992); R. Fedosejevs, G. Enright, M. Richardson, *Phys. Rev. Lett.* **43**, 1664 (1979).

- [12] M. Tabak, J. Hammer, M. Glinsky, W. Kruer, S. Wilks, J. Woodworth, E. Campbell, M. Perry, *Phys. Plasmas* **1**, 1626 (1994).
- [13] J. Kmetec, C. Gordon, J. Macklin, B. Lemoff, G. Brown, S. Harris, *Phys. Rev. Lett.* **68**, 1527 (1992); A. Fews, P. Norreys, F. Beg, A. Bell, A. Dangor, C. Danson, P. Lee, S. Rose, *Phys. Rev. Lett.* **73**, 1801 (1994).
- [14] W.L. Kruer, *The Physics of Laser-Plasma Interactions* (Addison-Wesley, Reading, Mass. 1988).
- [15] T. Tajima, J.M. Dawson, *Phys. Rev. Lett.* **43**, 267 (1979).
- [16] M. Everett, A. Lal, D. Gordon, C. Clayton, K. Marsh, C. Joshi, *Nature* **368**, 527 (1994); C. Clayton, K. Marsh, A. Dyson, M. Everett, A. Lal, D. Gordon, W. Leemans, R. Williams, C. Joshi, *Phys. Rev. Lett.* **70**, 37 (1993).
- [17] S.C. Wilks, J.M. Dawson, W.B. Mori, *Phys. Rev. Lett.* **61**, 337 (1988); E. Yablanovitch, *Phys. Rev. Lett.* **31**, 877 (1975).
- [18] W.M. Wood, C.W. Siders, M.C. Downer, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 3523 (1991); W. Woods, C.W. Siders, M.C. Downer, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **21**, 20 (1993).
- [19] W. Mori, *Phys. Rev. A* **44**, 5118 (1991); M. Lampe, E. Ott, J. Walker, *Phys. Fluids* **10**, 42 (1978); V.I. Semanova, *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Radiofiz.* **10**, 1077 (1967), takze *Sov. Radiophys. Quantum Electron.* **10**, 599 (1967); P.B. Corkum, *Opt. Lett.* **8**, 514 (1983).
- [20] R. Savage Jr., R. Brogle, W. Mori, C. Joshi, *Phys. Rev. Lett.* **68**, 946 (1992); R.L. Savage Jr. i in., *IEEE Trans. Plasma Sci.* **21**, 5 (1993).
- [21] W.B. Mori, T. Katsouleas, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 3495 (1992).
- [22] S. Wilks, J. Dawson, W. Mori, T. Katsouleas, H. Jones, *Phys. Rev. Lett.* **62**, 2600 (1989).
- [23] C.B. Darrow, C. Coverdale, M.D. Perry, W.B. Mori, C. Clayton, K. Marsh, C. Joshi, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 442 (1992).
- [24] P. Sprangle, E. Esarey, A. Ting, G. Joyce, *Appl. Phys. Lett.* **53**, 2146 (1988); P. Sprangle, E. Esarey, A. Ting, *Phys. Rev. Lett.* **64**, 2011 (1990); P. Sprangle, E. Esarey, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 2021 (1991); C. Max, J. Arons, A.B. Langdon, *Phys. Rev. Lett.* **9**, 85 (1974).
- [25] R. Carman, C. Rhodes, R. Benjamin, *Phys. Rev. A* **24**, 2649 (1981).



## RÓŻNE

**Victor F. Weisskopf**

*Massachusetts Institute of Technology  
Cambridge, Massachusetts, USA*

### **Rozwój nauk przyrodniczych w naszym stuleciu\***

#### **The development of science this century**

*Abstract\*\**: The tremendous growth of scientific knowledge and insights acquired since the beginning of this century are described.

Moje życie jako czynnego naukowca rozpoczęło się w 1928 r., kiedy zostałem w Getyndze doktorantem Maxa Borna. Byłem świadkiem niesłychanego rozwoju, który odbywał się w czasie sześćdziesięciu sześciu lat mojego dotychczasowego życia naukowego. Nauka zmieniła swój charakter pod wieloma względami, ale pewne podstawowe cechy nastawienia względem badania Przyrody pozostały te same. Jako fizyk będę tu mówił głównie o fizyce i astronomii, bo znam je najlepiej. O tym co działo się w innych naukach przyrodniczych będę wspominać tylko pobieżnie. W naszym stuleciu można wyróżnić trzy etapy rozwoju nauki:

- Etap I: od 1900 r. do II wojny światowej;
- Etap II: od 1946 r. do ok. 1970 r.;

---

\*Nieco zmieniony tekst odczytu wygłoszonego na posiedzeniu Amerykańskiego Stowarzyszenia na rzecz Postępu Nauk Przyrodniczych (American Association for the Advancement of Science) w Bostonie 14 lutego 1993 r. i na Kolokwium CERN-owskim w Genewie 5 sierpnia 1993 r., który ukazał się następnie w *CERN Courier* 34, numery 4, 5 i 6 (1994). Przetłumaczony został za zgodą Autora [Translated with permission] (przyp. Red.).

\*\*Streszczenie dodane przez Redakcję.

– Etap III: od 1970 r. do końca naszego stulecia.

Takie podziały są zawsze nieco dowolne, gdyż zmiany zachodzą w sposób mniej lub bardziej ciągły. Nie ma jednak wątpliwości, że są trzy okresy, w których zaszły wielkie zmiany w charakterze nauki: na początku naszego stulecia, w czasie II wojny światowej i w ciągu ostatnich dwóch lub trzech dziesięcioleci.

### **Etap I (1900 – 1945)**

Decydującymi wydarzeniami w pierwszym etapie było powstanie teorii względności i mechaniki kwantowej. Rzadko w historii nauki zdarza się, aby dwie idee wpłynęły w sposób tak zasadniczy na nauki przyrodnicze.

Są istotne różnice między tymi dwoma osiągnięciami. Teorię względności należy uważać za ukoronowanie fizyki klasycznej XVIII i XIX w. Szczególna teoria względności doprowadziła do unifikacji mechaniki i elektromagnetyzmu. Te dwa działy fizyki były przed tym niespójne w opisie szybko poruszających się obiektów naładowanych elektrycznie.

Teoria względności stworzyła oczywiście nowe pojęcia, takie jak względność jednoczesności, słynny związek masy i energii, myśl, że grawitację można przedstawić jako krzywiznę przestrzeni. Jednak ogólnie, teoria względności stosuje pojęcia fizyki klasycznej, takie jak: położenie, prędkość, energia, pęd itp. Dlatego musimy ją uważać za teorię konserwatywną, która ustaliła logicznie spójny system w obrębie fizyki klasycznej.

Mechanika kwantowa była naprawdę rewolucyjna. Została oparta na uznaniu faktu, że pojęcia klasyczne nie pasują do świata atomów i cząsteczek: został stworzony nowy sposób postępowania w obrębie takiego świata. Relacje nieoznaczoności Heisenberga ustanowiły granice stosowalności pojęć klasycznych. Mówią one: „pojęcia klasyczne można stosować do tej granicy, ale nie dalej”. Dlatego właśnie lepiej byłoby nazywać je „relacjami ograniczającymi”. Byłoby też z pożytkiem nazywać teorię względności „teorią bezwzględną”, gdyż opisuje ona prawa Przyrody niezależnie od układów odniesienia. Uniknęłoby się w ten sposób jej często niewłaściwego użycia przez filozofów.

Ćwierć wieku trwało rozwijanie nierelatywistycznej mechaniki kwantowej. Gdy wreszcie ustalono jej pojęcia, nastąpił gwałtowny rozwój. W ciągu paru lat zrozumiano, przynajmniej w zasadzie, większość zjawisk atomowych i cząsteczkowych. Właściwe będzie tu zacytowanie, w nieco zmienionej wersji, znanej wypowiedzi Churchilla sławiącego Królewskie Siły Powietrzne: „Nigdy tak niewiele nie dokonało tak wiele w tak krótkim czasie”.

Kilka lat później połączenie teorii względności z mechaniką kwantową dało nowe, nieoczekiwane wyniki. P.A.M. Dirac stworzył swoje relatywistyczne równa-

nie falowe, które zawierało spin elektronu i jako naturalną konsekwencję – strukturę subtelną linii widmowych. Zastosowanie mechaniki kwantowej do pola elektromagnetycznego doprowadziło do powstania elektrodynamiki kwantowej i wielu zaskakujących konsekwencji, pozytywnych i negatywnych.

Spośród dodatnich wymienię przewidzenie przez Diraca istnienia antycząstki – antyelektronu czyli pozytonu, którego obecność stwierdzili później, w 1932 r., C.C. Anderson i S.H. Neddermeyer. Najbardziej zaskakujące było przewidzenie tworzenia par cząstka-antycząstka przez promieniowanie lub inne formy energii, i anihilacji tych par z emisją światła lub innych nośników energii. Innym jeszcze przewidywaniem było istnienie elektrycznej polaryzacji próżni w silnych polach. Wszystkie te procesy zostały później zaobserwowane doświadczalnie.

Do negatywnych zaliczam konsekwencje nieskończonej liczby stopni swobody pola promieniowania. Nieskończoności pojawiły się w sprzężeniu elektronu ze swoim polem i w polaryzacji próżni, gdy uwzględnia się wkład od pola wysokiej częstości. Te nieskończoności rzucały cień na elektrodynamikę kwantową aż do 1946 r., gdy znaleziono wyjście przez stworzenie tzw. metody renormalizacji.

Podczas I Etapu, chemia, biologia i geologia, podobnie jak fizyka, też rozwijały się szybko. Wyjaśnienie przez mechanikę kwantową natury wiązań chemicznych dało początek chemii kwantowej, której rozwój pozwolił na znacznie głębsze poznanie budowy i własności cząsteczek i reakcji chemicznych. Biochemia stała się rozrastającą się gałęzią chemii. Uznano, że genetyka jest dziedziną biologii, przyjmując że chromosomy są nośnikami genów, elementów dziedziczenia. Białka zostały zidentyfikowane jako podstawowe składniki żywych organizmów. W tym okresie niebywale wzrosła nasza znajomość enzymów, hormonów i witamin. Embriologia zaczęła badać wczesne stadia rozwoju żywych ustrojów, a mianowicie wyjaśniać jak otoczenie komórkowe reguluje program genetyczny. Szczegółowo rozważano ideę ewolucji Darwina i uznano, że cechy nabyte nie są dziedziczone. Również w geologii zaczął się rodzaj rewolucji jako skutek przedstawionej przez A. Wegenera teorii tektoniki płyt i dryfu kontynentów. Przy końcu tego okresu została opublikowana sugestia W. Ellassera, że prądy wirowe w ciekłym, żelaznym jądrze Ziemi są źródłem magnetyzmu Ziemi. Doprowadziło to do wyjaśnienia tego dotychczas niezrozumiałego zjawiska.

Rok 1932 był niezwykłym rokiem w fizyce. Neutron został odkryty przez J. Chadwicka, pozyton przez Andersona i Neddermeyera, Fermi sformułował teorię rozpadu promieniotwórczego (rozpadu  $\beta$  – Red.) przez analogię do elektrodynamiki kwantowej,<sup>1</sup> zaś H. Urey odkrył ciężką wodę. Odkrycie neutronu dało początek fizyce jądrowej – jądro atomu zaczęto traktować jako układ silnie od-

---

<sup>1</sup> Teoria ta opublikowana została przez Fermiego w latach 1933–34 (przyp. Red.).

działających protonów i neutronów. To oddziaływanie jest konsekwencją nowego rodzaju siły, „siły jądrowej”, jaka teraz weszła do fizyki obok siły elektromagnetycznej i grawitacyjnej i „słabej siły”, którą Fermi wprowadził w swojej teorii promieniotwórczości. Rozwój fizyki jądrowej w latach trzydziestych był powtórzeniem tego, co działo się z mechaniką kwantową atomu, jednak na znacznie wyższym poziomie energii, około milion razy wyższej niż w atomach, i przy uwzględnieniu innych oddziaływań. Doprowadziło to do zrozumienia zasad spektroskopii jądrowej i reakcji jądrowych. Odkryto sztuczną promieniotwórczość, a później rozszczepienie i syntezę jąder, co przyniosło brzemienne konsekwencje ich zastosowań militarnych. Jednym z najważniejszych osiągnięć fizyki jądrowej tego okresu było wyjaśnienie, że źródłem energii Słońca i gwiazd są reakcje jądrowe we wnętrzu tych obiektów.

### Charakter i socjologia nauki w tym okresie

Skoncentruję się teraz na sytuacji w fizyce, z którą jestem najlepiej zaznajomiony. Najbardziej uderzające jest to, jak mała liczba fizyków, doświadczalników i teoretyków, dokonała tego rozwoju. W dorocznych Konferencjach Kopenhaskich poświęconych najnowszym postępom w mechanice kwantowej brało udział nie więcej niż 50 do 60 osób. Nie było podziału na specjalności. Wszyscy uczestnicy dyskutowali i rozumieli fizykę atomową i molekularną, fizykę jądrową, fizykę ciała stałego, astronomię i kosmologię. Zwykle wszyscy obecni interesowali się wszystkimi przedmiotami i problemami. Mechanikę kwantową traktowano jako wiedzę dla wtajemniczonych, o zastosowaniach praktycznych ledwie wspomniano.

Nową fizyką zajmowano się w bardzo niewielu miejscach. Lista tych miejsc ujawnia przewagę Europy, a zwłaszcza Niemiec. Fizycy amerykańscy, którzy chcieli odgrywać wiodącą rolę w Stanach Zjednoczonych, musieli jechać na studia do Europy na kilka lat. Wszystko to zmieniło się gwałtownie we wczesnych latach trzydziestych, gdy fizyka w USA rozwinęła się nagle z ubocznej, czy „prowincjonalnej”, w centralną i wiodącą. Jeśli chodzi o fizykę doświadczalną, nie była ona i przedtem tak bardzo prowincjonalna, jeżeli weźmiemy pod uwagę podstawowe eksperymenty C.J. Davissona i L.H. Germera z 1927 r. dotyczące falowej natury elektronu, i A.H. Comptona z 1923 r. nad rozpraszaniem światła przez elektrony, bezpośrednio wykazujące istnienie fotonów.

Zmiana od prowincjonalności do stania się centralną została spowodowana przez wewnętrzną reorientację nauki amerykańskiej, której motorem byli tacy ludzie jak G. Breit, E.U. Condon, E.C. Kemble, R.A. Millikan, J.R. Oppenheimer, I.I. Rabi, J. Slater, H.J. Van Vleck i inni. Większość z nich pobierała część swojej edukacji w Europie. Nowej orientacji pomogła też, choć nie była jej główną przy-

czyną, imigracja wybitnych fizyków niemieckich i austriackich – uciekinierów od Hitlera. Pomógł również koniec przewagi niemieckiej spowodowany antyintelektualnym nastawieniem reżimu hitlerowskiego.

Najbardziej charakterystyczne dla nauki sprzed II wojny światowej były małe grupy i niskie koszty badań, finansowanych głównie przez uniwersytety i fundacje, a tylko rzadko przez państwo. Fundacje miały wielki wpływ na naukę. Swój imponujący rozwój w latach trzydziestych biologia częściowo zawdzięcza decyzji Fundacji Rockefellera (którą kierował wtedy Warren Weaver) poparcia spośród innych nauk przede wszystkim biologii.

Ludzi przyciągał do nauki idealizm. Nie było wielu miejsc pracy w laboratoriach badawczych i uniwersyteckich, były one zresztą nie bardzo dobrze płatne. Każdy, kto zaczynał się kształcić w badaniach naukowych, musiał liczyć się z możliwością, że zostanie nauczycielem liceum, co zresztą też jest interesującą pracą. Charakter nauki w tym pierwszym okresie można krótko określić jako kontynuację tradycji intelektualnych i społecznych XIX w.

## Etap II (1946 – 1970)

Lata od 1946 do ok. 1970 r. były nadzwyczajnym okresem dla wszystkich nauk. To, co wydarzyło się w czasie II wojny światowej, miało szczególnie wielki wpływ na fizykę. Ku zdziwieniu urzędników państwowych, fizycy stali się inżynierami osiągającymi sukcesy w wielkich militarnych przedsięwzięciach badawczych i rozwojowych, takich jak Radiation Laboratory w MIT, Manhattan Project, czy projektowanie zapalnika zbliżeniowego. Naukowcy, którzy przedtem interesowali się głównie podstawowymi badaniami fizycznymi, wymyślili i skonstruowali bombę jądrową pod kierownictwem J.R. Oppenheimera, człowieka o jednej z najbardziej „ezoterycznych” osobowości. Fermi skonstruował pierwszy reaktor jądrowy, E. Wigner odegrał decydującą rolę w projektowaniu reaktorów produkujących pluton, a Schwinger rozwinął teorię falowodów, co miało zasadnicze znaczenie dla radaru. Ale to nie wszystko: niektórzy z tych ludzi okazali się doskonałymi organizatorami projektów badawczych i rozwojowych na wielką skalę, mieli przy tym dobre stosunki z przemysłem, jak przy wspomnianych już przedsięwzięciach wojskowych.

Gdy skończyła się II wojna światowa, społeczeństwo było pod wrażeniem, że to fizycy ją wygrali. To oczywiście była duża przesada, jest jednak faktem, że radar uratował Wielką Brytanię i zmniejszył niebezpieczeństwo, jakie groziło konwojom transatlantyckim ze strony łodzi podwodnych, i że bomba atomowa spowodowała natychmiastowe zakończenie wojny z Japonią. Fizyka, i w ogóle nauki przyrodnicze, zyskały wysokie uznanie. To prowadziło do wyższych pensji

i hojnego finansowania ze źródeł rządowych, do stworzenia Państwowej Fundacji Naukowej (National Science Foundation), której celem było wspieranie badań podstawowych, Państwowych Instytutów Zdrowia (National Institutes of Health) wspierających biologię i badania medyczne, oraz Komisji Energii Atomowej (Atomic Energy Commission) wspierającej badania podstawowe w fizyce jądrowej i fizyce cząstek elementarnych. Uzasadnienie wspierania badań podstawowych ze źródeł rządowych, niezależnie od zastosowań wojskowych i cywilnych, było dwójakie. Po pierwsze, doświadczenia wojenne zrodziły silne przekonanie, że wszystkie badania podstawowe prowadzą do użytecznych zastosowań. Po drugie, było to pragnienie aby naukowcy byli szczęśliwi i aby było ich wielu, bo mogą się jeszcze przydać. To rozrzutne wspieranie, bez względu na typ badań, trwało po wojnie przez około dziesięć lat. Później źródła rządowe zaczęły coraz bardziej interesować się tylko pewnymi kierunkami badań, skierowanymi na zastosowania militarne lub handlowe. Mimo to nauce podstawowej wiodło się dobrze aż do lat siedemdziesiątych.

Wyniki tego wspierania były naprawdę zdumiewające. Postęp nauk przyrodniczych w ciągu tych trzech dziesięcioleci po wojnie był olbrzymi. Nauka przybrała nowe oblicze. Nie mogę w tym artykule wymienić wszystkich znaczących postępów. Ograniczę się do wyliczenia kilku najbardziej uderzających, bez wymieniania autorów. Mój wybór jest arbitralny i ma na niego wpływ moja ograniczona wiedza. W kwantowej teorii pola: stworzenie metody renormalizacji dla uniknięcia nieskończoności, co umożliwiło rozszerzenie obliczeń do dowolnego stopnia dokładności. W fizyce cząstek: poznanie kwarkowej struktury hadronów, które pozwoliło uporządkować ich stany wzbudzone, stwierdzenie istnienia nietrwałych ciężkich elektronów i kilku typów neutrin (dwa zostały odkryte podczas Etapu II, trzeci – w następnym okresie), odkrycie naruszenia parzystości w oddziaływaniach słabych i unifikacja oddziaływań elektromagnetycznych i słabych jako składników jednego wspólnego pola sił. W fizyce jądrowej: powłokowy model jądra, obszerna i szczegółowa teoria reakcji jądrowych, odkrycie i analiza rotacyjnych i kolektywnych stanów jąder. W fizyce atomowej: przesunięcie Lamba, maleńkie przesunięcie linii widmowych, które można wytłumaczyć stosując nową elektrodynamikę kwantową, maser i laser wraz z ich szerokimi zastosowaniami, pompowanie optyczne, optyka nieliniowa. W fizyce fazy skondensowanej: rozwój półprzewodników i tranzystory, wyjaśnienie nadprzewodnictwa, własności powierzchni, nowe spojrzenie na przejścia fazowe i badania układów nieuporządkowanych. W astronomii i kosmologii: Wielki Wybuch i jego konsekwencje dla pierwszych trzech minut Wszechświata, skupiska galaktyk i promieniowanie 3 K jako pozostałość Wielkiego Wybuchu, odkrycie kwazarów i pulsarów. W chemii: synteza złożonych cząsteczek organicznych, wyznaczenie struktury bardzo wielkich cząsteczek me-

todami fizyki, np. za pomocą spektroskopii rentgenowskiej i jądrowego rezonansu magnetycznego, badanie mechanizmu reakcji przy zastosowaniu wiązek molekularnych i laserów. W biologii: powstanie biologii molekularnej przez połączenie genetyki i biochemii, rozpoznanie roli DNA jako nośnika informacji genetycznej i następnie wyznaczenie jego struktury jako podwójnej spirali, rozszyfrowanie kodu genetycznego, synteza białka, wyznaczenie szczegółowej struktury komórki wraz z organellami komórkowymi. W geologii: osiągnięcia tektoniki płyt przy zastosowaniu nowo powstałych precyzyjnych przyrządów i odkrycie kształtu dna oceanów za pomocą sonaru i innych urządzeń elektronicznych.

Wiele z tych nowych wyników i odkryć stało się możliwe dzięki użyciu nowoczesnej aparatury, jaką do celów wojennych stworzyła elektronika i fizyka jądrowa. Jednym z najważniejszych nowych narzędzi, istotnym dla wszystkich dziedzin nauki, był komputer. Rozwój i udoskonalenie tego narzędzia postępowało chyba najszybciej w całej historii techniki. Komputer przyniósł nowe metody analizy danych doświadczalnych, nowe sposoby modelowania i symulacji procesów zachodzących w Przyrodzie. Zacytuję tu S. Schwebera: „Mamy teraz trzy rodzaje naukowców: doświadczalnika, teoretyka i komputerowca”.

Pomimo nadzwyczajnego przyspieszenia, jakie nauki zawdzięczają komputerom, w ich używaniu kryją się pewne niebezpieczeństwa. Jeżeli stosujemy komputer aby określić konsekwencje jakiejś teorii, to kto zrozumiał teorię – komputer czy uczony? Komputer zastępuje czasem myślenie i rozumienie. To samo niebezpieczeństwo kryje się w nadużywaniu komputera w nauczaniu.

## Charakter i socjologia nauki w czasie Etapu II

W ciągu dwóch pierwszych dziesięcioleci Etapu II uderza przewaga, nieomal monopol, amerykańskich nauk przyrodniczych. Większość zdumiewających postępów w nauce w okresie 1946–60 została dokonana w Stanach Zjednoczonych. Główną przyczyną był oczywiście stan innych państw po zniszczeniach wojennych. Europę i Azję Wschodnią trzeba było odbudowywać. Tym bardziej więc musimy podziwiać pewne pionierskie prace wykonane w Anglii, we Włoszech i we Francji, jak np. badania promieniowania kosmicznego kierowane w Anglii przez Powella i we Francji przez Leprince-Ringueta oraz ważne włoskie doświadczenia nad absorpcją mezonów, które wykonali Conversi, Pancini i Piccioni. Mamy tu sytuację przeciwną niż w latach dwudziestych. Naukowcy z Europy i Azji Wschodniej muszą teraz pracować przez pewien czas w USA, aby odegrać istotną rolę w krajach ojczystych. Europa stała się „prowincjonalna”, a Stany Zjednoczone „centralne” w nauce.

Począwszy od lat siedemdziesiątych nauka europejska i japońska zrobiła się

bardziej niezależna i mogła konkurować z amerykańską. Powstało kilka europejskich organizacji międzynarodowych, np. CERN w fizyce cząstek, Europejskie Laboratorium Biologii Molekularnej (EMBL) w biologii i Europejskie Obserwatorium Południowe (ESO) w astronomii. W Europie i w Japonii osiągnięto poziom badań równy, a w pewnych dziedzinach nawet wyższy niż w USA.

Nastąpiły istotne zmiany w strukturze społecznej nauk przyrodniczych, szczególnie w fizyce cząstek, fizyce jądrowej i astronomii. Szybki rozwój tych dziedzin wymagał większych i bardziej skomplikowanych akceleratorów, raket i satelitów, wyrafinowanych detektorów i bardziej wyszukanych komputerów. Finansowanie przez rząd było dostateczne, aby zapewnić środki na taką aparaturę. Wielkość i złożoność nowych urządzeń wymagała udziału dużych zespołów uczonych, inżynierów, techników. Powstawały zespoły liczące nieraz i 60 członków, szczególnie w fizyce cząstek (podczas Etapu III zespoły wzrosły do kilkuset osób). Inne dziedziny nauki – fizyka atomowa i fizyka materii skondensowanej, chemia, biologia – nie wymagały tak wielkich zespołów; w tych dziedzinach można było prowadzić badania w sposób mniej więcej taki jak dawniej – w małych grupach, na stole laboratoryjnym, choć może było parę wyjątków, jak np. biomedycyna, gdzie duże zespoły są niekiedy konieczne.

Wielkie zespoły stworzyły nowe warunki współżycia. Kierownik zespołu musiał ponosić odpowiedzialność nie tylko za kierownictwo intelektualne, ale również za organizowanie podgrup do określonych zadań i zdobywanie poparcia finansowego. W społeczności naukowej pojawił się nowy rodzaj osobowości o cechach charakteru zupełnie różnych od tych, jakie mieli kierownicy naukowcy w przeszłości. Udział w tych olbrzymich zespołach wielu młodych ludzi, doktorantów, stwarza pewne problemy. Trudno im zrozumieć, jaki jest sens tego co robią, gdyż ich udział gubi się w pracy całego zespołu. Aby przyciągnąć młodych ludzi do wielkich zespołów, poszczególnym podgrupom trzeba zostawić nieco inicjatywy w wykonywaniu dobrze określonych zadań, by ich wykonawcy mieli prawo domagać się swego udziału w autorstwie pracy.

Powstanie wielkich przedsięwzięć spowodowało, że mówimy teraz o „małej” nauce i o „wielkiej” nauce. Mała nauka to wszystkie te dziedziny, w których badania mogą prowadzić małe grupy i za małe stosunkowo pieniądze, natomiast wielka nauka to fizyka wysokich energii, niektóre działy fizyki jądrowej i astronomii, badania przestrzeni kosmicznej i fizyka plazmy. Istnieje także wielka nauka w fizyce materii skondensowanej i w biologii: wykorzystywanie promieniowania synchrotronowego w tej pierwszej i badania ludzkiego genomu w tej drugiej. Wielka nauka wymaga wielkiego wsparcia finansowego, a więc sprawa uzasadnienia potrzeby badań gra tu decydującą rolę.

Doprowadziło to do jeszcze innego podziału, związanego z możliwością sto-



sowania jakiejś dziedziny nauki w przemyśle, praktyce lekarskiej, lub też jej użyteczności dla innych nauk przez wprowadzanie odpowiednich metod lub pojęć. Możemy więc rozróżnić naukę „dającą się zastosować” – „stosowalną” i „nie dającą się zastosować” – „niestosowalną”. Musimy sprecyzować te dwa terminy. Przez naukę „stosowalną” rozumiemy badania, których zastosowanie jest oczywiste lub łatwe do przewidzenia. Nauka „niestosowalna” to ta, której wyników nie umiemy dzisiaj zastosować, lub tylko dla bardzo nielicznych z nich widzimy zastosowania. Znaczenia filozoficznego i intelektualnego nie można zaliczać do „zastosowań”. Nigdy nie można wykluczyć, że jakieś obecne lub przyszłe odkrycie po wielu latach lub nawet dziesięcioleciach może prowadzić do zastosowań. Dlatego też będę używał terminu „obecnie niestosowalne”.

Nauka stosowalna obejmuje część fizyki jądrowej zajmującą się reaktorami i promieniotwórczością, fizykę atomową i molekularną, na pewno fizykę fazy skondensowanej, fizykę plazmy, chemię, nauki o Ziemi i oczywiście biologię z jej szerokimi zastosowaniami w medycynie, rolnictwie i produkcji żywności.

Fizyka cząstek, niektóre działy fizyki jądrowej, astronomia i kosmologia – to przykłady nauk o niezmiernie ważnym znaczeniu intelektualnym i filozoficznym, ale których zastosowań nie można obecnie przewidzieć. Charakteryzuje je coś, co można nazwać „skokiem w kosmos”. Nazwijmy je więc „naukami kosmicznymi”, a dziedziny, których zastosowania są oczywiste – „naukami ziemskimi”. Procesy badane przez nauki kosmiczne są zbyt odległe w czasie i przestrzeni aby mogły mieć bezpośrednie znaczenie w warunkach ziemskich, np. Wielki Wybuch i jego konsekwencje lub odkrycie mezonów, kwarków i ciężkich elektronów. Niewątpliwie jest wielkim osiągnięciem, że możemy badać tworzenie się galaktyk we Wszechświecie lub to co dzieje się we wnętrzu gwiazd, a zwłaszcza, że możemy w tarczach naszych akceleratorów stworzyć warunki takie, jakie istniały w ułamkach sekundy po Wielkim Wybuchu. Taki rodzaj badań jest oczywiście kosztowny. Trudno jest stworzyć na Ziemi warunki kosmiczne. Zjawiska „kosmiczne” są pod wieloma względami odległe od środowiska ludzkiego i nie zazębiają się o inne nauki. (Ten punkt widzenia jest inny, niż przedstawiony przeze mnie 20 lat temu w artykule „Znaczenie nauki” [1]. Miałem wówczas pogląd bardziej optymistyczny na możliwość przyszłych zastosowań fizyki cząstek i astronomii.)

Podział na dziedziny stosowalne i obecnie niestosowalne nie jest tak ostry, jak tu wskazałem. Nawet fizyka cząstek prowadzi do zastosowań. Przed kilkudziesięciu laty nieomal doszło do ważnego zastosowania, gdy L. Alvarez zasugerował, że być może cząsteczki wodoru utworzone z protonów i mionów (zastępujących elektrony – Red.) mogłyby zainicjować proces syntezy jądrowej. Okazało się jednak, że jest to niemożliwe. Najwięcej zastosowań wynika z tego, co często nazywamy „produktem ubocznym”. Rozwiązania techniczne, które muszą spełniać

niezwykle surowe warunki dokładności i niezawodności, znajdują zastosowania w innych dziedzinach. Szczególnie detektory o nadzwyczajnej czułości i stopniu dyskryminacji, jakie trzeba było opracować dla fizyki cząstek, okazały się bardzo użyteczne także w medycynie, biologii i nauce o materiałach. G. Charpak dostał za to Nagrodę Nobla. Dalej, niektóre wyrafinowane metody matematyczne używane w kwantowej teorii pola zastosowano z powodzeniem do problemów fizyki materii skondensowanej. Możemy śmiało przypuszczać, że w przyszłości będzie jeszcze więcej takich produktów ubocznych.

Obecna niestosowalność nauk kosmicznych związana jest z ciekawym zjawiskiem występującym w naukach fizycznych – hierarchią różnych przedmiotów badań, które coraz bardziej się od siebie oddzielają. Możemy umieścić fizykę cząstek na „najwyższym” poziomie (nie chodzi tu o wartościowanie osiągnięć), a na kolejno niższych: fizykę jądrową, atomową i molekularną, materii skondensowanej itd. Każdy poziom ma swoje własne prawa i pojęcia, oparte na oddziaływaniu kwazielementarnych jednostek, na które składają się jednostki bardziej elementarne z wyższych poziomów, pozostając jednak w swoich stanach podstawowych przy słabszej wymianie energii, charakterystycznej dla poziomów niższych. Wewnętrzny skład tych jednostek nie jest więc ważny na tych poziomach. Istnieją teorie „efektywne” opisujące warunki na każdym z poziomów i nie biorące pod uwagę wewnętrznej struktury jednostek. Na przykład, pewne działy fizyki jądrowej traktują protony i neutrony jako cząstki kwazielementarne, których struktura kwarkowa nie ma znaczenia; fizyka atomowa i molekularna zajmuje się oddziaływaniem elektronów, atomów i jąder, przy czym wewnętrzna struktura jąder nie jest istotna. Dla biologii, która ma własne pojęcia, prawa i związki, struktura kwarkowa nukleonów jest z całą pewnością bez znaczenia. Na każdym poziomie, od wyższego do niższego, wzrasta stopień złożoności, pojawiają się nowe prawa i regularności, które nie są sprzeczne z bardziej „podstawowymi” prawami na wyższych poziomach. Wynikają one ze złożonych oddziaływań odpowiednich jednostek, nie pochodzą jednak bezpośrednio z praw obowiązujących na wyższym poziomie. Wydaje się, że gdy Wszechświat ochładzał się i rozszerzał, przechodził przez stadia od wyższych poziomów do niższych, tworząc na każdym etapie nowe różnorodności i złożoności, aż wreszcie osiągnął życie na Ziemi, a może i na innych planetach.

Istnienie tych bardziej lub mniej rozdzielonych poziomów fizyki ma niepożądaną skutek: nadmierną specjalizację. Uczni pracujący na jednym poziomie nie bardzo wiedzą co dzieje się na innych, gdyż przeważnie ta wiedza nie jest im potrzebna do ich własnych badań. Ponadto nacisk współzawodnictwa i konieczność śledzenia stale rosnącej literatury we własnej dziedzinie nie pozostawia im czasu na interesowanie się innymi poziomami.

### **Etap III (od 1970 r. do bliskiej przyszłości) Zmiany charakteru i socjologii nauki w ciągu ostatnich dziesięcioleci**

Ten okres sięga od ok. 1970 r. do czasów obecnych, a może nawet do bliskiej przyszłości. Zadziwiający rozwój nauki podczas Etapu II trwa nadal w trzecim okresie. Przynosi to wiele nowych wyników, jak np. rozwój chromodynamiki kwantowej. Wprowadziła ona nowy typ pola między kwarkami, które utrzymuje je razem; kwantami tego pola są gluony. Inne osiągnięcia to: odkrycie tzw. cząstki  $J/\psi$  składającej się z kwarku powabnego i jego antycząstki; wyjaśnienie pewnych subtelnych własności jąder przez uwzględnienie struktury kwarkowej nukleonów; badania wysoko wzbudzonych stanów materii jądrowej w doświadczeniach ze zderzeniami ciężkich jonów; jądrowy rezonans magnetyczny wraz ze swoimi licznymi zastosowaniami w medycynie i materiałoznawstwie; fizyka „pojedynczego atomu”, w której obiektem badań może być jeden atom; chemia fullerenów, które są tworami złożonymi z wielu atomów węgla; badania zlepków atomów (klastrow) – tworów pośrednich między cząsteczkami a ciałem stałym. Osiągnięto duży postęp w biologii rozwoju dzięki badaniu w jaki sposób jest regulowana, ograniczana lub wzmacniana czynność genu zależnie od tego, co służy funkcjonowaniu lub wzrostowi organizmu.

Jednak ze względu na różne okoliczności, wigor nauk podstawowych zmniejszył się. To jest właśnie głównym tematem tej części artykułu. Szeroka publiczność, parlamenty, agendy państwowe, a nawet społeczność naukowa zaczęły mieć wątpliwości. Dlaczego finansować obecnie niestosowne nauki podstawowe, skoro niektóre z nich wymagają tak ogromnych kosztów? Takie pytanie musiało powstać w czasach, gdy wysychają źródła finansowania. Pogarszanie się warunków ekonomicznych USA i Europy Zachodniej zaczęło się ok. 1970 r.

W dwóch ostatnich dziesięcioleciach zaczęła też rosnąć świadomość problemów środowiska naturalnego, takich jak np. możliwość wzrostu średniej temperatury skutkiem efektu cieplarnianego, zmniejszenie się warstwy ozonu chroniącej nas przed promieniowaniem nadfioletowym, niszczenie lasów – umyślne dla celów komercyjnych i dla powiększania obszarów uprawnych, oraz nieumyślne skutkiem zatruwania atmosfery, degenerowanie się gleby, wód śródlądowych i oceanów, a wreszcie eksplozja demograficzna w krajach rozwijających się. Te wszystkie problemy wymagają dalszych badań naukowych i technicznych. Czy rzeczywiście efekt cieplarniany podwyższy temperaturę na Ziemi i o ile stopni? Jak bardzo są niebezpieczne substancje toksyczne? Dlaczego warstwa ozonowa tak szybko się zmniejsza? Jakie są przyczyny degeneracji gleby i wód? Trzeba znaleźć nowe,

nie dające zanieczyszczeń źródła energii i nowe metody kontroli urodzeń. Nauka będzie musiała pomóc rozwiązać te i inne podobne problemy.

Właśnie dlatego nauka stosowana uzyskiwała coraz większe poparcie finansowe z budżetu państw i fundacji. Dodam jeszcze, że młodych naukowców pociągają silniej niż dawniej zadania społeczne – niektórzy chcieliby koniecznie przyczynić się do polepszenia sytuacji. Obserwujemy także zmianę celów nauki stosowanej. Jest teraz mniej nastawiona na innowacje w przedsiębiorstwach, przemyśle i wojsku, a bardziej na badania dotyczące środowiska naturalnego.

Jest oczywiste, że problemów środowiska nie mogą rozwiązać tylko nauki przyrodnicze: fizyka, chemia i biologia. Są tu również aspekty ekonomiczne, społeczne, polityczne i psychologiczne, może nawet ważniejsze gdy chodzi o realizację proponowanych celów. W świecie rozwiniętym będą powstawać trudności ekonomiczne. Świat rozwijający się odmówi zwalczania zanieczyszczeń pochodzących z rozwoju własnego przemysłu, słusznie oskarżając narody uprzemysłowione o to, że to właśnie one wytwarzają znacznie więcej zanieczyszczeń. To jednak nie może być wymówką – to także powoduje pewne zatrucie atmosfery. Kraje rozwinięte mają o wiele większe poczucie konieczności ochrony przed zanieczyszczeniami niż kraje rozwijające się. Jest to w gruncie rzeczy sprawa wykształcenia.

W tej sytuacji konieczna jest międzydiscyplinarna współpraca uczonych uprawiających nauki przyrodnicze i społeczne wszelkiego rodzaju. Taka współpraca istnieje już dziś w wielu miejscach i, miejmy nadzieję, rozszerzy się w przyszłości. Zbliży ona przyrodników coraz bardziej do problemów ekonomicznych i politycznych, nie po to by uzyskać większe wsparcie finansowe, lecz by pracować dla wspólnego dobra. Jest to bardzo pożądane, nie można jednak zaprzeczyć, że dzieje się to ze szkodą dla obecnie niestosowalnej nauki podstawowej.

Jakie jest więc uzasadnienie uprawiania nauki podstawowej, nawet jeśli jej wyniki nie dają się obecnie zastosować? Musimy dzisiaj zdać sobie z tego sprawę, aby zapobiec przesadnym ograniczeniom poparcia politycznego i finansowego. W nauce podstawowej są wartości kulturalne i intelektualne. Zawiera ona w sobie ducha dociekliwości i odkryć. Jest poszukiwaniem w Przyrodzie odpowiedzi na pytania: „dlaczego” i „w jaki sposób”. Stara się znajdować rozwiązania nie rozstrzygniętych problemów. Odnajduje nowe wzory zachowania się Przyrody. Tego ducha trzeba kultywować, ponieważ służy on również jako inspiracja w nauce stosowanej.

Oto pouczający cytat z M. Polanyiego [2]:

„Metoda naukowa (mam tu na myśli naukę podstawową) została wynaleziona właśnie po to aby objaśniać naturę rzeczy w warunkach bardziej starannie kontrolowanych i za pomocą bardziej ścisłych kryteriów, niż to się dzieje w sytuacjach stwarzanych przez problemy praktyczne. Te warunki i te kryteria można

odkryć tylko na drodze czysto naukowego podejścia, które uprawiają tylko umysły wyszkolone w docenianiu wartości naukowych. Takiej wrażliwości nie da się uzyskać na żądanie, dla celów obcych wrodzonej pasji.”

Nauka podstawowa i nauka stosowana przeplatają się – są one jak drzewo, którego korzeniami jest nauka podstawowa. Jeśli odciąć korzenie, drzewo zwyrodnije.

Inną wartością intelektualną jest rola, jaką nauka podstawowa odgrywa w kształceniu młodych naukowców. Ona kształtuje ten rodzaj nastawienia, który okazuje się najbardziej wydajny w każdej pracy, jaką później podejmą studenci. Doświadczenie pokazuje, że trening w nauce podstawowej daje zwykle najlepszych kandydatów do prac w zastosowaniach. Nauka podstawowa ma również wartości etyczne. Kształtuje usposobienie krytyczne, gotowość do przyznania się do błędu, nastawienie antydogmatyczne, które traktuje wszystkie wyniki naukowe jako tymczasowe, otwarte na udoskonalenia, a nawet na zaprzeczenie przez przyszłe wyniki. Ona również rodzi bliższą zażyłość z Przyrodą i głębsze zrozumienie naszego miejsca i roli w świecie bliskim i odległym. Nauka podstawowa dostarcza wartości politycznych: jest (lub powinna być) ponadnarodowym wspólnym przedsięwzięciem, które zbliża ludzi poprzez granice narodowe, rasowe i ideologiczne. Celem współzawodnictwa powinna być jakość pracy, a nie z góry zaplanowane wysuwanie się jakiegoś narodu na czoło.

Niestety duży rozgłos zyskało ostatnio kilka oszustw naukowych. Wywołało to wątpliwości co do wysokiego standardu etycznego nauki. W rzeczywistości jest raczej zadziwiające jak rzadko, w porównaniu z innymi dziedzinami działalności ludzkiej, zdarzają się w nauce oszustwa lub celowe fałszywe stwierdzenia. Każdy ważny wynik naukowy zostaje sprawdzony przez inne grupy pracujące w podobnej dziedzinie. Niebezpiecznie jest ryzykować swoją reputację ogłaszając fałszywe stwierdzenia. Często oczywiście zdarzają się publikacje zawierające niezamierzone błędne wyniki, ale są one szybko eliminowane przez dalsze badania.

Atrakcyjność nauki podstawowej zmniejszyła się w ciągu ostatnich dziesięcioleci. Od lat siedemdziesiątych finansowanie badań podstawowych silnie zmalało. Nie można już ich uprawiać tak swobodnie jak w okresach poprzednich. Typowy przykład z USA: Państwowa Fundacja Naukowa, którą założono aby popierać nauki podstawowe, przestawia się na wspieranie badań stosowanych. Ta sama zmiana zaszła w Państwowych Instytutach Zdrowia. Podobne tendencje można zauważyć w Europie. „Tradycyjne” nauki podstawowe, jak fizyka cząstek, podstawowa fizyka jądrowa i astronomia, cierpią bardziej niż biologia i pewne nowe dziedziny badań podstawowych, np. badania chaosu czy nauki neurologiczne, gdyż te właśnie działy są bliższe zastosowań niż dziedziny tradycyjne. O dziwo, astronomia i kosmologia cierpią mniej niż fizyka cząstek i fizyka jądrowa. Wpływa to

stać, że istnieje wrodzone zainteresowanie społeczeństw tymi naukami, bo zajmują się one problemami bliskimi zagadnień religijnych, takimi jak: skąd wziął się Wszechświat i co z nim będzie dalej. Fizyka cząstek, aby uzyskać wyższe finansowanie, „wisi u poły” kosmologii, co usprawiedliwione jest tym, że wyniki jej badań potrzebne są aby uzyskać jakiś pogląd na to, co działo się w pierwszych trzech minutach istnienia Wszechświata.

Istnieje dużo ważnych powodów aby popierać obecnie niestosowne badania podstawowe, pozostaje jednak nadal pytanie: ile należy wydawać na ich popieranie? Czy mają być finansowane tak jak niegdyś, w latach 1946–70? Tak wysoki jak wówczas poziom dotacji spowodował niesłychane żniwo wyników, zarówno dających się bezpośrednio zastosować, jak i tych bez zastosowań praktycznych. Czy potrzebujemy tak wielu wyników w tak krótkim czasie? Jaka powinna być właściwa wysokość poparcia, a jaka jest zbyt mała? Bardzo trudno odpowiedzieć na te pytania. Jest sprawą wątpliwą, czy aby uzyskać korzyści z nauk podstawowych należy utrzymać tak bogate finansowanie jak w dziesięcioleciach powojennych. Z drugiej jednak strony, finansowanie nie powinno być zmniejszone do tego stopnia, aby to spowodowało zwiędnięcie niektórych obiecujących dziedzin nauki podstawowej i powstrzymało młodych ludzi od wchodzenia w te dziedziny.

Typowym przypadkiem takiej sytuacji jest obecny stan fizyki cząstek w USA wobec decyzji zaniechania budowy wielkiego akceleratora SSC (Superconducting Super Collider) w Teksasie. Był to olbrzymi projekt, miał kosztować 12 miliardów dolarów. Europa stoi przed podobnym problemem wobec nieco skromniejszego planu budowy zderzacza protonów. Gdy odstępuje się od takich projektów lub znacznie spowalnia ich wykonanie, powstaje niebezpieczeństwo, że liczba ludzi pracujących w fizyce cząstek spadnie poniżej krytycznej. Niestety zbyt mało wysiłku poświęcono, aby doprowadzić do budowy urządzenia międzynarodowego, w którego kosztach mogłyby partycypować wszystkie zainteresowane strony. Nacjonalizm i regionalizm doprowadziły fizykę cząstek do niezręcznej sytuacji, w której Europa i USA zrobiły niezależne plany zbudowania podobnych olbrzymich urządzeń. Polityka naukowa jest trudną dziedziną w okresach, gdy maleją środki finansowe.

Trzeba również obwinić społeczność naukową o coraz większe odchodzenie od ducha nauki podstawowej. Widzimy tu symptomy nacjonalizmu, jak np. w zbyt często używanym argumencie, że musimy w danej dziedzinie pozostać przodującym narodem. Co więcej, nadmierna specjalizacja ma ujemny wpływ na ducha nauki. W sposób treściwy wyraził to I.I. Rabi w swojej książce *Science, the Center of Culture* [3]:

„...Tylko od studenta kończącego studia, biednego zwierzęcia jucznego, można oczekiwać, że będzie wiedział po trochu o każdej z dziedzin. W miarę

wzrostu liczby fizyków każda specjalność staje się coraz bardziej samowystarczalna i zamknięta w sobie. Taka bałkanizacja oddala fizykę, a w rzeczywistości każdą naukę, od filozofii przyrody, która intelektualnie jest sensem i celem nauki.”

Uczni wkładają o wiele za mało wysiłku w to, aby wyjaśniać prosto a jednocześnie frapująco piękno, głębię i znaczenie nauki podstawowej, nie tylko jej najnowsze osiągnięcia ale również to, co dzięki niej poznano w przeszłości. Trzeba to robić w książkach, artykułach w czasopismach, programach telewizyjnych, w nauczaniu szkolnym. Trzeba przeciwstawiać się pogładowi, że nauka jest materialistyczna i niszczy systemy wartości etycznych, jak np. religię. Przeciwnie, należy podkreślać etyczne wartości nauki. Pomocne również będzie wskazywanie dodatknych osiągnięć nauki stosowanej, jej wkładu w podnoszenie standardu życia, i podkreślanie nieodzowności dalszego uprawiania nauki dla rozwiązywania problemów środowiska naturalnego.

Wygląda na to, że stoimy przed erą bardziej pragmatyczną, koncentrującą się na nauce stosowanej. Być może zbliża się koniec okresu stu lat pełnych podstawowych odkryć i nowych wartości poznania, jakie rodziły się pod wpływem teorii względności i mechaniki kwantowej. Ale nawet w takim przypadku, badania podstawowe, oparte na potrzebie lepszego zrozumienia Przyrody i nas samych, będą zawsze konieczne. Pozwolę tu sobie zacytować nieco zmieniony urywek z wyżej już wspomnianego mojego artykułu [1]:

„Wszystkie elementy i wszystkie poglądy nauki są ze sobą zespolone. Nauka nie może się rozwijać, jeśli nie uprawia się jej dla czystej wiedzy i samego poznania. Nie przetrwa, jeśli nie będzie intensywnie i mądrze wykorzystywana dla polepszenia ludzkiego życia, a nie jako narzędzie dominacji jednej grupy nad inną. Egzystencja ludzkości zależy od wspólnego odczuwania i wiedzy. Sama wiedza bez współczucia jest niehumanitarna, współczucie bez wiedzy jest nieefektywne.”

Tłumaczyła *Barbara Wojtowicz*

## Literatura

- [1] V.F. Weisskopf, *Science* **176**, 138 (1972); *Postępy Fizyki* **25**, 599 (1974).
- [2] M. Polanyi, *Personal Knowledge* (University of Chicago Press, Chicago 1958), s. 182.
- [3] I.I. Rabi, *Science, the Center of Culture* (World Publ. Co., New York 1971), s. 92.

## WSPOMNIENIA – ROCZNICE

**Andrzej Hryniewicz\***

*Instytut Fizyki Jądrowej  
im. H. Niewodniczańskiego  
Kraków*

### Fizyka w Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie

#### Physics at the Stefan Batory University in Vilna

*Abstract:* A history of the Stefan Batory University in Vilna is sketched. Particular attention is given to the development of physics research at this university and to professors of physics who contributed to this development.

W ubiegłym (1994) roku minęło 75 lat od wskrzeszenia Uniwersytetu Wileńskiego. W związku z tą rocznicą pragnę przypomnieć, w dużym skrócie, rozwój badań fizycznych w tej Uczelni, przedstawiając go na tle jej bogatej i burzliwej historii. W stosunku do mojego poprzedniego artykułu [1], napisanego z okazji czterechsetnej rocznicy założenia tego Uniwersytetu, jest to pewne rozszerzenie informacji o fizykach, głównie profesorach, rozwijających fizykę na Uniwersytecie Wileńskim w okresie międzywojennym i podczas II wojny światowej oraz o najnowszym wkładzie uczonych polskich w Wilnie do badań fizycznych.

Decyzję o przekształceniu w uniwersytet utworzonego w 1570 r. Kolegium O.O. Jezuitów w Wilnie podjął król Stefan Batory już w 1578 r. Podczas pobytu we Lwowie, wystawił on 7 lipca 1578 r. przywilej na Akademię Wileńską, taki sam jaki posiadał Uniwersytet Krakowski, a 1 kwietnia 1579 r. wydał od-

---

\*Autor był słuchaczem kompletów tajnego nauczania Uniwersytetu Stefana Batorego w czasie II wojny światowej (przyp. Red.).



powiedni dekret, który został potwierdzony przez papieża Grzegorza XIII bullą z 29 października 1579 r. W ten sposób Uniwersytet Wileński stał się drugim, po Jagiellońskim, uniwersytetem ówczesnej Rzeczypospolitej.

Od pierwszych lat istnienia Akademii uprawiane w niej były: filozofia, retoryka i teologia, a w 1641 r. król Władysław IV zezwolił na otwarcie wydziałów prawa i medycyny. Dopiero w 1775 r. Józef Mickiewicz z inicjatywy kanclerza Akademii biskupa I.J. Massalskiego zorganizował pierwszą katedrę fizyki doświadczalnej i naukowy gabinet fizyczny. Józef Mickiewicz prowadził otwarte wykłady z teorii elektryczności i meteorologii, przeprowadzał eksperymenty elektroterapeutyczne i dążył do rozpropagowania praktycznych zastosowań odkryć fizyki, co sprzyjało rozwojowi kultury technicznej na Wileńszczyźnie. Przyczynił się m.in. do spopularyzowania i do zakładania w Wilnie piorunochronów.

Po zniesieniu w 1773 r. zakonu jezuitów przez papieża Klemensa XIV, Akademia Wileńska zostaje przekształcona w Szkołę Główną Wielkiego Księstwa Litewskiego, która wspólnie ze Szkołą Główną Krakowską kierowała siecią szkół Rzeczypospolitej, zorganizowaną przez Komisję Edukacji Narodowej w jednolity system kształcenia. W Kolegium Fizycznym Wileńskiej Szkoły Głównej już wówczas polski język wykładowy zaczął wypierać łacinę, gdyż profesorowie, dążąc do propagowania użytecznych aspektów badań naukowych, starali się aby ich otwarte wykłady były zrozumiałe dla jak najszerszego grona słuchaczy. Kładąc główny nacisk na praktyczne zastosowania fizyki, nie prowadzono prac o charakterze podstawowym. Profesorowie starali się jednak opierać wykłady na najnowszych wynikach badań i tak np. fizyk S. Stubielewicz wykladał poglądy Lavoisiera na spalanie ciał, pomimo że w obowiązującym podręczniku zjawisko to tłumaczono jeszcze w myśl teorii flogistonu.

Po rozbiorach Polski, Szkoła Główna Wielkiego Księstwa Litewskiego została przemianowana na Wileńską Szkołę Wyższą, a w 1803 r. – na Imperatorski Uniwersytet Wileński. Utworzenie przez cara Aleksandra I tzw. Wileńskiego Okręgu Naukowego, obejmującego gubernie: wileńską, kowieńską, grodzieńską, mińską, witebską, mohylewską, kijowską, podolską i wołyńską, oddało pod zarząd Uniwersytetu Wileńskiego wszystkie szkoły tego olbrzymiego okręgu. Uniwersytet miał corocznie ok. 1500 słuchaczy na czterech wydziałach: fizyczno-matematycznym, prawno-teologicznym, medycznym i literackim wraz ze sztukami pięknymi, a opiekując się słynnym Liceum Krzemienieckim, dziewięcioma gimnazjami i 54 szkołami powiatowymi, miał wpływ na kształcenie 15–20 tysięcy młodzieży. W 1816 r. język polski został uznany jako jedyny oficjalny język Uniwersytetu.

Po upadku powstania listopadowego, 1 maja 1832 r., car Mikołaj I nakazał ministrowi oświaty zamknąć Uniwersytet Wileński, znieść Wileński Okręg Naukowy i wcielić do go Okręgu Białoruskiego. Pozostawiono w Wilnie Akademię

Medyko-Chirurgiczną i Szkołę Teologiczną. Akademia Medyko-Chirurgiczna uzyskała prawo prowadzenia wykładów z niektórych nauk wydziału fizyczno-matematycznego, m.in. fizyki. Znaczna część wyposażenia i pomocy naukowych została przeniesiona do świeżo stworzonego Uniwersytetu Św. Włodzimierza w Kijowie. W 1842 r. następuje kasacja Wileńskiej Akademii Medyko-Chirurgicznej. Jej bogate wyposażenie, łącznie z gabinetem fizycznym, zostało również przekazane Kijowowi, a studenci dość arbitralnie przypisani Uniwersytetowi Kijowskiemu i niemieckojęzycznemu Uniwersytetowi w Dorpacie (obecnie Tartu w Estonii). Równocześnie Wileńską Szkołę Teologiczną przeniesiono do Petersburga. Akademię Wileńską obciążono przy tym kosztami likwidacji i transportu zabranego jej mienia [2-5].

Chociaż w ciągu tego pierwszego, ponad 250-letniego rozdziału swej historii Uniwersytet Wileński nie może poszczycić się fizykami o światowej sławie, to w innych dziedzinach nauk, w literaturze i w sztuce wniósł wielki wkład do europejskiej kultury. W 1753 r. powstało w Wilnie Obserwatorium Astronomiczne, pierwsze w Polsce i jedno z pierwszych na świecie. Wśród wybitnych rektorów Uniwersytetu byli: Piotr Skarga - autor Kazań Sejmowych, teolog Jakub Wujek - autor pięknego polskiego przekładu *Biblii*, astronom Marcin Poczobut-Odlanicki, astronom i filozof Jan Śniadecki - odkrywca (niezależnie od Olbersa) planetoidy Pallas i autor *Filozofii Umysłu Ludzkiego*. Na Uniwersytecie Wileńskim wykładali m.in.: poeta Maciej Sarbiewski - uwieczniony laurem poetyckim przez papieża Urbana VIII, botanik Stanisław Jundziłł, biolog pochodzenia niemieckiego Ludwik Bojanus - twórca pierwszej polskiej szkoły weterynarii, filolog Godfryd Groddeck, malarz Franciszek Smuglewicz, chemik i biolog Jędrzej Śniadecki - autor *Teorii Jestestw Organicznych* i historyk Joachim Lelewel. W poczet wychowanków Uniwersytetu Wileńskiego zaliczali się: Adam Mickiewicz, Juliuszłowacki, Józef Ignacy Kraszewski, Wincenty Pol i Ignacy Domeyko.

Po odzyskaniu niepodległości Naczelnik Państwa Józef Piłsudski dekretem z 7 maja 1919 r. powołał prof. Ludwika Kolankowskiego do podjęcia pracy nad odrodzeniem Wszechnicy Wileńskiej, a dekretem z 28 sierpnia 1919 r. wskrzesił Uniwersytet Wileński i nadał mu nazwę Uniwersytetu Stefana Batorego, podpisując równocześnie nominację prof. Michała Siedleckiego na rektora i prof. Józefa Ziemeckiego na prorektora wskrzeszonej uczelni.

Już we wrześniu 1919 r. kierownicy dwóch katedr fizyki doświadczalnej, profesorowie Wacław Dziewulski [6] i Józef Patkowski [7] zaczęli organizować Zakład Fizyczny.

**Wacław Dziewulski**, ur. w Warszawie w 1882 r., studiował na Politechnice Warszawskiej, w 1906 r. wyjechał do Getyngi, gdzie w pracowni prof. W. Voigta badał efekt Kerra, a następnie do Manchesteru, gdzie pod kie-

runkiem prof. E. Rutherforda pracował nad zjawiskiem Zeemana w wodorze. W 1913 r. uzyskał stopień doktora filozofii na Uniwersytecie w Getyndze. W latach 1913–17 był asystentem prof. Mariana Smoluchowskiego na Uniwersytecie Jagiellońskim. W 1917 r. został asystentem prof. Józefa Wierusza-Kowalskiego na Uniwersytecie Warszawskim, a w 1919 r. powołano go do Uniwersytetu Stefana Batorego (USB) w Wilnie na stanowisko zastępcy profesora fizyki doświadczalnej. W lutym 1921 r. został mianowany profesorem nadzwyczajnym.

**Józef Patkowski**, ur. w Warszawie w 1887 r., studiował w Krakowie, Monachium i ponownie w Krakowie, gdzie był młodszym asystentem prof. Augusta Witkowskiego i zajmował się badaniem dyspersji optycznej w gazach. Od jesieni 1914 r. pracował w Instytucie Radiologicznym Akademii Umiejętności w Wiedniu, a w 1916 r. został asystentem prof. Smoluchowskiego w Zakładzie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. W 1917 r. otrzymał stopień doktora. Po śmierci Smoluchowskiego prowadził na UJ zlecone wykłady fizyki doświadczalnej dla studium rolniczego. W 1919 r. został powołany do USB w Wilnie na stanowisko zastępcy profesora, a w lutym 1921 r. objął Katedrę Fizyki Doświadczalnej jako profesor nadzwyczajny.

Zakład fizyczny wraz z zakładami chemicznymi USB znalazł pomieszczenie przy zbiegu ulic Słowackiego (poprzednio Kaukaskiej) i Nowogródzkiej, w gmachu byłej szkoły chemiczno-technicznej. Fizyka zajęła pomieszczenia o powierzchni ok. 1000 m<sup>2</sup>, gdzie poprzednio znajdowały się warsztaty i biura szkoły. Gmach był w stanie zupełnej dewastacji po kilkuletnim pobycie w nim wojskowych szpitali niemieckich. W skrzydle budynku oddanym Zakładowi Fizyki nie było kanalizacji, wodociągu, gazu i elektryczności. Zajęto się więc przede wszystkim remontem, przeprowadzeniem najniezbędniejszych instalacji i organizacją warsztatu. Oddano do użytku salę wykładową i salę ćwiczeń. W styczniu 1920 r. rozpoczęły się wykłady z fizyki, na które uczęszczali studenci Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego, Wydziału Lekarskiego, Oddziału Farmaceutycznego i Studium Rolniczego. Inwazja bolszewicka w 1920 r. przerwała na pół roku prace organizacyjne. Najcenniejsze przyrządy zostały wysłane do Warszawy, na przechowanie w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu, ale już w 1921 r. wróciły do Wilna wzbogacone o kolekcję przyrządów zakupionych od prof. Wierusza-Kowalskiego wraz z 400-tomową biblioteką. W lecie 1921 r. rozpoczęto ćwiczenia dla matematyków i przyrodników. Uruchomienie własnego warsztatu i zatrudnienie zdolnego mechanika Edmunda Brandela pozwoliło na wykonywanie przyrządów do demonstracji wykładowych i prac naukowych.

W pierwszych, trudnych latach pomagali profesorom w uruchamianiu pracowni dydaktycznych i naukowych, w budowie prostych przyrządów i w prowadzeniu zajęć ze studentami asystenci Hipolit Piwnikiewicz i Jan Kadenacy. Wkrótce dołączyli do nich Jadwiga Falkowska i Henryk Niewodniczański [8-10], a następnie Piotr Bielkowicz, Bolesław Cynk, Józef Hrynkiewicz, Eugeniusz Skorko, Wilhelm

Stasiewicz, Waław Turczyński, Stefan de Walden i Irena Wasiutyńska. Pierwsze magisteria z fizyki uzyskali B. Cynk i J. Hryniewicz, a doktoraty H. Niewodniczański i A. Cukierman.

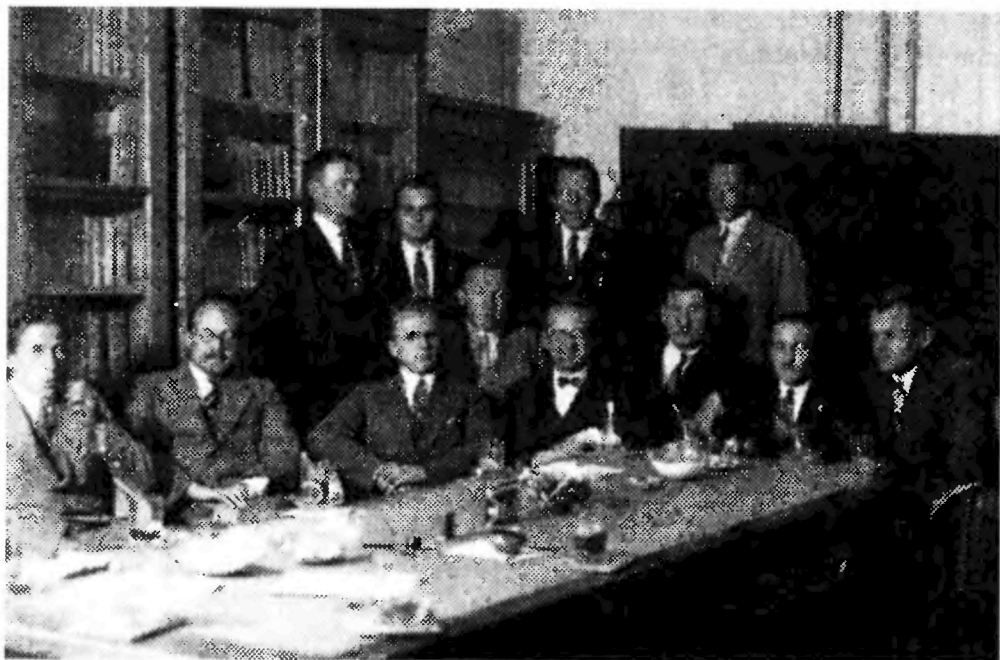
W 1922 r. powstał Zakład Fizyki Teoretycznej, którego kierownictwo objął prof. Jan Weysenhoff [11], zajmujący się wówczas podstawami szczególnej i ogólnej teorii względności. Do 1926 r. Seminarium Mechaniki kierował zastępca profesora dr Waław Staszewski [12], który następnie został dyrektorem wzorowego Liceum im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, pozostającego pod patronatem USB.

**Jan Weysenhoff**, ur. w Warszawie w 1889 r., od 1909 r. studiował matematykę a następnie fizykę na Wydz. Filozoficznym Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pracę doktorską nad przewodnictwem cieplnym wody rozpoczął w Pracowni prof. Mariana Smoluchowskiego. Po wybuchu I wojny światowej wyjechał do Zurychu, gdzie w 1916 r. uzyskał stopień doktora filozofii na podstawie rozprawy o zastosowaniu mechaniki kwantowej do teorii paramagnetyzmu. W 1921 r. habilitował się u prof. Władysława Natansona na UJ uzyskując *veniam legendi* z zakresu fizyki doświadczalnej i teoretycznej. W 1922 r. został powołany na stanowisko prof. nadzw. fizyki teoretycznej USB.

**Waław Staszewski**, ur. w Warszawie w 1892 r., rozpoczął w 1910 r. studia w Krakowie. Na lata akad. 1911/12 i 1912/13 wyjechał do Getyngi. Po powrocie do Krakowa pracował w dziedzinie elektroosmozy pod kierunkiem prof. M. Smoluchowskiego. W 1917 r. uzyskał stopień doktora filozofii. Po śmierci Smoluchowskiego objął stanowisko starszego asystenta na Politechnice Warszawskiej. Rok akad. 1919/20 spędził w University College w Londynie, gdzie u prof. W.H. Bragga zapoznał się z techniką rentgenowską. Od 1921 r. był zastępcą profesora USB i wykładał matematykę oraz fizykę teoretyczną. Po przeniesieniu się do szkolnictwa średniego nie zerwał związków z USB i od 1926 r. prowadził wykłady zleczone na Wydz. Matematyczno-Przyrodniczym.

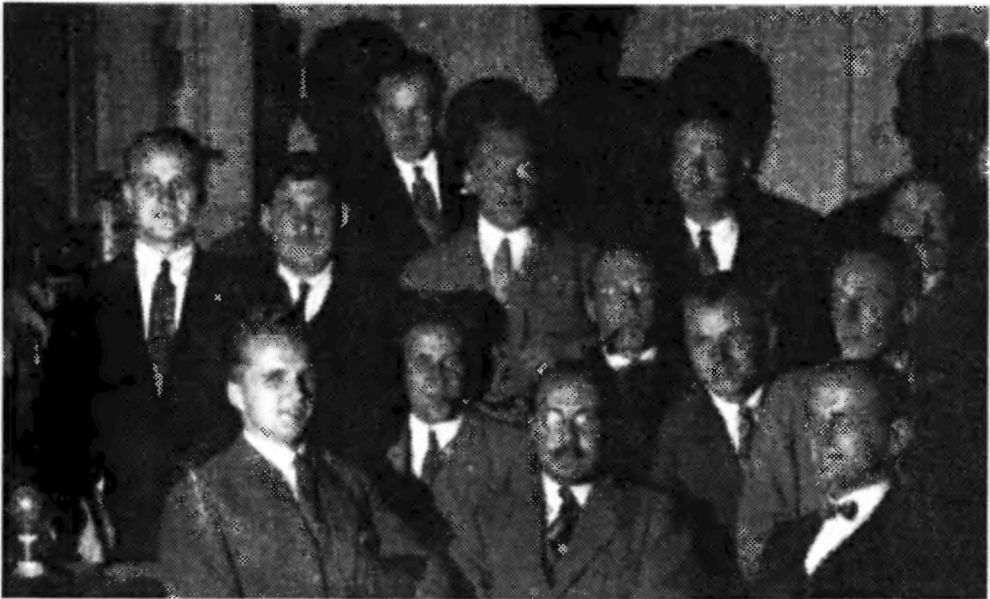
Zakład Fizyki Doświadczalnej był stopniowo wyposażany w podstawowe urządzenia. Profesor Patkowski dwukrotnie wyjeżdżał do Niemiec w celu zakupu i sprowadzenia książek i przyrządów dla Zakładu Fizycznego a także załatwienia zamówień dla innych zakładów USB. W końcu pierwszego dziesięciolecia międzywojennego Zakład posiadał instalację rentgenowską, baterie akumulatorów na 120 V i 2000 V, instalację do skraplania powietrza, przetwornicę na prąd zmienny, transformator rezonancyjny, mały elektromagnes typu Du Bois, mikrofotometr samozapisujący oraz zbiór przyrządów optycznych i elektrycznych, takich jak spektrografy, monochromatory, elektrometry, galwanometry itp. Powiększały się również zbiory biblioteki, osiągając w 1929 r., razem z czasopismami, 1650 tomów. Brak było jednak czasopism sprzed 1913 r. Plany budowy nowego gmachu zostały zredukowane do dobudowy skrzydła o powierzchni 500 m<sup>2</sup>.

Prace naukowe z fizyki doświadczalnej rozpoczęły się już w 1923 r. Początkowo dotyczyły optyki metali. Wkrótce jednak ich zakres został rozszerzony na



Fot. 1. Siedzą (od lewej): Donat Jasiński, Józef Patkowski, ?, Henryk Niewodniczański, Wacław Staszewski, Aleksander Dmochowski, ?, Eugeniusz Skorko; stoją (od lewej): ?, Wsiewołod Kulbicki, Józef Hrynkiewicz, Henryk Horodniczy (1930 r.; to i dalsze zdjęcia wykonano podczas spotkań towarzyskich w Zakładzie Fizyki Uniwersytetu Stefana Batorego)

optykę molekularną. Wielką rolę w rozwoju prac naukowych odegrały, jak zawsze, wyjazdy zagraniczne. Profesor Patkowski spędził rok akademicki 1927/28 w Newcastle (Wielka Brytania), gdzie wspólnie z prof. Curtisem opublikował pracę na temat efektu izotopowego w widmach pasmowych. Po powrocie do kraju kontynuował wraz ze swymi współpracownikami badania w dziedzinie spektroskopii molekularnej. W 1927 r. dr Henryk Niewodniczański wyjechał do Instytutu Fizyki w Tybindze, gdzie pracował pod kierunkiem prof. Waltera Gerlacha nad zjawiskiem fluorescencji pary rtęci. Niewodniczański habilitował się w 1932 r. W tym czasie zaczął się zajmować problemem wzbronionych linii widmowych. Opracował przy tym wydajną metodę uzyskiwania emisji tych linii w mieszaninach nieznacznych ilości par metali z gazami szlachetnymi, poddanych wyładowaniom elektrycznym wysokiej częstotliwości. Przy współudziale doc. dra Jana Blatona [13], teoretyka, który przyjechał w tym czasie do Wilna, dokonał jednego z największych odkryć polskiej fizyki okresu międzywojennego. Stwierdził mianowicie ist-



Fot. 2. Na pierwszym planie (od lewej): ?, Donat Jasiński, Józef Patkowski, Józef Hrynkiewicz, Eugeniusz Skorko, Wacław Staszewski, Henryk Horodniczy; na drugim planie (od lewej): Wsiewołod Kulbicki, Aleksander Dmochowski, ?, Henryk Niewodniczański, ?, ? (1932 r.)

nienie promieniowania magnetycznego dipolowego, przewidzianego teoretycznie przez Wojciecha Rubinowicza.

**Jan Blaton** urodził się w Sporyszu k. Żywca w 1907 r. W 1925 r. rozpoczął studia na Politechnice Lwowskiej, gdzie w 1928 r. spotkał prof. Wojciecha Rubinowicza, pod którego kierunkiem zajął się problemem promieniowania multipolowego. W 1931 r. został magistrem, a w 1932 r. uzyskał stopień doktora. Jako stypendysta Funduszu Kultury Narodowej spędził kilka miesięcy w Monachium u prof. A. Sommerfelda. Po powrocie do kraju pracował w latach 1933–35 na USB w Wilnie, gdzie otrzymał stopień doktora habilitowanego.

W 1934 r. Niewodniczański wyjechał jako stypendysta Fundacji Rockefellera do Cambridge, gdzie najsłynniejszym wówczas ośrodkiem fizyki jądrowej kierował Ernest Rutherford. Początkowo zajmował się tam fizyką niskich temperatur, badając zmiany oporu metali w temperaturach ciekłego wodoru i helu, a następnie rozpoczął pracę w nowej dla siebie dziedzinie – fizyce jądrowej, wykonując wspólnie z C.H. Westcottem pionierskie badania absorpcji w różnych substancjach neutronów spowalnianych w temperaturach ciekłego azotu i ciekłego wodoru. Niewodniczański był zafascynowany fizyką jądrową i postanowił kontynu-



Fot. 3. Siedzą (od lewej): Wacław Dziewulski, Irena Niewodniczańska, Henryk Niewodniczański, Józef Patkowski, Jadwiga Falkowska (?); stoją (od lewej): Wacław Turczyński, Wacław Staszewski, Józef Hrynkiewicz, Eugeniusz Skorko, Aleksander Garnysz, Donat Jasiński, ?, Ludwik Dąbrowski, Henryk Horodniczy, Wsiewołod Kulbicki (1932 r.)

ować badania w tej dziedzinie po powrocie do kraju. Jesienią 1935 r. otrzymał zasiłek Funduszu Kultury Narodowej i przystąpił do organizowania w Wilnie laboratorium fizyki jądrowej.

W drugiej połowie lat trzydziestych nastąpiły znaczne zmiany personalne w fizyce wileńskiej. W 1935 r. prof. J. Patkowski objął stanowisko dyrektora departamentu w Ministerstwie Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego i tylko nominalnie pozostał profesorem USB. Na jego miejsce przyjechał z Warszawy Aleksander Jabłoński [14] inicjując prace nad zagadnieniem szerokości linii widmowych. Doc. Jan Błaton został w 1936 r. dyrektorem Państwowego Instytutu Meteorologicznego w Warszawie. W 1935 r. prof. Jan Weyssenhoff przeszedł do Uniwersytetu Jagiellońskiego na katedrę po Władysławie Natansonie, a kierownictwo Zakładu Fizyki Teoretycznej USB objął prof. Szczepan Szczeniowski [15], znany na świecie z prac nad dyfrakcją elektronów. Doc. H. Niewodniczański zo-



Fot. 4. Siedzą (od lewej): Jadwiga Falkowska (?), Waław Staszewski, Donat Jasieński, Józef Patkowski, Henryk Niewodniczański, Irena Niewodniczańska, Waław Dziewulski, Eugeniusz Skorko; stoją (od lewej): ?, Ludwik Dąbrowski, Wsiewołod Kulbicki, Aleksander Garnysz, Józef Hrynkiwicz, Henryk Horodniczy, Waław Turczyński (1932 r.)

stał w 1937 r. powołany na Katedrę Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Poznańskiego. W sierpniu 1938 r. zmarł prof. Waław Dziewulski i do czasu powrotu do Wilna prof. Niewodniczańskiego w 1939 r., kuratorem Zakładu Fizyki Doświadczalnej był prof. Szczeniowski. W ciągu drugiego dziesięciolecia międzywojennego prace eksperymentalne w wileńskim ośrodku fizyki rozpoczęli młodzi wychowankowie USB: Kazimierz Antonowicz, Ludwik Dąbrowski, Aleksander Dmochowski, Aleksander Garnysz, Donat Jasieński, Eugeniusz Jurkiewicz, Henryk Horodniczy, Wsiewołod Kulbicki, Zdzisław Małkowski i Włodzimierz Mościcki. W Zakładzie Fizyki Teoretycznej zaczęli pracować Józef Lubański i Andrzej Sinica.

**Aleksander Jabłoński** urodził się w 1898 r. w Woskriesienówce, w guberni kurskiej na Ukrainie. Rozpoczął studia fizyki na Uniwersytecie w Charkowie, a od 1919 r. kontynuował je na Uniwersytecie Warszawskim. Po uzyskaniu stopnia magistra w 1925 r. został młodszym asystentem w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej kierowanym przez prof. Stefana Pieńkowskiego. Rozpoczął w tym czasie pionierską działalność badawczą nad fluorescencją, fosforescencją i absorpcją promieniowania przez atomy i drobiny. W 1930 r. został doktorem filozofii. Lata 1930–31 spędził w Berlinie w Zakładzie Petera Prings-



heima i w Hamburgu, w pracowni Ottona Sterna jako stypendysta Fundacji Rockefellera. W 1932 r. sformułował jakościową wersję kwantowego podejścia do zagadnienia ciśnieniowego poszerzenia linii widmowych. W swojej działalności naukowej łączył prace teoretyczne z badaniami doświadczalnymi, których wyniki były weryfikacją przewidywań teoretycznych. Po habilitacji w 1934 r. kontynuował pracę nad ciśnieniowym rozszerzeniem linii widmowych, przechodząc do ujęcia ilościowego opartego na mechanice kwantowej. Rozpoczęte w Warszawie badania były nadal prowadzone w Wilnie, gdzie w kwietniu 1938 r. został powołany na stanowisko prof. nadzw. USB.

**Szczepan Szczeniowski** urodził się w Warszawie w 1898 r. Początek jego studiów zbiega się z otwarciem Uniwersytetu Warszawskiego w 1916 r. Już w czasie studiów, w 1918 r. został zastępcą asystenta. Studia przerwane służbą wojskową kontynuował od 1920 r. i ukończył je w 1923 r. Od 1922 r. był asystentem prof. Stefana Pieńkowskiego, pod którego kierunkiem zajął się wydajnością fluorescencji. Był to temat jego pracy doktorskiej, obronionej w 1926 r. W 1927 r. zmienił tematykę badań i przeprowadził pionierskie eksperymenty nad braggowskim odbiciem elektronów od płaszczyzn krystalicznych bizmutu. Roczny pobyt na Uniwersytecie w Chicago, w laboratorium A.H. Comptona, gdzie nawiązał kontakt z Wernerem Heisenbergiem, rozbudził jego zainteresowanie fizyką teoretyczną. Po powrocie do kraju habilitował się w 1930 r. i objął Katedrę Fizyki Teoretycznej na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie. W 1933 r. został profesorem nadzwyczajnym, a w 1937 r. objął Katedrę Fizyki Teoretycznej na USB w Wilnie. Tuż przed wybuchem wojny został wybrany dziekanem Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego.

Wileński ośrodek fizyczny obok prac dydaktycznych i naukowych prowadził szeroką działalność wydawniczą. Profesorowie wileńscy: Dzewulski, Patkowski, Staszewski, Szczeniowski i Weyssenhoff podjęli wznowienie fundamentalnego podręcznika fizyki Augusta Witkowskiego. Wyszedł pierwszy tom i rozpoczął się druk drugiego, przerwany wybuchem wojny. Profesor Szczeniowski był redaktorem naczelnym *Acta Physica Polonica*, a prof. Staszewski, wspólnie z Aleksandrem Dmochowskim, redagował pismo dla nauczycieli *Fizyka i Chemia w Szkole*.

W Wilnie odbyły się dwa Zjazdy Fizyków Polskich: IV w 1928 r. i IX w 1938 r.

W 1939 r., po zajęciu przez Armię Czerwoną Wilna i przekazaniu go przez Związek Radziecki Litwie, 16 grudnia władze litewskie zamknęły Uniwersytet Stefana Batorego. Na jego miejsce został utworzony Uniwersytet Litewski, a wszystkie katedry USB zostały przejęte przez profesorów kowieńskich.

Czołówkę uczonych litewskich, którzy objęli katedry fizyki, stanowili Povilas Brazdziunas (1897–1986), doktor Uniwersytetu w Zurychu, uznany za założyciela podstaw litewskiej fizyki doświadczalnej i Adolfas Jucys (1904–1974), stażysta Uniwersytetu w Manchester i Cambridge – założyciel litewskiej szkoły fizyki teoretycznej. Do tej grupy seniorów wchodzi również prof. dr Antanas Puodziukynas (1898–1986) i prof. dr Antanas Zvironas (1899–1986).

Dawni profesorowie USB w początkowym okresie wojny otrzymywali za zgodą rządu Litwy pewną pomoc finansową od Fundacji Kościuszkowskiej. Inwazja niemiecka na Związek Radziecki, w skład którego wchodziła już wówczas Socjalistyczna Republika Litwy, przerwała na cztery lata działalność Uniwersytetu Wileńskiego. Profesorowie Niewodniczański i Szczeniowski pozostali w Wilnie i włączyli się w akcję tajnego nauczania. Słuchaczami kompletów tajnego nauczania fizyki i matematyki USB byli m.in. Andrzej Hrynkiewicz i Danuta Kunisz, późniejsi profesorowie Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Dnia 13 lipca 1944 r. Armia Czerwona ponownie zajęła Wilno. Miasto było bardzo zniszczone, ale natychmiast podjęto odbudowę Uniwersytetu Wileńskiego. Już na jesieni 1944 r. na Uniwersytet zapisało się ok. 1000 studentów. Do 1955 r. działał równocześnie Uniwersytet w Kownie, z którego następnie powstały Instytut Politechniczny i Instytut Medyczny. Państwowemu Uniwersytetowi Wileńskiemu nadano imię Vincasa Kapsukas – pisarza i historyka kultury, przewodniczącego Komunistycznej Partii Litwy, który w latach 1918–19 był przewodniczącym rządu Sowieckiej Litwy.

W dziedzinie fizyki jedynym łącznikiem Uniwersytetu Stefana Batorego z Państwowym Uniwersytetem Wileńskim był Henryk Horodniczy [16], uczeń prof. J. Patkowskiego, a następnie współpracownik prof. A. Jabłońskiego, który pozostał w Wilnie, uzyskał stopień doktora w 1943 r., a po wojnie przez szereg lat był dziekanem Wydziału Fizycznego. Zmarł w 1989 r.

Obecnie w skład Wydziału Fizyki Uniwersytetu Wileńskiego wchodzi 6 katedr fizyki: Katedra Radiofizyki (kierownikiem jej jest prof. Vladislovas Ivaška, specjalista w dziedzinie teorii fal elektromagnetycznych, falowodów i girotropii), Katedra Fizyki Półprzewodników (kierownikiem jej jest prof. Juozas Vidmantis Vaitkus, członek korespondent Litewskiej Akademii Nauk, specjalista w dziedzinie optyki półprzewodników), Katedra Elektroniki Ciała Stałego (kierownikiem jej jest prof. Edmundas Montrimas, badacz fotoprzewodnictwa nieuporządkowanych materiałów nanokrystalicznych), Katedra Elektroniki Kwantowej (kierownikiem jej jest prof. Algis Piskarskas, członek korespondent Litewskiej Akademii Nauk, zajmujący się optyką nieliniową), Katedra Fizyki Ogólnej i Spektroskopii (kierownikiem jej jest prof. Liudvikas Kimtys, specjalista w dziedzinie badań związków organicznych metodą magnetycznego rezonansu jądrowego), Katedra Fizyki Teoretycznej (kierownikiem jej jest prof. Antanas Bandzaitis, specjalista z zakresu fizyki matematycznej). W skład Wydziału Fizyki wchodzi również Obserwatorium Astronomiczne kierowane przez doc. Jakubasa Sudžiusa oraz Międzywydziałowy Instytut Materiałoznawstwa i Nauk Stosowanych, którego dyrektorem jest prof. Juozas Vidmantis Vaitkus.

O dalszych losach głównych *dramatis personae* – profesorów fizyki USB

można się dowiedzieć ze wspomnień pośmiertnych ich uczniów lub współpracowników, gdyż już żaden z wymienionych profesorów nie żyje.

Jan Blaton, mimo zajmowanego od 1936 r. stanowiska dyrektora Państwowego Instytutu Meteorologicznego w Warszawie i publikacji dwóch prac cytowanych w podręcznikach meteorologii, nadal zajmował się problemem promieniowania multipolowego. W czasie okupacji niemieckiej mieszkał w leśniczówce na Mazurach, skąd systematycznie przyjeżdżał do Warszawy aby wykładać mechanikę teoretyczną i fizykę na tajnym Uniwersytecie. Po wojnie brał czynny udział w organizowaniu w Lublinie Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, gdzie otrzymał Katedrę Fizyki Ogólnej a następnie Fizyki Teoretycznej. W 1946 r. przeniósł się do Krakowa obejmując na Uniwersytecie Jagiellońskim Katedrę Mechaniki Teoretycznej. Zginął tragicznie w Tatrach 17 maja 1948 r.

Aleksander Jabłoński brał udział w kampanii wrześniowej. Z armią polską na wschodzie przez Irak dostał się do Wielkiej Brytanii, gdzie w latach 1943–45 był wykładowcą fizyki na Polskim Wydziale Lekarskim w Edynburgu. W listopadzie 1945 r. wrócił do kraju i po kilku miesiącach pracy na Uniwersytecie Warszawskim otrzymał nominację na prof. zw. w nowo utworzonym Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Podjął tam organizację nauczania i badań fizycznych, doprowadził do budowy gmachu *Collegium Physicum*, oddanego do użytku w 1951 r. Jest autorem ponad 100 prac nt. luminescencji i ciśnieniowego rozszerzenia linii widmowych. W 1956 r. został członkiem korespondentem, a w 1961 r. członkiem rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk. Przez szereg lat był prezesem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, które przyznało mu członkostwo honorowe i Medal Smoluchowskiego. Był doktorem *honoris causa* kilku uniwersytetów. Zmarł w Toruniu 9 września 1980 r.

Henryk Niewodniczański opuścił Wilno w 1945 r. Wykładał na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie a następnie przez kilka miesięcy był profesorem kontraktowym i kierownikiem II Zakładu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu i Politechniki we Wrocławiu. W maju 1946 r. został mianowany prof. zw. fizyki doświadczalnej na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Jagiellońskiego. Początkowo wspólnie z prof. Konstantym Zakrzewskim, a po jego śmierci sam organizował od podstaw badania naukowe i działalność dydaktyczną w zakresie fizyki doświadczalnej. Po powstaniu Polskiej Akademii Nauk zorganizował w 1952 r. na terenie Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego Zakład II Fizyki Jądra Atomowego Instytutu Fizyki PAN, który z czasem przerodził się w samodzielny Instytut Fizyki Jądrowej w Krakowie. Jako dyrektor Instytutu Fizyki UJ i Instytutu Fizyki Jądrowej był inicjatorem większości kierunków badań rozwijanych w tych Instytutach. W latach 1951–53 był prorektorem Uniwersytetu Jagiellońskiego. Od 1947 r. był członkiem Polskiej Akademii Umiejętności,

od 1952 r. członkiem korespondentem, a od 1961 r. członkiem rzeczywistym PAN. Zmarł w Krakowie 20 grudnia 1968 r.

Józef Patkowski, będąc dyrektorem departamentu ministerstwa w Warszawie, nie zerwał łączności z USB i co dwa tygodnie przyjeżdżał do Wilna aby prowadzić wykłady. Wojna oderwała go od Wilna. W nocy z dnia 20 na 21 sierpnia 1942 r. zginął w Warszawie w czasie bombardowania Żoliborza przez lotnictwo radzieckie.

Wacław Staszewski po zwolnieniu w grudniu 1939 r. z pracy na USB i w Liceum J.J. Śniadeckich zajmował się do końca wojny tajnym nauczaniem. Latem 1946 r. przyjechał do Torunia, gdzie jako zastępca profesora prowadził przez rok wykłady z mechaniki teoretycznej na UMK. W 1947 r. przeniósł się do Lublina gdzie do marca 1950 r. prowadził wykłady na Katolickim Uniwersytecie Lubelskim (KUL). W 1948 r. objął kierownictwo Zakładu Fizyki Wydziału Rolnego na UMCS. W 1953 r. został kierownikiem Zakładu Fizyki na KUL-u, w którym pracował do przejścia na emeryturę w 1962 r. Wykłady zlecone prowadził do 1968 r. W czasie pracy w Lublinie był jednym z organizatorów życia naukowego. Zajmował się metodyką i dydaktyką fizyki i był inicjatorem Muzeum Fizycznego. Zmarł w Lublinie 3 marca 1970 r.

Szczepan Szczeniowski po zakończeniu wojny wyjechał z Wilna do Torunia a następnie do Poznania, gdzie we wrześniu 1945 r. objął Katedrę Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Poznańskiego. Do 1952 r. był równocześnie kuratorem Katedry Fizyki Teoretycznej. W 1948 r. otrzymał nominację na profesora Uniwersytetu Jagiellońskiego, ale postanowił pozostać w Poznaniu, gdzie wykonywał pracę kilku profesorów, prowadząc większość wykładów z fizyki zarówno teoretycznej jak i doświadczalnej, których owocem był m.in. sześciotomowy podręcznik *Fizyka Doświadczalna*. Brał udział w organizacji poznańskiej filii Instytutu Fizyki PAN (późniejszego Instytutu Fizyki Molekularnej PAN), w którym w 1954 r. objął kierownictwo Zakładu Ferromagnetyków. Przejawiał stałą troskę o poziom i ukierunkowanie fizyki na polskich uczelniach technicznych. W związku z tym, już od 1955 r. dojeżdżał z Poznania do Warszawy, by wykładać w Politechnice Warszawskiej, do której przeniósł się na stałe w 1962 r. W 1964 r. został członkiem korespondentem, a w 1974 r. członkiem rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk. Zmarł w Warszawie 18 lutego 1979 r.

Jan Weysenhoff po przejściu na emeryturę W. Natansona w 1935 r. objął Katedrę Fizyki Teoretycznej na Uniwersytecie Jagiellońskim. W czasie okupacji hitlerowskiej pracował nad wyprowadzeniem równań ruchu cząstek ze spinem z równań pola grawitacyjnego. Wyniki tych prac zostały opublikowane po wojnie. Kolejny nurt prac wypływał z chęci pogodzenia ze sobą i unifikacji teorii względności i mechaniki kwantowej i polegał na próbie rewizji podstawowych pojęć geometrii mikroświata fizycznego przez zastosowanie geometrii kul Liego, co wiązało

się z koncepcją długości elementarnej. Jest autorem kilku książek i monografii m.in. *Zasad Elektromagnetyki i Optyki Klasycznej*. Od 1945 r. był redaktorem naczelnym głównego polskiego czasopisma fizycznego o zasięgu międzynarodowym *Acta Physica Polonica*, a od 1960 r. redaktorem naczelnym *Postępów Fizyki*. W 1958 r. został członkiem korespondentem, a w 1966 r. członkiem rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk. Zmarł w Krakowie 11 sierpnia 1972 r.

Nowy rozdział wkładu polskich uczonych w Wilnie do badań fizycznych otwiera powstanie Stowarzyszenia Naukowców Polaków Litwy. W 1985 r. Stowarzyszenie uzyskało osobowość prawną i rozpoczęło rozmowy z przedstawicielami Sejmu i Rządu Republiki Litewskiej na temat utworzenia niepaństwowej uczelni polskiej w Wilnie. Uniwersytet Polski w Wilnie rozpoczął działalność dydaktyczną 3 października 1991 r. W lutym 1992 r. zostały wybrane tymczasowe władze uczelni: senat, rektor i dziekani. Pierwszym rektorem Uniwersytetu został Romuald Brazis, Prezes Stowarzyszenia Naukowców Polaków Litwy. Profesor Brazis jest fizykiem, specjalistą w dziedzinie spektrometrii i badań półprzewodników. Urodził się w Podwarańcach w powiecie wileńskim w 1942 r. W 1971 r. obronił pracę doktorską, a w 1982 r. uzyskał stopień doktora habilitowanego w Uniwersytecie Wileńskim. Założył i redaguje pismo naukowe w języku polskim *Studium Vilnense*. Pracę społeczną w Polskim Uniwersytecie, gdzie oprócz pełnienia funkcji rektora jest kierownikiem Katedry Fizyki, łączy z pracą naukową w Instytucie Fizyki Półprzewodników Litewskiej Akademii Nauk. W 1991 r. otrzymał tytuł prof. zw. i został wybrany do Rady Naukowej Litwy. W czerwcu 1995 r. prof. Brazis został wybrany na członka zagranicznego Polskiej Akademii Umiejętności.

Pierwsze prace badawcze wykonane przy udziale pracowników Uniwersytetu Polskiego w Wilnie (UPW) zostały przedstawione na Międzynarodowej Szkole Fizyki Teoretycznej zorganizowanej przez Uniwersytet Wrocławski w 1993 r. i na VI Międzynarodowej Konferencji Fizyki Podczerwieni w Asconie w 1994 r. We wrześniu 1994 r. pierwszych pięciu studentów UPW zakończyło prace dyplomowe na stopień licencjata, a ich kwalifikacje do nauczania fizyki zostały uznane przez Komisję Kolegium Nauczycielskiego Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

## Literatura

- [1] A. Hrynkiewicz, „Fizyka w Uniwersytecie Wileńskim – w czterechsetną rocznicę założenia tego Uniwersytetu”, *Postępy Fizyki* **31**, 65 (1980).
- [2] *Księga Pamiątkowa ku uczczeniu CCCL rocznicy założenia i X wskrzeszenia Uniwersytetu Wileńskiego*, t. I i II, wydanie zbiorowe (USB, Wilno 1929).
- [3] Jan Czechanowicz, „Kartki z historii Uniwersytetu Wileńskiego w 400-lecie istnienia”,

*Życie Literackie*, Kraków 19 i 26.02.1978.

- [4] *Kalendarzyk Polityczny na rok 1816 dla Wydziału Uniwersytetu Imperatorskiego Wileńskiego*; w Wilnie, nakładem i drukiem Józefa Zawadzkiego, tegoż Uniw. Typog.
- [5] L.L. Kimtys, „Spectroscopy at Vilnius. The Oldest University in the Soviet Union”, *European Spectroscopy News*, No. 23, 29 (1979).
- [6] J. Patkowski, S. Szczeniowski, „Wacław Dziewulski (1882 – 1938)”, *Acta Phys. Pol.* 7, 103 (1938); J. Patkowski, „Wspomnienie o ś.p. profesorze Wacławie Dziewulskim”, *Fizyka i Chemia w Szkole* 10, nr 1, 1 (1938/39).
- [7] Władysław Dziewulski, „Wspomnienia o Prof. dr Józefie Patkowskim”, *Postępy Fizyki* 10, 497 (1959).
- [8] A. Hryniewicz, „Henryk Niewodniczański (1900 – 1968)”, *Acta Phys. Pol.* 35, 3 (1969).
- [9] A. Jabłoński, „Henryk Niewodniczański jako optyk atomowy”, *Postępy Fizyki* 20, 129 (1969).
- [10] A. Hryniewicz, „Henryk Niewodniczański jako fizyk jądrowy”, *Postępy Fizyki* 20, 135 (1969).
- [11] B. Średniawa, „Jan Weysenhoff (1889 – 1938)”, *Postępy Fizyki* 23, 462 (1972); B. Średniawa, „Wspomnienie o profesorze Janie Weysenhoffie”, *Postępy Fizyki* 38, 425 (1987).
- [12] B. Adamczyk, M. Subotowicz, „Profesor dr Wacław Staszewski (1892 – 1970)”, *Postępy Fizyki* 21, 431 (1970); H. Piersa, „Życie i działalność dydaktyczna i naukowa Profesora Wacława Staszewskiego”, *Fizyka w Szkole* 16, nr 5, 1 (1970).
- [13] A. Rubinowicz, „Jan Błaton (1907 – 1948)”, *Acta Phys. Pol.* 10, 1 (1950); W. Rubinowicz, „Ś.p. Jan Błaton”, *Rocznik TNW* 41, 148 (1948).
- [14] T. Skaliński, J. Szudy, „Aleksander Jabłoński (1898 – 1980)”, *Postępy Fizyki* 33, 60 (1988); „Urywki rozmowy z Aleksandrem Jabłońskim o jego drodze naukowej”, *Postępy Fizyki* 33, 69 (1982).
- [15] H. Cofta, „Szczepan Szczeniowski (1898 – 1979)”, *Postępy Fizyki* 31, 253 (1980); K. Szymborski, „Rozmowa ze Szczepanem Szczeniowskim”, *Postępy Fizyki* 35, 405 (1984).
- [16] W. Kamiński, „Henryk Horodniczy (1906 – 1986)”, *Postępy Fizyki* 42, 237 (1991).

## ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH

**Jan Czerniawski**

*Institut Filozofii  
Uniwersytet Jagielloński  
Kraków*

### Fizyczna treść przekształceń kinematycznych

#### Physical meaning of kinematical transformations

*Abstract:* An approach to presenting relativistic kinematics as the main part of the special theory of relativity is proposed.

#### Wstęp

Zgadzaając się z zawartą w niedawno opublikowanym artykule Andrzeja Szymachy [1] krytyką tradycyjnego ujęcia wstępu do szczególnej teorii względności, mam jednak wątpliwości, czy zaproponowane podejście alternatywne spełni pokładane w nim nadzieje. Autor słusznie kwestionuje uzależnienie uzasadnienia teorii względności od specyficznej cechy rozchodzenia się światła i podkreśla kluczowe znaczenie zasady względności. Samo zaproponowane alternatywne wprowadzenie przekształceń Lorentza ma jednak przynajmniej dwa istotne słabe punkty.

Szczególna teoria względności to przede wszystkim kinematyka relatywistyczna, dotycząca zachowania się obiektów fizycznych w ruchu. Aby więc jej nauczyć, należy w pierwszej kolejności skorygować ukształtowane przez fizykę nierelatywistyczną intuicje kinematyczne. W tym celu jednak należy się z nimi zmierzyć bezpośrednio, czego nie może zastąpić – skądinąd dydaktycznie cenna – analiza diagramów czasoprzestrzennych, odnoszących się do tych intuicji w spo-

sób pośredni i nie dla każdego łatwo uchwytne.

Jedynym sposobem na skorygowanie fałszywych intuicji jest dotarcie do ich źródeł i wykazanie, że istnieje dla nich rozsądna alternatywa. W przypadku intuicji kinematycznych rolę takich źródeł odgrywiają operacje pomiarowe, w których wyraża się fizyczny sens wielkości kinematycznych. Prędkość jest wielkością wtórną w stosunku do wymiarów przestrzennych i czasu; właściwa droga do skorygowania intuicji dotyczących składania prędkości wiedzie więc przez odpowiednią korektę intuicji związanych z kinematycznymi przekształceniami współrzędnych przestrzenno-czasowych. Jakakolwiek droga na skróty omija główny problem dydaktyczny, zamiast go rozwiązywać.

Poniżej zaproponowane zostanie wyprowadzenie przekształceń kinematycznych, które pozwala naocznie przekonać się o fałszywości intuicji sugerujących oczywistość przekształceń Galileusza.

### Ogólna postać przekształceń kinematycznych

Niech obserwator spoczywający w pewnym układzie odniesienia dysponuje zegarami i ciałami sztywnymi. Załóżmy, że jego przestrzeń względna jest euklidesowa, co może on stwierdzić na podstawie pomiarów geometrycznych za pomocą sztywnych prętów – ich użycie nie prowadzi tu do żadnych trudności, gdyż w każdym przypadku rozważa się je w stanie ruchu nieprzyspieszonego – oraz porównania wyników identycznych doświadczeń, wykonanych przy użyciu aparatury różnie zlokalizowanej i zorientowanej przestrzennie. Wówczas może on wprowadzić w przestrzeni kartezjański układ współrzędnych prostokątnych, wytyczając trzy wzajemnie prostopadłe osie i skalując je za pomocą sztywnego pręta, wybranego jako wzorzec jednostki długości. Może też wprowadzić w swojej przestrzeni względnej czas, przyporządkowując każdemu zdarzeniu współrzędną czasową na podstawie wskazań zegara, umieszczonego w pobliżu i zsynchronizowanego z umieszczonym w początku układu współrzędnych, fizycznie identycznym zegarem wzorcowym.

Do synchronizowania zegarów może on wykorzystać procedurę polegającą na wprawieniu trzeciego, fizycznie identycznego zegara w ruch jednostajny prostoliniowy w taki sposób, by kolejno mijał oba zsynchronizowane zegary i dostrojeniu najpierw jego wskazań do wskazań mijanego pierwszego zegara, a następnie wskazań mijanego drugiego zegara do jego wskazań. Nie zapominajmy jednak, że zegar jest złożonym układem fizycznym, zbudowanym z oddziałujących ze sobą cząstek elementarnych, ruch zaś może wpłynąć na rozprzestrzenianie się oddziaływań i w związku z tym na warunki opartej na nich równowagi układu. Należy więc liczyć się z ewentualnym wpływem ruchu zegara porównawczego na jego



chód, a w konsekwencji również na wynik opisanej procedury. Wpływ ten jednak można zredukować, zmniejszając prędkość tego ruchu. Pozwala to określić „idealną synchronizację” zegarów jako graniczny wynik tej procedury przy prędkości zegara porównawczego zdążającej do zera.

Założmy, że we wspomnianym układzie odniesienia obowiązuje zasada bezwładności Galileusza, tj. każde ciało swobodne może nie tylko spoczywać (co wynika z symetrii przestrzeni), lecz również poruszać się ruchem jednostajnym prostoliniowym. W szczególności dotyczy to sztywnych prętów i zegarów. Każdy obserwator poruszający się ruchem jednostajnym prostoliniowym może więc dysponować przyrządami pomiarowymi fizycznie identycznymi z tymi, którymi posługuje się obserwator spoczywający.

Wobec jednostajności ruchu i założonych własności przestrzeni, ewentualny wpływ takiego ruchu na chód zegarów może się wyrazić jedynie przez zmianę skali odmierzanego przez nie czasu o czynnik zależny wyłącznie od prędkości ruchu. Z podobnych względów jak w przypadku zegara, można liczyć się z jakimś wpływem ruchu na geometryczne własności ciał praktycznie sztywnych. Taki ewentualny wpływ musiałby wyrazić się przez proporcjonalną zmianę ich wymiarów liniowych. Z warunków symetrii wynika ponadto, że wpływ ruchu na wymiary poprzeczne, tzn. prostopadłe do jego kierunku, musi być jednakowy, natomiast wpływ na wymiar podłużny może się od niego różnić. W ogólności więc ewentualny wpływ ruchu jednostajnego na zegary i ciała sztywne powinien wyrazić się przez trzy zależne od jego prędkości czynniki, które oznaczmy tu odpowiednio jako  $\gamma$ ,  $\delta$  i  $\varepsilon$ .

Wobec izotropii przestrzeni czynniki te muszą być symetrycznymi funkcjami prędkości. Na mocy określenia powinny one też zawsze przyjmować wartości dodatnie i spełniać warunek  $\gamma(0) = \delta(0) = \varepsilon(0) = 1$ .

Oczywiście wskutek analogicznej zmiany posiadanych przyrządów pomiarowych poruszający się obserwator nie będzie w stanie na podstawie pomiarów geometrycznych wykryć wspomnianych zmian w spoczywających względem niego ciałach; będzie więc miał podstawy, by uznać swoją przestrzeń względną za euklidesową i wprowadzić w niej w taki sam sposób, jak to uczynił obserwator spoczywający, układ współrzędnych prostoliniowych, który będzie dla niego układem kartezjańskim. Może też wprowadzić czas w swojej przestrzeni względnej, wykorzystując opisaną wyżej procedurę, określającą idealną synchronizację zegarów.

Niech w chwili  $t_0 = 0$  według zegarów spoczywających osie tego układu pokrywają się z odpowiednimi osiami układu współrzędnych, wprowadzonego przez obserwatora spoczywającego. Wówczas przy założeniu, że prędkość jego ruchu skierowana jest zgodnie z osią  $OX$ , współrzędne przestrzenne  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  dowolnego zdarzenia w tym układzie będą związane ze współrzędnymi  $x$ ,  $y$ ,  $z$  i współrzędną

czasową  $t$  tego zdarzenia w układzie spoczywającym wzorami

$$x' = \frac{1}{\varepsilon} (x - Vt), \quad y' = \frac{1}{\delta} y, \quad z' = \frac{1}{\delta} z,$$

gdzie  $V$  – prędkość rozważanego ruchu, a  $\varepsilon$  i  $\delta$  – wprowadzone wyżej czynniki charakteryzujące wpływ ruchu na wymiary ciał sztywnych.

W celu otrzymania związku współrzędnej czasowej  $t'$  zdarzenia w układzie poruszającym się z jego współrzędnymi w układzie spoczywającym, przeanalizujmy z punktu widzenia obserwatora spoczywającego przebieg procedury, określającej idealną synchronizację zegarów, przeprowadzonej przez obserwatora poruszającego się. Niech w momencie mijania pierwszego zegara przez zegar porównawczy pokazuje on czas  $t'_0$ . Po czasie  $T$ , zmierzonym w układzie spoczywającym, gdy zegar porównawczy będzie mijał drugi zegar, pierwszy będzie pokazywał czas  $t'_1 = t'_0 + T/\gamma(V)$ , a drugi, po dostrojeniu do zegara porównawczego, czas  $\tau = t'_0 + T/\gamma(v)$ , gdzie  $v$  – prędkość zegara porównawczego w układzie spoczywającym, a  $\gamma$  – czynnik określający wpływ ruchu na chód zegara.

Niech na początku procedury pierwszy zegar znajduje się w punkcie o współrzędnych  $x_{01}, y_{01}, z_{01}$ , a drugi w punkcie o współrzędnych  $x_0 = x_{01} + \Delta x$ ,  $y_0 = y_{01} + \Delta y$ ,  $z_0 = z_{01} + \Delta z$  w układzie spoczywającym. Oczywiście po jej zakończeniu drugi zegar będzie się znajdował w punkcie o współrzędnych  $x = x_{01} + \Delta x + VT$ ,  $y = y_{01} + \Delta y$ ,  $z = z_{01} + \Delta z$ . Łatwo zauważyć, że aby zegar porównawczy mógł bez przyspieszenia pokonać w czasie  $T$  odległość między początkowym położeniem pierwszego zegara a końcowym położeniem drugiego, musi on w układzie spoczywającym poruszać się z prędkością o składowych

$$v_x = V + u_x, \quad v_y = u_y, \quad v_z = u_z,$$

gdzie  $u_x = \alpha \Delta x$ ,  $u_y = \alpha \Delta y$ ,  $u_z = \alpha \Delta z$ ,  $\alpha = 1/T$ . Oczywiście wtedy

$$v = \sqrt{(V + u_x)^2 + u_y^2 + u_z^2}.$$

W wyniku idealnej synchronizacji, której odpowiada przejście graniczne  $\alpha \rightarrow 0$  (tzn.  $T \rightarrow \infty$ ), różnica czasów pokazywanych równocześnie przez zsynchronizowane zegary wyniesie

$$\begin{aligned} \Delta t' &= \lim_{\alpha \rightarrow 0} (\tau - t'_1) = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \left[ \left( \frac{1}{\gamma(v)} - \frac{1}{\gamma(V)} \right) T \right], \\ \Delta t' &= \lim_{\alpha \rightarrow 0} \left[ \left( \frac{1}{\gamma(v)} - \frac{1}{\gamma(V)} \right) / \alpha \right] = \left( \frac{d}{d\alpha} \frac{1}{\gamma(v)} \right) (0), \\ \Delta t' &= -\frac{1}{\gamma^2(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) \frac{dv}{d\alpha}(0). \end{aligned}$$

Ale

$$\frac{dv}{d\alpha}(0) = \Delta x ,$$

zatem

$$\Delta t' = -\frac{1}{\gamma^2(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) \Delta x .$$

W przypadku więc, gdy  $\gamma$  nie jest funkcją stałą, pojawia się efekt względności równoczesności (zegary idealnie zsynchronizowane w poruszającym się układzie odniesienia nie są zsynchronizowane w układzie spoczywającym). Aby jednak wyrażający ten efekt wzór miał sens, należy na  $\gamma$  jako funkcję prędkości nałożyć dodatkowy warunek różniczkowalności w całej dziedzinie.

Niech w chwili  $t_0 = 0$  zegar umieszczony w początku układu poruszającego się pokazuje czas  $t'_0 = 0$ . W chwili  $t$  będzie on znajdował się w punkcie o współrzędnych  $x_1 = Vt$ ,  $y_1 = z_1 = 0$  w układzie spoczywającym i pokazywał czas  $t'_1 = t/\gamma(V)$ . Natomiast znajdujący się wówczas w punkcie o współrzędnych  $x$ ,  $y$ ,  $z$  inny zegar, idealnie zsynchronizowany z nim w układzie poruszającym się, będzie pokazywał czas

$$t' = t'_1 + \Delta t' = \frac{1}{\gamma(V)} t - \frac{1}{\gamma^2(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) \Delta x = \frac{1}{\gamma(V)} t - \frac{1}{\gamma^2(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) (x - Vt) .$$

Otrzymaliśmy w ten sposób wzór wiążący współrzędną czasową dowolnego zdarzenia w układzie poruszającym się z jego współzrędnymi w układzie spoczywającym.

Zestawmy uzyskane wzory transformacyjne:

$$\begin{aligned} t' &= \frac{1}{\gamma(V)} t - \frac{1}{\gamma^2(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) (x - Vt) , \\ x' &= \frac{1}{\varepsilon(V)} (x - Vt) , \\ y' &= \frac{1}{\delta(V)} y , \\ z' &= \frac{1}{\delta(V)} z . \end{aligned} \tag{1}$$

Łatwo zauważyć, że we wzorze przekształcającym czas pojawia się wyłącznie czynnik charakteryzujący wpływ ruchu na chód zegarów, a we wzorach przekształcających współrzędne przestrzenne – wyłącznie czynniki charakteryzujące wpływ ruchu na sztywne pręty. Ponadto, dla  $\gamma = \delta = \varepsilon = 1$  z ogólnej postaci przekształceń kinematycznych otrzymujemy wzory przekształceń Galileusza. Natomiast w przypadku, gdy  $\delta = 1$ ,  $\gamma$  jest czynnikiem Lorentza (tj.  $\gamma = 1/\sqrt{1 - V^2/c^2}$ ,

gdzie  $c$  – prędkość światła), zaś  $\varepsilon$  – jego odwrotnością, otrzymamy wzory przekształceń Lorentza.

### Postulaty Einsteina a postać wzorów transformacyjnych

Uwzględnijmy teraz pierwszy postulat Einsteina [2] (zasadę względności). Jedną z jego konsekwencji jest wymaganie, by przekształcenia kinematyczne tworzyły grupę [3]. W szczególności, przekształcenie odwrotne do dowolnego przekształcenia postaci (1) powinno być również przekształceniem tej postaci – z zamianą rolami współrzędnych  $x, y, z, t$  oraz  $x', y', z', t'$  i zastąpieniem  $V$  przez pewną inną wartość  $V'$ , przy czym  $V' = 0$  dla  $V = 0$ . Z drugiej strony, wzory przekształcenia odwrotnego można też otrzymać, rozwikłując wzory (1) ze względu na  $x, y, z, t$

$$\begin{aligned} t &= \gamma(V) t' + \varepsilon(V) \frac{1}{\gamma(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) x' , \\ x &= \varepsilon(V) \left[ 1 + \frac{1}{\gamma(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) V \right] x' + \gamma(V) V t' , \\ y &= \delta(V) y' , \\ z &= \delta(V) z' . \end{aligned} \tag{2}$$

Porównując odpowiednie współczynniki w obu postaciach przekształcenia odwrotnego, uzyskamy szereg warunków

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad & -\frac{1}{\varepsilon(V')} V' = \gamma(V) V , \\ \text{(ii)} \quad & -\frac{1}{\gamma^2(V')} \frac{d\gamma}{dv}(V') = \varepsilon(V) \frac{1}{\gamma(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) , \\ \text{(iii)} \quad & \frac{1}{\gamma(V')} + \frac{1}{\gamma^2(V')} \frac{d\gamma}{dv}(V') V' = \gamma(V) , \\ \text{(iv)} \quad & \frac{1}{\varepsilon(V')} = \varepsilon(V) + \varepsilon(V) \frac{1}{\gamma(V)} \frac{d\gamma}{dv}(V) V , \\ \text{(v)} \quad & \frac{1}{\delta(V')} = \delta(V) . \end{aligned}$$

Łatwo sprawdzić, że przy założonych własnościach funkcji  $\varepsilon(V)$  i  $\gamma(V)$  jedynym związkiem  $V'$  z  $V$  spełniającym wszystkie te warunki jest  $V' = -V$ .

Dokonując odpowiedniego podstawienia, otrzymamy z warunków (v) i (i) nowe warunki

$$\begin{aligned} (v') & \quad \delta(V) = 1, \\ (i') & \quad \varepsilon(V) = \frac{1}{\gamma(V)}. \end{aligned}$$

Warunek (v') oznacza, że ruch nie wpływa na poprzeczne wymiary poruszających się ciał. Natomiast wobec warunku (i') warunek (ii) przechodzi w tożsamość, a warunki (iii) i (iv) stają się równoważne równaniu różniczkowemu

$$\frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\gamma^2} \frac{d\gamma}{dV} V = \gamma.$$

Równanie to ma ogólne rozwiązanie postaci

$$\gamma(V) = 1/\sqrt{1 - KV^2},$$

gdzie  $K$  – stała o wymiarze odwrotności kwadratu prędkości, przyjmująca wartości ze zbioru liczb rzeczywistych.

Podstawmy to rozwiązanie do wzorów (1). Uwzględniając (v') i (i'), otrzymamy ogólną postać wzorów transformacyjnych zgodną z pierwszym postulatem grupowości

$$\begin{aligned} x' &= \gamma(V)(x - Vt), \\ y' &= y, \\ z' &= z, \\ t' &= \gamma(V)(t - KVt). \end{aligned} \tag{3}$$

W zależności od wartości bezwzględnej i znaku stałej  $K$  można wyróżnić trzy typy przekształceń o tej postaci. Dla  $K = 0$  uzyskujemy wzory przekształceń Galileusza; dla stałej  $K$  dodatniej istnieje rzeczywista dodatnia stała  $c$  o wymiarze prędkości taka, że  $K = 1/c^2$ , co daje – z dokładnością do określenia wartości stałej  $c$  – wzory przekształceń Lorentza; w trzecim przypadku zaś, dla stałej  $K$  ujemnej – otrzymujemy wzory przekształceń, które przy odpowiednim doborze jednostek czasu można zinterpretować geometrycznie jako obroty w płaszczyźnie  $T0X$  o kąt mniejszy od kąta prostego. Ponieważ złożenie dwóch takich obrotów nie zawsze jest obrotem o kąt mniejszy od kąta prostego, przekształcenia trzeciego

typu muszą zostać odrzucone jako nie spełniające warunku grupowości, a zatem niezgodne z zasadą względności.

Pozostającą jeszcze dowolność postaci przekształceń kinematycznych można wyeliminować, zakładając np. istnienie w przyrodzie sygnałów rozprzestrzeniających się natychmiastowo, co oznacza możliwość określenia absolutnej równoczesności. Otrzymujemy wtedy wzory przekształceń Galileusza. Zamiast tego jednak wystarczy założyć brak wpływu ruchu jednostajnego na wymiary ciał sztywnych i chód zegarów. Ten drugi sposób ma tę zaletę, że nie wymaga obowiązywania zasady względności (por. poprzedni rozdział).

Alternatywnie, postać przekształceń można dookreślić, przyjmując drugi postulat Einsteina (zasadę stałości prędkości światła [2]), który w połączeniu z pierwszym wyklucza przekształcenia Galileusza i narzuca utożsamienie stałej  $c$  z prędkością światła w próżni. W roli tej może go jednak zastąpić jakiś inny warunek ustalający wartość stałej  $c$ , np. jakieś inne prawo empiryczne (por. [1]). W szczególności, założyć można wpływ ruchu na ciała sztywne i zegary zadany czynnikiem Lorentza. Podobnie jak w poprzednim przypadku, sposób ten skutkuje niezależnie od obowiązywania zasady względności. Związaną z kinematyką Lorentza względność równoczesności można wtedy zrozumieć jako wtórną w stosunku do wpływu ruchu na chód zegarów. Tym, co wnosi tu zasada względności, jest uniezależnienie względności równoczesności od konkretnej procedury jej określenia. Gdyby bowiem zasada względności nie obowiązywała, to oprócz przyjętej tu procedury mogłaby istnieć jakaś procedura alternatywna, pozwalająca określić równoczesność absolutną. Względność równoczesności wyklucza istnienie sygnałów rozprzestrzeniających się natychmiastowo; sama jednak z ich nieistnienia nie wynika, nawet w kontekście zasady względności, gdyż kinematyka Galileusza alternatywna wobec kinematyki Lorentza nie wymaga ich istnienia.

## Wnioski

Przedstawione wyżej wyprowadzenie przekształceń Lorentza ma szereg zalet. Po pierwsze, wszystkie wprowadzone wielkości mają z góry określoną interpretację fizyczną; nie wprowadza się tu więc czysto formalnie żadnych czynników, którym dopiero w trakcie wyprowadzenia, bądź wręcz na końcu, zostałyby nadany fizyczny sens. Po drugie, wywód nie zawiera żadnych poważnych skrótów myślowych, lecz jest w pełni kontrolowalny intuicyjnie. Po trzecie, postać przekształceń kinematycznych zgodnych z zasadą względności wyprowadzona została bez odwoływania się do założeń dotyczących światła (por. [1]). Po czwarte w końcu, pozwala ono poczynić szereg interesujących spostrzeżeń.

Między innymi okazuje się, że u podstaw traktowania przekształceń Galile-

usza jako „prawdziwych” przekształceń współrzędnych przestrzennych i czasu leżało arbitralne – choć z pozoru dość naturalne – założenie o braku wpływu ruchu jednostajnego na chód zegarów i wymiary liniowe ciał sztywnych. W szczególności, absolutność czasu związana była z zakładanym brakiem zależności chodu zegarów od ich ruchu i nie wymagała istnienia w przyrodzie sygnałów rozprzestrzeniających się natychmiastowo, gdyż absolutną równoczesność można było – przy tym założeniu – zdefiniować za pomocą samych zegarów. Natomiast zakładana obecnie względność równoczesności stanowi efekt wtórny w stosunku do zależności chodu zegarów od ich ruchu i bynajmniej nie wynika z samego nieistnienia takich sygnałów.

Podobnie, obowiązywanie kinematyki Lorentza sprowadzić można do określonego wpływu ruchu na fizyczne ciała sztywne i zegary. Jej konsekwencją jest istnienie w przyrodzie wyróżnionej prędkości; z drugiej strony zaś, jej obowiązywanie w kontekście zasady względności wynika z istnienia takiej prędkości. Oczywiście tym bardziej wynika ono, w tym kontekście, z ewentualnego istnienia sygnałów rozprzestrzeniających się z tą prędkością; tak mocne założenie nie jest jednak konieczne. Związana z tą kinematyką względność równoczesności nie wymaga więc istnienia takich sygnałów.

Bez żadnych dodatkowych założeń postacie wzorów dotyczących współrzędnych przestrzennych i wzoru dotyczącego czasu są wzajemnie od siebie niezależne. Jest to związane z faktem, iż możliwe jest określenie współrzędnych przestrzennych wyłącznie za pomocą sztywnych prętów, a czasu – wyłącznie za pomocą zegarów (w przyjętej tu procedurze synchronizacji pośrednia zależność jej wyników od pomiarów przestrzennych poprzez określenie prędkości zegara porównawczego wyeliminowana została przez przejście graniczne). Sugerowane przez niektórych autorów fundamentalne uzależnienie określenia czasu od pomiarów przestrzennych („spacjalizacja czasu” [4]) jest więc artefaktem metody określenia równoczesności, przyjętej m.in. przez Poincarégo [5] (podobnie zresztą jak rzekoma konwencjonalność założenia niezależności prędkości światła od kierunku). Natomiast sugerowane przez innych uzależnienie określenia przestrzeni względnej od pomiarów czasu („temporalizacja przestrzeni” [4]) jest artefaktem „radarowej” metody pomiaru odległości.

W nowym świetle można też ujrzyć rolę obu postulatów Einsteina. Uwytkłone zostało kluczowe znaczenie pierwszego z nich. Poprzez związany z nim warunek, by przekształcenia tworzyły grupę, postulat ten wymusza brak wpływu ruchu na poprzeczne wymiary poruszających się ciał. Narzuca on też związek między wpływem ruchu na podłużne wymiary ciał a jego wpływem na szybkość procesów (i wynikający stąd pośredni związek między postaciami wzorów przekształcających czas i współrzędną przestrzenną w kierunku ruchu) oraz określoną

postać czynnika  $\gamma$ , charakteryzującego wpływ ruchu na chód zegarów. W konsekwencji zaś – postać wzorów transformacyjnych z dokładnością do określenia wartości stałej  $c$  (przypadek przekształceń Galileusza można sprowadzić do przypadku przekształceń Lorentza z nieskończoną wartością  $c$ ).

Konsekwencją tej postaci (oczywiście tylko wtedy, gdy stała  $c$  jest skończona) jest z kolei istnienie w przyrodzie wyróżnionej prędkości jako górnej, nieosiągalnej granicy prędkości ruchu ciał rozciągliwych (a zatem i układów odniesienia). Natomiast rola drugiego postulatu sprowadza się do konkretyzacji wzorów transformacyjnych poprzez utożsamienie stałej  $c$  z prędkością światła, w czym mógłby go z powodzeniem zastąpić jakiś inny warunek.

### Literatura

- [1] A. Szymacha, *Postępy Fizyki* **43**, 381 (1992).
- [2] A. Einstein, *Ann. Phys.* **17**, 891 (1905).
- [3] L.A. Pars, *Philos. Mag.* **24**, 249 (1921).
- [4] H. Arzelies, *Relativistic Kinematics* (Pergamon Press, Oxford 1966).
- [5] H. Poincaré, *Rev. de Metaphys. et de Morale* **6**, 1 (1898).



## NOWOŚCI NAUKOWE

**Jan Mostowski**

*Institut Fizyki PAN*

i

*Szkoła Nauk Ścisłych*

*Warszawa*

### Kondensacja Bosego-Einsteina

#### Bose-Einstein condensation

*Abstract:* Quantum statistics and physical principles of the Bose-Einstein condensation are described. Recent experiments demonstrating Bose-Einstein condensation in rubidium are reviewed and their significance is discussed.

Niedawno, w lipcu 1995 miesięcznik *Science* [1] podał informację o zaobserwowaniu kondensacji Bosego-Einsteina w chmurze atomów rubidu w pułapce atomowej. Wiadomość tę powtórzyły gazety codzienne, m.in. *Gazeta Wyborcza* i *Życie Warszawy*. Jest to pierwsza obserwacja doświadczalna efektu przewidzianego przez Einsteina i Bosego ok. 70 lat temu [2]. Niewiele jest dziś efektów fizycznych przewidzianych przez Alberta Einsteina, które nie byłyby dotychczas zaobserwowane, kondensacja Bosego-Einsteina być może jest ostatnim z nich. Stąd pewnie ton sensacji w gazetach.

Kondensację Bosego-Einsteina uzyskano w Uniwersytecie stanu Kolorado w przypadku atomów rubidu  $^{87}\text{Rb}$  i w Rice University w Houston w Teksasie dla atomów litu  $^7\text{Li}$  [3].

W latach dwudziestych, wkrótce po powstaniu mechaniki kwantowej, pojawił się problem sformułowania mechaniki statystycznej uwzględniającej efekty kwan-

towe. Jak obecnie wiadomo, cząstki elementarne są fermionami lub bozonami. W przypadku fermionów naturalną konsekwencją statystyki kwantowej jest zasada Pauliego. Mówi ona, że w danym stanie kwantowym może znajdować się najwyżej jeden fermion. Ta własność fermionów ma daleko idące konsekwencje. W odniesieniu do elektronów zasada ta warunkuje między innymi istnienie wiązań chemicznych.

Statystyka Bosego-Einsteina nie prowadzi do tak drastycznych efektów. Symetria funkcji falowej układu wielu bozonów pozwala na to, by w danym stanie kwantowym znajdowało się dowolnie wiele cząstek. Ma to swoje konsekwencje na przykład w zachowaniu się ciepła właściwego ciał stałych w niskich temperaturach (odpowiedzialne za ciepło właściwe są fonony podlegające statystyce Bosego-Einsteina). Inną konsekwencją statystyki Bosego-Einsteina niektórych jąder atomowych jest brak pewnych linii absorpcyjnych w cząsteczkach homonuklearnych, gdzie identyczność jąder wyklucza możliwość występowania niektórych przejść optycznych. Wpływ statystyki Bosego można też zauważyć w kątowej zależności różniczkowych przekrojów czynnych na rozpraszanie identycznych bozonów. Należy wreszcie przypomnieć, że właśnie od badania statystycznych własności promieniowania ciała doskonale czarnego, czyli podlegających statystyce Bosego-Einsteina fotonów, rozpoczęła się fizyka kwantowa. Statystyka Bosego jest więc od dawna dobrze ugruntowana w doświadczeniach.

Statystyce kwantowej, typu Bosego-Einsteina lub Fermiego-Diraca, podlegają nie tylko cząstki elementarne, ale również obiekty złożone, jak jądra atomowe czy nawet atomy. Jeśli takie złożone cząstki znajdują się daleko od siebie, znacznie dalej niż wynosi ich rozmiar, ale funkcje falowe środków mas tych złożonych obiektów przekrywają się, to obiekty te jako całości podlegają statystyce kwantowej. Jest to statystyka Bosego-Einsteina jeśli składają się one z bozonów i parzystej liczby fermionów, lub statystyka Fermiego-Diraca, jeśli zawierają nieparzystą liczbę fermionów. Jeśli jednak odległości pomiędzy atomami staną się porównywalne z ich rozmiarami, to pojęcie atomów, a więc również ich statystyki traci sens.

W przypadku cząstek złożonych, jak na przykład atomów rubidu, należy sprecyzować pojęcie stanu kwantowego. Atom może znajdować się w stanie podstawowym, ale jego środek masy może być w stanie wzbudzonym, jeśli atom porusza się. Ruch środka masy atomu traktowany jest na ogół klasycznie, jedynie w bardzo niskich temperaturach daje znać o sobie skwantowanie ruchu. W dalszym ciągu, omawiając zjawisko kondensacji będziemy zajmować się tylko środkiem masy, mówiąc o stanie atomu będziemy rozumieć stan kwantowy ruchu środka masy, a nie stan wzbudzenia elektronowego.

Einstein zwrócił uwagę na pewien efekt, występujący w układzie du-

żej liczby nie oddziałujących bozonów, który dziś nosi nazwę „kondensacji Bosego-Einsteina”. Jest on opisany w podręcznikach fizyki statystycznej, np. w książce Landaua i Lifszica *Fizyka statystyczna* [4], odsyłamy tam Czytelników, którzy chcą głębiej zapoznać się z teorią tego zjawiska. Tutaj przypomnimy tylko zasadnicze pojęcia. Jedną z wielkości charakteryzujących gaz bozonów w danej temperaturze i w danej gęstości jest potencjał chemiczny. Wielkość ta jest równa pracy, jaką trzeba wykonać aby do układu dodać jedną cząstkę. Dla gazu nie oddziałujących bozonów potencjał chemiczny jest ujemny dla temperatur wyższych od pewnej temperatury „przejścia”, i równy zeru poniżej tej temperatury. Jeśli gaz jest dostatecznie zimny, dodanie do niego cząstek nie wiąże się z wykonaniem pracy. Mamy więc do czynienia z sytuacją, gdy potencjał chemiczny jest ciągłą funkcją temperatury, ale jego pochodna po temperaturze jest nieciągła w pewnej temperaturze przejścia. Podobną nieciągłość pochodnej wykazuje ciepło właściwe gazu.

Einstein interpretował to przejście fazowe jako przejaw powstawania „kondensatu” – poniżej temperatury przejścia makroskopowa liczba cząstek obsadza jeden stan kwantowy. Jest to oczywiście stan podstawowy układu, stan o najniższej energii ruchu środka masy. Potencjał chemiczny gazu poniżej temperatury przejścia jest stały i równy zeru, dodanie dodatkowej cząstki do układu nie wymaga pracy, gdyż cząstka ta obsadzi stan podstawowy. Taka interpretacja jest powszechnie przyjęta.

Warto zwrócić uwagę, że kondensacja może zajść tylko w przypadku cząstek o niezerowej masie. Fotony, a więc bozony o zerowej masie spoczynkowej, nie mogą podlegać kondensacji.

Eleganckie sformułowanie warunku wystąpienia kondensacji bozonów polega na dyskusji dwóch charakterystycznych długości. Pierwsza to średnia odległość między cząstkami. Jest ona rzędu gęstości gazu w potęgę minus  $1/3$ . Druga charakterystyczna długość to długość fal de Broglie’a stowarzyszonych z cząstkami. Okazuje się, że kondensacja Bosego-Einsteina zachodzi w takiej temperaturze, że długość fali de Broglie’a jest równa średniej odległości między cząstkami.

Aby zaobserwować zjawisko kondensacji musimy spełnić kilka warunków. Z jednej strony gęstość gazu powinna być niewielka, aby można było pominąć oddziaływania pomiędzy cząstkami. Z drugiej jednak strony przy większych gęstościach kondensacja następuje w temperaturach wyższych, a więc łatwiejszych do osiągnięcia. Cząstki tworzące gaz powinny mieć możliwie małą masę, gdyż wtedy długość fali de Broglie’a w danej temperaturze jest większa. Z drugiej strony jednak najłatwiej jest „manipulować” atomami alkalicznymi: sodem, rubidem itd., czyli cząstkami o dość dużej masie.

Aby nie być gołosłownym zanalizujmy przykład atomów rubidu, dla których

zobserwowano kondensację. Atomy te, podobnie jak wszystkie atomy pierwiastków alkalicznych, są złożonymi bozonami. Mają one liczbę masową  $A = 85$  lub  $A = 87$ , co odpowiada masie  $m = 1.4 \times 10^{-25}$  kg. W temperaturze  $T$  ich średnia energia kinetyczna wynosi  $mv^2/2 = kT$ , gdzie  $k$  jest stałą Boltzmanna, a  $v$  – średnią prędkością. Długość fali de Broglie'a wynosi więc  $\lambda = h/mv = h/(2kTm)^{1/2}$ . Warunek, że średnia odległość między cząstkami jest równa długości fali de Broglie'a, prowadzi do zależności pomiędzy gęstością  $n$  i temperaturą  $T$ , przy których zachodzi kondensacja

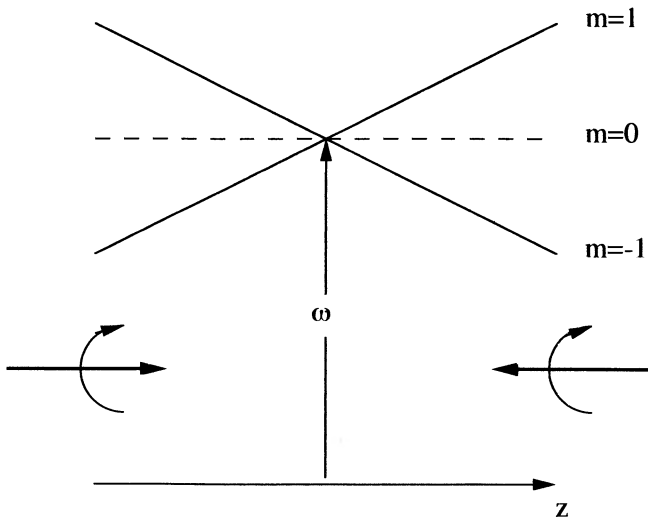
$$n^{-1/3} = h/(2kTm)^{1/2} . \quad (1)$$

Wstawiając wartości liczbowe dostajemy wynik, że w temperaturze  $10^{-6}$  K kondensacja rubidu powinna następować przy gęstości ok.  $10^{13}$   $\text{cm}^{-3}$ . O ile podana tu gęstość jest dość typowa, to temperatura  $10^{-6}$  K jest trudna do osiągnięcia.

Czy jednak istnieje doświadczalne potwierdzenie istnienia kondensacji? W początkach rozwoju fizyki nadciełego helu próbowano łączyć kondensację Bosego-Einsteina ze zjawiskiem nadciekłości. Obecnie wiadomo, że nie jest to interpretacja właściwa. Zjawisko nadciekłości powodowane jest przez kilka zjawisk, jednym z nich jest oddziaływanie atomów tworzących ciecz nadciełą, innym statystyka cząstek. Kwantowa statystyka cząstek jest istotnym elementem nadciekłości, ale nie należy wiązać tego zjawiska z kondensacją atomów w stanie podstawowym.

Badania nad bardzo zimnymi gazami prowadzone były od kilku lat, głównie w USA i Francji. Główne ośrodki to Uniwersytet stanu Kolorado w Boulder, NIST w Gettysburgu, Uniwersytet Stanforda, ENS w Paryżu i inne. Badania te opierają się na technice pułapek atomowych, chłodzenia laserowego i innych metodach chłodzenia, o których powiemy więcej w dalszym ciągu. Chłodzenie atomów aż do temperatur, w których zachodzi kondensacja Bosego-Einsteina, odbywa się w kilku etapach.

W pierwszym etapie wykorzystuje się chłodzenie dopplerowskie w pułapce magnetoptycznej. Przedstawiona poniżej idea pułapki magnetoptycznej pochodzi od francuskiego fizyka J. Dalibarda. Została ona zrealizowana w licznych ośrodkach na świecie. Jednowymiarowy schemat pułapki przedstawiony jest na rys. 1. Niejednorodne pole magnetyczne przyjmuje zerową wartość w pewnym punkcie, który wyznaczy środek pułapki. Przyjmijmy, że pułapkowane atomy mają stan podstawowy o momencie pędu  $J = 0$  i stan wzbudzony o  $J = 1$ . W polu magnetycznym występuje efekt Zeemana, to znaczy stany o różnych wartościach liczby magnetycznej  $m$  w stanie wzbudzonym mają różne energie. Ponieważ pole magnetyczne jest niejednorodne, poziomy energetyczne atomów zależą od położenia atomu w pułapce.



Rys. 1. Pułapka magnetooptyczna. Dwie przeciwbieżne wiązki światła spolaryzowane są kołowo i mają częstość nieco poniżej częstości rezonansowej więzionych atomów. Atomy pułapkowane są w obszarze, w którym pole magnetyczne jest słabe

Atomy oświetlane są dwiema przeciwbieżnymi wiązkami laserowymi. Częstości wiązek laserowych są identyczne i nieco poniżej rezonansowego przejścia ze stanu podstawowego do wzbudzonego, jak to zaznaczono na rysunku. Polaryzacje wiązek są kołowe i tak dobrane, że z wiązką biegnącą w prawo oddziałuje tylko stan o  $m = -1$ , a z wiązką biegnącą w lewo – tylko stan o  $m = 1$ . Jeśli atom znajduje się na lewo od centrum pułapki, to oddziaływanie tego atomu z wiązką biegnącą w prawo jest silniejsze, niż z wiązką biegnącą w lewo. Częstość wiązki biegnącej w prawo jest bowiem bliżej rezonansu ze względu na efekt Zeemana. Wypadkowa siła działająca na atom (ciśnienie światła) skierowana jest do centrum pułapki. Podobna analiza sił działających na atom znajdujący się na prawo od centrum pułapki pokazuje, że działa ona na lewo, też w kierunku centrum pułapki. A zatem łączne działanie niejednorodnego pola magnetycznego i dwóch przeciwbieżnych wiązek laserowych o częstości nieco poniżej częstości rezonansowej powoduje powstanie wypadkowej siły działającej w kierunku zera pola magnetycznego. Jest to więc realizacja pułapki.

Podobne rozumowanie można przeprowadzić dla trzech wymiarów, należy jednak użyć sześciu wiązek laserowych biegnących w kierunku trzech wzajemnie prostopadłych osi.

Wiązki laserowe służące do wytworzenia pułapki grają też dodatkową rolę.

Powodują mianowicie ochłodzenie gazu, jest to tak zwane chłodzenie dopplerowskie. Ten mechanizm chłodzenia prowadzi do temperatury gazu wyznaczonej przez czas życia atomu w stanie wzbudzonym:  $kT = h/\tau$ . Ten schemat pułapki służy do uwięzienia grupy atomów i schłodzenia jej do temperatury rzędu 100 mikrokelwinów. Gęstość atomów, jaką daje się uzyskać, wynosi około  $10^{12} \text{ cm}^{-3}$ , jest więc o wiele za mała aby uzyskać kondensację Bosego-Einsteina. Należy więc uzyskać jeszcze niższą temperaturę chmury gazu.

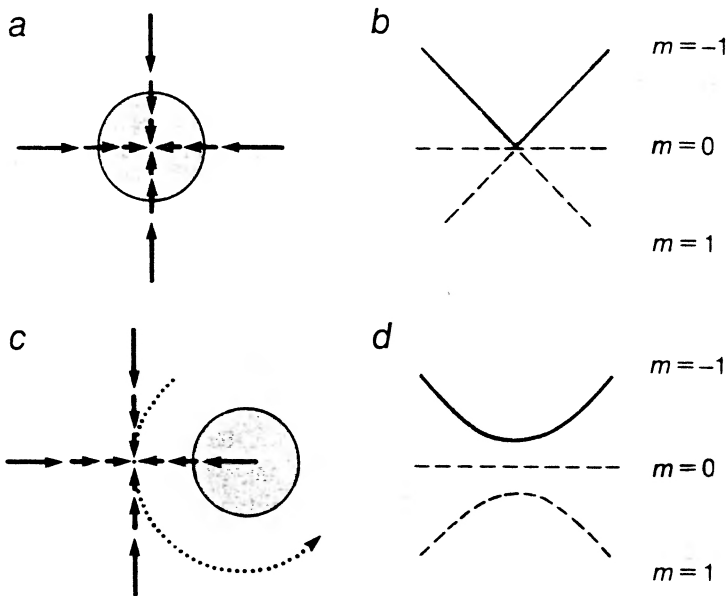
Wspomniany powyżej mechanizm chłodzenia dopplerowskiego nie w pełni wykorzystuje możliwości chłodzenia za pomocą lasera. Istnieją inne techniki pozwalające na ochłodzenie gazu światłem laserowym aż do temperatur rzędu nanokelwinów. Nie będziemy o nich więcej mówić, gdyż do uzyskania kondensacji wykorzystano inne możliwości chłodzenia.

Dalsze chłodzenie gazu korzysta z metod opracowanych przez Kleppnera i Pritcharda, stosowanych pierwotnie do chłodzenia atomów wodoru. Więcej o tych metodach można znaleźć w [5]. Pułapka oparta na oddziaływaniu atomów ze światłem laserowym nie jest tu możliwa, absorpcja i emisja światła prowadzi bowiem nie tylko do pułapkowania, ale również nieodłącznie do fluktuacji prędkości ruchu atomów, a więc do grzania.

W dalszym ciągu skoncentrujemy się na doświadczeniu z rubidem wykonanym w Uniwersytecie w Kolorado, choć doświadczenie z litem opiera się na tych samych fizycznych zasadach.

Dla dalszego chłodzenia zastosowano pułapki magnetyczne. Zasada działania tych pułapek polega na wykorzystaniu oddziaływania momentów magnetycznych atomów z niejednorodnym polem magnetycznym. W niejednorodnym polu magnetycznym atomy o dodatnim rzucie spinu (na przykład  $m = 1$ ) na kierunek pola starają się znaleźć w minimum pola magnetycznego, atomy o rzucie spinu  $m = -1$  dążą w kierunku dużego pola magnetycznego. A zatem atomy o dodatnim rzucie spinu na kierunek pola mogą być „schwyte” w miejscu, gdzie pole ma lokalne minimum.

Realizacja takiej pułapki wydaje się w miarę prosta. Dwie cewki Helmholtza, powyżej i poniżej obszaru pułapkowania, wytwarzają pole, które w centrum ma wartość zerową i rośnie liniowo z odległością od środka. Ze względu na efekt Zeemana taka konfiguracja pól daje pułapkowanie. Nie jest to jednak idealne rozwiązanie pułapki magnetycznej. W samym centrum pułapki pole magnetyczne jest zerowe, a w pobliżu centrum jest bardzo słabe. W obszarze tym trudno jest więc uzyskać pułapkowanie. Atom poruszający się w pułapce w pobliżu jej centrum nie jest wiązany, w rezultacie atomy uciekają z pułapki i gęstość chmury atomowej maleje. Efekt ten jest tym większy, im niższa jest temperatura, w tym bowiem przypadku atomy przebywają częściej w pobliżu centrum.



Rys. 2. Pułapka magnetyczna, wykorzystująca stałe niejednorodne pole magnetyczne (a), wiąże atomy o rzucie spinu  $m = -1$ . Wiązanie jest słabe w pobliżu obszaru, gdzie pole znika. Rysunek (b) pokazuje zależność energii atomu o rzutach spinu 1, 0 i  $-1$  w funkcji ich położenia. Dodanie obracającego się pola magnetycznego (c) ułatwia wiązanie atomów również i w tym obszarze (d)

Dodanie dodatkowego pola magnetycznego zmiennego o kierunku prostopadłym do pola stałego rozwiązuje ten problem. Pole powinno obracać się z częstotliwością znacznie większą niż wynosi okres oscylacji atomów w pobliżu centrum pułapki. Wtedy atomy czują tylko średnią wartość pola. Częstotliwość obrotu pola zmiennego powinna być jednak na tyle mała, aby spiny atomów adiabaticznie podążały za polem, w praktyce jest to ok. 10 kHz.

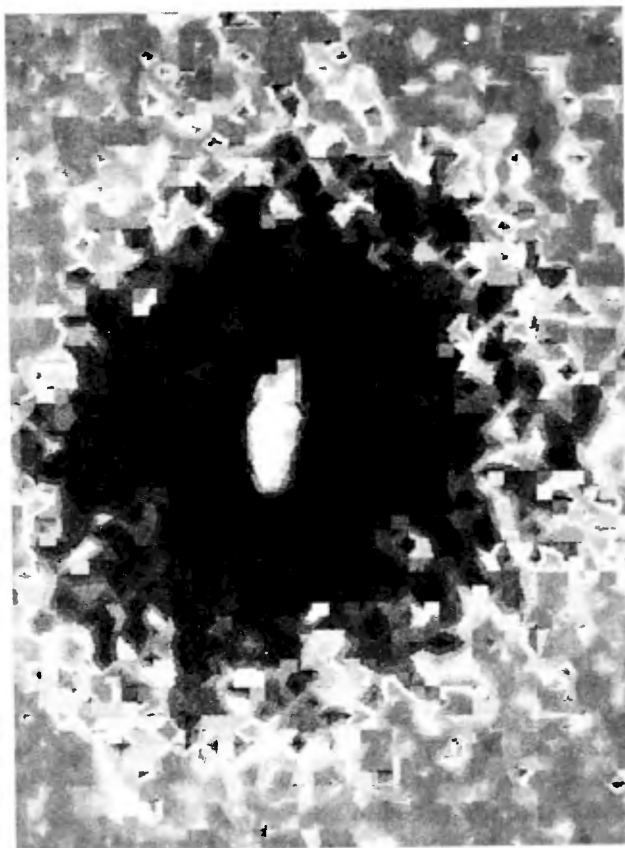
Chmura atomów chłodzi się sama, atomy o większej prędkości uciekają z obszaru w pobliżu minimum pola (parowanie). Oddziaływania pomiędzy atomami (z założenia są one słabe, ale co pewien czas następuje zderzenie) prowadzą do wyrównania energii atomów, czyli do termalizacji przy nowej, niższej temperaturze. Bardziej wydajna jest modyfikacja tej metody z wykorzystaniem pola o częstotliwości radiowej. Ze względu na efekt Zeemana energia potrzebna do zmiany ustawienia spinu zależy od wartości pola magnetycznego. W pułapce magnetycznej, w której występuje niejednorodne pole magnetyczne, energia zmiany ustawienia spinu zależy więc od miejsca, w którym znajduje się atom. Przez odpowiedni wybór częstotliwości pola radiowego można uzyskać rezonans z atomami znajdującymi się

w odpowiednim miejscu pułapki. Rozważmy taką częstość pola, że jest ona w rezonansie z atomami znajdującymi się na krańcach pułapki. A więc na krańcach pułapki promieniowanie to zmienia łatwo ustawienie spinu, podczas gdy w innych obszarach pułapki praktycznie nie oddziałuje z atomami. Pod wpływem tego pola atomy przechodzą ze stanu, w którym następuje wiązanie przez pole magnetyczne do stanu „antywiążącego”, w którym atomy są wypychane z obszaru pułapkowania. Proces ten zachodzi jedynie na krańcach pułapki, dotyczy więc atomów o stosunkowo dużej energii. W ten sposób z pułapki usuwane są atomy o większej energii, wolniejsze atomy zostają związane w pułapce. Na tej drodze udało się osiągnąć temperaturę chmury gazowej  $T = 170$  nK przy gęstości około  $n = 2.6 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ . Liczba atomów w pułapce wynosiła zaledwie  $2 \times 10^4$ . W tych warunkach powinna zajść kondensacja Bosego-Einsteina, jak to wynika ze wzoru (1). Spośród dwudziestu tysięcy atomów w pułapce kilkaset znajdowało się w stanie podstawowym. Warunki można stosunkowo łatwo zmieniać przez adiabatyczną zmianę wartości pola magnetycznego tworzącego pułapkę.

Problem diagnostyki tak zimnej chmury atomów, na przykład pomiar temperatury, pozostaje najtrudniejszym elementem omawianych doświadczeń. Nie ma możliwości, przynajmniej nikt nie podał nawet propozycji, bezpośredniego pomiaru temperatury. Proponowane metody, jak np. badanie rozpraszania słabego światła laserowego na chmurze, nie mogą mieć zastosowania, prowadzą bowiem do ogrzania chmury atomów. Aby przekonać się, czy rzeczywiście nastąpiła kondensacja Bosego-Einsteina, zastosowano metodę pośrednią. Pole magnetyczne utrzymujące chmurę w pułapce zostało wyłączone – chmura zaczęła opadać balistycznie w ziemskim polu grawitacyjnym. Po chwili (około 60 ms) chmura została oświetlona światłem laserowym – z obrazu rozproszonego przez nią światła można odtworzyć rozkład prędkości cząstek w pierwotnej, uwięzionej chmurze. Na rysunku 3 podany jest tak wyznaczony rozkład prędkości przy początkowej temperaturze poniżej temperatury kondensacji. Rozkład ten wyraźnie wskazuje na znaczną liczbę atomów o zerowej (a przynajmniej bardzo małej) prędkości.

Autorzy podają argumenty świadczące o tym, że jest to rzeczywiście obserwacja kondensacji. Po pierwsze, liczba atomów o znikomo małej prędkości szybko rośnie, gdy temperatura zmniejsza się w zakresie temperatur poniżej temperatury przejścia. Jest to zgodne z własnością, że coraz więcej atomów znajduje się w stanie podstawowym. Po drugie, zmierzony rozkład prędkości zgadza się z rozkładem prędkości obliczonym dla stanu podstawowego pułapki. Stan podstawowy nie jest sferycznie symetryczny, natomiast rozkład prędkości w stanie będącym superpozycją kilku nisko wzbudzonych stanów własnych pułapki nie byłby tak asymetryczny. Są to niewątpliwie argumenty przekonujące. Jak jednak widzimy, wartość temperatury, i sam fakt istnienia kondensacji, zostały stwierdzone





Rys. 3. Odtworzony rozkład prędkości chmury atomów w pułapce. Centralna elip-  
tyczna część odpowiada atomom tworzącym kondensat Bosego-Einsteina

jedynie w sposób „niszczący”. Aby zaobserwować istnienie kondensatu, trzeba go było zniszczyć. Nie jest to więc pomiar „czysty”, choć rzeczywiście trudno byłoby podać alternatywne wytłumaczenie obserwowanych rozkładów prędkości, nie korzystające z pojęcia kondensacji Bosego-Einsteina.

Metoda chłodzenia atomów aż do uzyskania temperatury rzędu kilkuset czy nawet kilkudziesięciu nanokelwinów jest daleka od doskonałości. Zarówno opisaną tu technikę, jak również inne zaproponowane metody chłodzenia, można jeszcze bardzo usprawnić. Można mieć nadzieję, że techniki chłodzenia zostaną na tyle udoskonalone, że w najbliższych latach wiele laboratoriów fizyki atomowej będzie mogło zrealizować pułapkę i przeprowadzać doświadczenia na kondensacie Bosego-Einsteina.

Obecnie w Uniwersytecie Kolorado planowane są doświadczenia mające na

celu dokładniejsze zbadanie zjawiska kondensacji. Chodzi tu zarówno o własności termodynamiczne, jak pomiar ciepła właściwego gazu w pobliżu punktu kondensacji, dynamikę przejścia do stanu kondensatu, jak też również własności optyczne takie jak opalescencja krytyczna w pobliżu punktu przejścia oraz inne aspekty oddziaływania pola elektromagnetycznego z kondensatem. Bardziej ambitne są plany wykonania eksperymentów badających ewentualne własności nadciekłości kondensatu.

Obserwacja kondensacji Bosego-Einsteina ma obecnie znaczenie czysto poznawcze. Stwierdzono, że materia może istnieć w nowym stanie skupienia, w którym makroskopowa liczba atomów obsadza jeden stan kwantowy. Znaleziony został nowy argument w przypadku makroskopowej liczby atomów świadczący o statystyce, jakiej podlegają atomy. Jak było powiedziane wyżej, starsze argumenty, oparte na analizie rozpraszania, dotyczyły w zasadzie tylko dwóch atomów. Dalsze doświadczenia powinny doprowadzić do głębszego zrozumienia procesów zachodzących w tym stanie skupienia materii i do zastosowań w dziedzinie spektroskopii atomowej, ewentualnie do budowy nowych zegarów atomowych lub innych urządzeń, trudnych w tej chwili do przewidzenia.

Trudno jednak zgodzić się z dywagacjami niektórych dziennikarzy, że kondensacja Bosego-Einsteina doprowadzi wkrótce do przełomu technologicznego, że na wzór laserów powstaną „bosery”, urządzenia wytwarzające koherentne wiązki atomów. Takie rozważania to czysta fantazja.

## Literatura

- [1] M.H. Anderson, J.H. Ensher, M.H. Matthews, C.E. Wieman, E.A. Cornell, „Observation of Bose-Einstein Condensation in a Dilute Atomic Vapor”, *Science* **269**, 198 (1995).
- [2] A. Einstein, *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss. Phys.-math. Kl.*, 261 (1924); S.N. Bose, *Z. Physik* **26**, 178 (1924).
- [3] C.C. Bradley, C.A. Sackett, J.J. Tollet, R.H. Hulet, „Evidence of Bose-Einstein Condensation in an Atomic Gas with Attractive Interactions”, *Phys. Rev. Lett.* **75**, 1687 (1995).
- [4] L.Landau, E.Lifszic, *Fizyka Statystyczna* (PWN, Warszawa (szereg wydań)). Więcej na temat kondensacji można znaleźć w książce *Bose-Einstein Condensation*, red. A. Griffen, D.W. Snoke, A. Stringari (Cambridge University Press, Cambridge 1995).
- [5] *New Trends in Atomic Physics*, Proceedings of the Les Houches Summer School, Session XXXVIII, Les Houches, France, 1993, red. G. Grynberg, R. Stora (North-Holland, Amsterdam 1994); *Proceedings of the Enrico Fermi International Summer School on Laser Manipulation of Atoms and Ions*, Varenna, Italy, 1991, red. E. Arimondo, W. Phillips, F. Sturmia (North-Holland, Amsterdam 1992).

## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

### V Konferencja Metod Chronologii Bezwzględnej

W dniach 6–8 kwietnia 1995 r. w ośrodku „Buk” w Rudach k. Gliwic odbyła się V Konferencja „Metody Chronologii Bezwzględnej” zorganizowana przez Zakład Zastosowań Radioizotopów Instytutu Fizyki Politechniki Śląskiej. Konferencja była piątą z cyklu organizowanych co trzy lata interdyscyplinarnych konferencji naukowych i stanowiła element obchodów 50-lecia Uczelni oraz 25-lecia Wydziału Matematyczno-Fizycznego.

Współorganizatorami konferencji były instytucje: Sekcja Chronologii i Datowania Bezwzględnego Komitetu Badań Czwartorzędu PAN, Instytut Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego, Zakład Paleogeografii i Paleoeologii Czwartorzędu Uniwersytetu Śląskiego, oraz Zarząd Parku Krajobrazowego „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich” w Rudach. Pracami komitetu organizacyjnego konferencji kierowała dr hab. Anna Pazdur, profesor Politechniki Śląskiej.

Otwarcia konferencji dokonał JM Rektor Politechniki Śląskiej prof. Wilibald Winkler, a Dziekan Wydziału Matematyczno-Fizycznego prof. Mieczysław F. Pazdur wygłosił wykład wprowadzający „25 lat chronometrii izotopowej w Gliwicach”, będący podsumowaniem dorobku zespołu naukowego, który od 25 lat – jako jedyny w Polsce – prowadzi systematyczne prace z zakresu datowania metodą radiowęglą zabytków archeologicznych oraz utworów geologicznych. W konferencji wzięło udział 96 uczestników reprezentujących wszystkie większe ośrodki naukowe w Polsce (Warszawa, Kraków, Poznań, Wrocław, Lublin, Gdańsk, Łódź, Toruń, Szczecin, Katowice, Gliwice) oraz goście zagraniczni z Litwy (2), Ukrainy (2) i Estonii (2). Ponadto w konferencji po raz pierwszy brała udział grupa studentów starszych lat specjalności „Fizyka środowiska” prowadzonej na kierunku „Fizyka techniczna” PŚl. Konferencja skupiła specjalistów z wielu stosunkowo odległych dziedzin i dyscyplin naukowych (archeologia, historia sztuki, antropologia, geologia czwartorzędu, geomorfologia, paleogeografia, paleobotanika, paleoekologia, klimatologia, meteorologia, gleboznawstwo, torfoznawstwo, ekologia i ochrona zasobów naturalnych, geochemia, geofizyka, fizyka jądrowa, fizyka ciała stałego). W czasie konferencji wygłoszono łącznie 33 referaty i komunikaty na posiedzeniach plenarnych, 28 komunikatów przedstawionych zostało w postaci plakatów.

Referaty wyraźnie związane z problemami wchodzącymi w zakres nauk fizycznych przedstawili: Galina Hütt (Tallin) – Paleodozymetryczne własności alkalicznych skaleni sodowych i problemy luminescencyjnego datowania osadów; H.L. Oczkowski (UMK, Toruń) – Spektrometria Hadamarda w badaniach zjawiska TL; L. Brodski (Tallin) – Wyniki dozymetrii gamma przeprowadzonej w okręgu Czarnobyli i w Estonii w związku z awarią reaktora; T. Goslar (PŚl, Gliwice) – Naturalne zmiany koncentracji C-14 w atmosferze w okresie szybkich zmian klimatu na początku holocenu.

Z pozostałych referatów wygłoszonych podczas sesji plenarnych 4 dotyczyły badań

izotopowych środowiska współczesnego, 5 referatów odnosiło się do zagadnień rekonstrukcji zmian klimatu w przeszłości na podstawie wyników badań izotopowych różnych typów naturalnych archiwów przyrodniczych, takich jak np. osady jeziorne (T. Kuc, AGH, Kraków), nacieki jaskiniowe (H. Hercman, UAM, Poznań; A. Pazdur, PŚI, Gliwice), czy też inne utwory węglanowe (A. Gaigalas, Wilno). Zagadnieniom interpretacji wyników datowań izotopowych procesów i osadów geologicznych poświęcono najwięcej uwagi – były one przedmiotem 10 referatów. Niewiele mniej uwagi (9 referatów) poświęcono omówieniu wyników datowania izotopowego stanowisk archeologicznych, wśród których znalazły się tak ważne dla naszej historii i powszechnie znane obiekty jak Wawel (referat A. Kulklińskiego), Biskupin (referat zespołu: W. Piotrowski, A. Zajączkowski, T. Ważny), jak również mniej spektakularne, choć równie ważne stanowiska archeologiczne reprezentujące znacznie starsze odcinki pradziejów (Żuławka Mała w woj. pilińskim – referat J. Roli i współpracowników; „Wzgórze Prokopiaka” w Opatowicach k. Radziejowa na Kujawach).

W godzinach wieczornych odbyły się dwie sesje dyskusyjne. Pierwsza z nich dotyczyła różnorodnych zagadnień i trudności natury organizacyjnej i finansowej napotykanych podczas współpracy specjalistów stosunkowo odległych dyscyplin naukowych, w tym współpracy fizyków z zespołami skupiającymi przyrodników i archeologów. Uczestnicy dyskusji podkreślali utrudnienia w uzyskaniu grantów nie wynikające z poziomu merytorycznego wniosków składanych do KBN, lecz z faktu ich interdyscyplinarnego charakteru. W przypadku wniosków kierowanych do Sekcji Fizyki oznacza to, że dotyczą one badań o wyłącznie aplikacyjnym charakterze, które w znikomym stopniu przyczynią się do postępu nauk fizycznych, co prowadzi do ich odrzucenia w sposób całkowicie zgodny z zasadami i kryteriami postępowania kwalifikacyjnego. Przy skierowaniu analogicznie brzmiących wniosków do jednej z kilku potencjalnych sekcji z dziedziny nauk przyrodniczych są one traktowane z rezerwą (najogólniej mówiąc) ze względu na proveniencję ich autorów.

Na zakończenie konferencji odbyła się wycieczka terenowa, obejmująca prezentację procesów geologicznych w dolinie Rudy, zachodzących pod wpływem intensywnej i narastającej od ponad sześciuset lat antropopresji, omówienie problemów ochrony krajobrazu ukształtowanego w średniowieczu przez działający w Rudach zakon Cystersów, oraz obejście rejonu pożaru sprzed trzech lat. Wycieczkę przygotowali i prowadzili prof. Kazimierz Klimek z Uniwersytetu Śląskiego oraz dr Jan M. Waga z Parku Krajobrazowego w Rudach.

Materiały Konferencji ukazały się w *Zeszytach Naukowych Politechniki Śląskiej, seria Matematyka, Fizyka, Geochronometria*, nr 12.

Mieczysław F. Pazdur\*

Instytut Fizyki PŚI  
Gliwice

---

\*Prof. Mieczysław F. Pazdur zmarł 11 maja 1995 (przyp. Red.).

## XI Międzynarodowa Konferencja Wzrostu Kryształów w Hadze

W dniach 18–23 czerwca 1995 r. odbyła się w Hadze XI Międzynarodowa Konferencja Wzrostu Kryształów (ICCG XI), kolejna z konferencji organizowanych co 3 lata przez Międzynarodową Organizację Wzrostu Kryształów (IOCG). W tej organizacji liczebnie, tak jak w dziedzinie wzrostu kryształów pod względem dorobku naukowego, dominuje kilka krajów lub grup państw. Są to przede wszystkim Japonia i Stany Zjednoczone, potem Europa Zachodnia. Te trzy potęgi naukowe są zwykle organizatorami kolejnych konferencji, co ma dawać równe szanse uczestniczenia w niej, gdy wiadomo, że ze względów finansowych gospodarze są najliczniej reprezentowani. Podobnie było i teraz, co najlepiej wyraża statystyka. Z 40 krajów do Holandii przybyło ok. 700 naukowców, w tym najliczniej reprezentowane kraje zgłosiły uczestników odpowiednio: Japonia – 137, Niemcy – 130, Holandia – 62, USA – 59, Rosja – 53, Wlk. Brytania – 46, Francja – 43. Polska z 10 uczestnikami klasyfikuje się obok takich krajów jak Hiszpania – 12, Węgry – 10, czy Szwecja – 9. Takie zestawienie liczb wydaje się sugerować, że dziedzina wzrostu kryształów jest ściśle powiązana z przemysłem (mocarstwa gospodarcze na pierwszych miejscach) oraz z sytuacją finansową nauki (niskie pozycje Chin – 5 i Indii – 2 oraz wielu nieobecnych spośród zgłoszonych z Ukrainy i Rosji).

Wybór Holandii jako kraju organizującego był zasłużony. Dorobek naukowy w dziedzinie wzrostu kryształów tego małego kraju stawia go wśród liderów w Europie, a takie ośrodki jak Politechnika w Delft, Uniwersytet w Utrechcie i Uniwersytet w Nijmegen są powszechnie znane. Wybór ten okazał się być trafny, gdyż konferencja była zorganizowana bardzo dobrze, czemu sprzyjało dobrze zaprojektowane Centrum Kongresowe w Hadze. Dzięki długiemu dniowi obrad i podziałowi zagadnień na 4 równoległe sesje tematyczne, wzajemnie ze sobą skorelowane, było możliwe przedstawienie 8 referatów plenarnych, trwających po 45 minut, i ok. 180 komunikatów, zwykle 15-minutowych. Licznie prezentowane były na konferencji plakaty (ok. 600), a jeden z wieczorów zajęła sesja pokazów wideo. Uczestnik konferencji miał więc szansę na zapoznanie się z praktycznie wszystkimi zagadnieniami z dziedziny wzrostu kryształów. Obejmowały one: podstawy, kinetykę i wzrost kryształów, morfologię kryształów i ich powierzchnie, kryształy organiczne i fullereny, krystalizację z fazy roztopionej i z roztworów, kryształy i cienkie warstwy półprzewodnikowe, kryształy nadprzewodników wysokotemperaturowych, procesy wytrącania i tworzenia nanokryształów, otrzymywanie dużych kryształów, wpływ zewnętrznych pól na wzrost kryształów, minerały.

Na konferencji dały się zauważyć nowe kierunki rozwoju. W przypadku kryształów objętościowych nadal badany jest wpływ mikrogravitacji (eksperymenty w kosmosie), przeciążenia, oraz (ostatnio studiowany bardzo intensywnie) wpływ pola magnetycznego na wzrost i morfologię kryształów oraz zachowanie się ośrodka. Badane są szeroko materiały nadprzewodzące w postaci kryształów objętościowych jak i w postaci cienkich warstw nadprzewodzących. Osiągnięto już temperaturę wystąpienia nadprzewodnictwa  $T_c = 135$  K dla związku z rodziny  $\text{HgBaCaCuO}$  (P. Görnert, Jena). Kryształy organiczne badane są pod kątem posiadania własności nieliniowości optycznej, ważnej dla zastosowań w optoelektronice. W dziedzinie półprzewodników sporo uwagi poświęca się

SiC, obiecującemu materiałowi w zastosowaniach w elektronice dużych mocy i wysokich częstotliwości. Na obecnym etapie rozwiązuje się problemy związane z tworzeniem się zbyt dużej liczby defektów podczas krystalizacji. Pojawia się też nowy obszar zainteresowań, obejmujący klastry i nanokrystalły. Te małe twory zawierające od kilku do kilku tysięcy atomów lub cząsteczek zaczyna się stosować do katalizy chemicznej jak i do tworzenia ośrodków o ciekawych cechach elektronowych. Dla przykładu, zawiesina nanokrystalłów w cieczy może sprawić, że ośrodek może mieć własności półprzewodnikowe (T. Trindade, Londyn). Powszechnie stosowana jest już krystalizacja białek i wirusów, która wraz z zastosowaniem promieni X daje biologom możliwość poznania szczegółowej budowy tych struktur. Uzyskiwane są kryształy fullerenów, zarówno  $C_{60}$  jak i  $C_{70}$ . Zaobserwowano tu ponadto tworzenie się z atomów węgla struktur w postaci nanorurek i nanogranul (Y. Ando, Nagoja) na jednej z elektrod węglowych w łuku elektrycznym. Te dwa rodzaje struktur charakteryzują się „cebulopodobną” strukturą warstwową. Znalezienie struktur rurkowatych (włóknistych) w złożach kerytu ( $C_{491}H_{386}O_{87}S(N)$ ) o składzie chemicznym i postaci zewnętrznej uderzająco podobnej do małych, pierwotnych organizmów żywych (N.P. Yushkin, Syktyvkar, Rosja) przekonuje do koncepcji narodzin życia przez krystalizację.

Zainteresowanym tą tematyką można polecić obszerne materiały konferencyjne, które ukazały się jako odrębny tom *Journal of Crystal Growth*.

Na koniec uwaga dotycząca udziału Polaków, ale tych pracujących naukowo w Polsce. Reprezentowali oni przede wszystkim PAN i ośrodki akademickie. Uderzający, gdy porówna się z innymi krajami, był brak przedstawicieli przemysłu, poza reprezentacją Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych (ITME) w Warszawie. Może lepiej będzie za 3 lata na konferencji w Jerozolimie.

*Wiesław Polak*

Katedra Fizyki PL  
Lublin

## RECENZJE

Andrzej Hennel i Wojciech Szuszkiewicz

**Zadania z fizyki atomu, cząsteczki i ciała stałego**

wyd. II, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994, s. 251

Wydawnictwo Naukowe PWN wznowiło w 1994 r. zbiór zadań z fizyki atomu, cząsteczki i ciała stałego, którego pierwsze wydanie ukazało się w 1985 r., czyli przed 9-ciu laty. Drugie wydanie różni się od swego pierwowzoru jedynie nową, atrakcyjną okładką i lepszym papierem. Poza tym jest to sporządzona z tych samych klisz kopia, co, o ile w przypadku zadań nie budzi większych zastrzeżeń, to jest dosyć zabawne w odniesieniu do przedmowy, w której nie uaktualniono nawet tytułów naukowych przy pojawiających się tam nazwiskach.

Recenzowany zbiór powstał w wyniku doświadczeń Autorów prowadzących zajęcia z przedmiotu „Wstęp do fizyki atomu, cząsteczki i ciała stałego” dla studentów III roku fizyki na Uniwersytecie Warszawskim. Korzystają z niego jednak również studenci innych uczelni w Polsce, gdyż aktualnie jest jedynym tego typu opracowaniem w języku polskim. Szkoda, że nie został on rozszerzony tematycznie w taki sposób, aby stał się bardziej uniwersalny i lepiej dopasowany do programu studiów fizyki większości uczelni polskich.

Zbiór zaopatrzony jest na początku w skorowidz ważniejszych (chyba wszystkich) stosowanych oznaczeń, co ma ułatwić czytelnikowi korzystanie z książki. Jest to dobry pomysł, ale fakt, że niektóre z nich oznaczają różne wielkości fizyczne, np.  $a$  odpowiada promieniowi Bohra, stałej sieci i przyspieszeniu, nie jest ułatwieniem dla czytelnika, a zwłaszcza studenta.

Jeżeli chodzi o zawartość zbioru, to można wydzielić w nim dwie części: jedną poświęconą fizyce atomu i cząsteczki, obejmującą rozdziały III–VI oraz drugą – fizyce ciała stałego (I, II, VII–IX). Te dwie części oceniliśmy w nieco różny sposób ze względu i na poziom zadań i na to jak przeszły one próbę czasu od pierwszego wydania.

W części atomowo-molekularnej recenzowany zbiór niemal zupełnie się nie zdezaktualizował. Można byłoby wprawdzie uaktualnić np. wartość stałej Rydberga, która od pewnego czasu stała się najdokładniej wyznaczoną fizyczną stałą fundamentalną i jej obecna wartość (T. Andreae i in., *Phys. Rev. Lett.* **69**, 1923 (1992)) różni się nieco od podanej w zbiorze, pochodzącej z 1979 r. Można też było wprowadzić nowe zadania dotyczące szczególnie szybko rozwijających się działów fizyki atomowej i cząsteczkowej. Fakt, że tego nie zrobiono, nie jest wielką wadą książki. Bardziej należy żałować tego, że nie wykorzystano okazji do poprawienia kilku błędów i niedokładności, z których najistotniejsze wymieniamy poniżej. Mimo to, według naszej oceny, rozdziały III–VI recenzowanego zbioru są bardzo dobre. Główną zaletą jest tu bardzo pomysłowy dobór zadań, rozwijający nie tylko mechaniczną biegłość w rozwiązywaniu schematycznych zadań, ale też dobre wyczucie rzędów wielkości, umiejętność dostrzegania analogii w różnych, odległych

niekiedy problemach i wreszcie, przez nawiązanie do wielu pięknych doświadczeń, intuicję fizyczną.

W części poświęconej fizyce ciała stałego Autorzy omawiają kolejno: grupy symetrii (rozdz. I), reprezentacje grup (II), rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego (VII), strukturę pasmową ciała stałego (VIII) oraz zagadnienia przewodnictwa w ciele stałym (IX). W tej części podstawowy zarzut dotyczy ograniczonego zakresu przedstawionego materiału z fizyki ciała stałego, który obejmuje tylko zagadnienia związane ze: strukturą krystaliczną i sposobami jej określania, strukturą pasmową ciała stałego, oraz koncentracją nośników i przewodnictwem w ciałach stałych.

Być może taki układ materiału odpowiada temu, co jest wykładane studentom fizyki na Uniwersytecie Warszawskim. W naszej ocenie daje to jednak bardzo ograniczony obraz zagadnień fizyki ciała stałego. Trudno w chwili obecnej wyobrazić sobie studenta fizyki nie wiedzącego nic o wzbudzeniach w ciele stałym (fonony, magnony), o różnych rodzajach kryształów takich jak nadprzewodniki, magnetyki, dielektryki, ferroelektryki. Zagadnienia te są omawiane w większości polskich uczelni. W tej sytuacji z omawianego zbioru w pełni mogą korzystać tylko studenci Uniwersytetu Warszawskiego, a dla pozostałych stanowi on tylko jeden z wielu dostępnych zbiorów. Szkoda, że Autorzy zbioru nie zadali sobie trudu jego unowocześnienia, bo w części dotyczącej fizyki ciała stałego czas między 1985 a 1994 rokiem jest dla tej burzliwie rozwijającej się dyscypliny bardzo długim okresem. W tym okresie pojawiły się np. wysokotemperaturowe nadprzewodniki.

Merytorycznie przedstawiony w obu częściach materiał oceniamy pozytywnie. Na wstępie każdego rozdziału zamieszczony jest wstęp teoretyczny zawierający najważniejsze informacje (np. definicje, wzory), co ułatwia czytelnikowi korzystanie ze zbioru. Prezentowany materiał jest dobrze dobrany. Trudność rozwiązywanych problemów wzrasta w kolejnych rozdziałach. Jest ona dostosowana do możliwości i umiejętności studenta. Tylko w dwóch ostatnich rozdziałach, dotyczących własności elektronowych ciał stałych, są również zadania wykraczające poza program wykładu.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że w podanych rozwiązaniach czytelnik spotyka się z nowym sposobem rozwiązywania zadań, specyficznym dla fizyki ciała stałego. W miejscach ścisłych analitycznych metod stosowane są metody przybliżone. Student w ramach rozwiązywanych zadań musi zwrócić uwagę na interpretację jakościową i ilościową otrzymanych wyników oraz na porównanie z doświadczeniem. Takie podejście uważamy za ważne dla wykształcenia dobrego fizyka.

Z przyjemnością zauważamy też, że *Zadania* napisane są bardzo dobrą polszczyzną. Autorzy nie uniknęli jednak kilku błędów, z których najistotniejsze to:

- większość wymienionych w zbiorze prac oryginalnych cytowana jest bez podania autorów (s. 25 i zad. III.31, IV.4). Chlubnym wyjątkiem jest pełny odsyłacz bibliograficzny w rozwiązaniu zad. VI.1;
- przy omawianiu polaryzacji światła (s. 28, 111 i zad. III.29, 38, 39) brak jest informacji o istnieniu polaryzacji liniowej  $\sigma$  (superpozycji  $\sigma^-$  i  $\sigma^+$ ), ortogonalnej do polaryzacji  $\pi$ ;
- w dodatku II na s. 246 znalazło się żargonowe sformułowanie o „rachunku zaburzeń bez czasu”;
- bardzo dobremu zad. III.6 przydałby się komentarz o klasycznym modelu oddziaływania atomów z promieniowaniem elektromagnetycznym, lub przynajmniej odsyłacz do



rozwiązania zad. III.29;

– w rozwiązaniu zad. III.8 przydałby się komentarz o momentach kwadrupolowych. Jego brak utrudnia też rozwiązanie zad. III.12;

– zadanie III.13. Nie można mówić o czasie życia dla przejścia między poziomami. Z danego poziomu mogą być bowiem dozwolone różne przejścia, które łącznie wpływać będą na czas życia. Poza tym, podanie czasu życia przejścia  $2s-1s$  sugeruje, że został on wyliczony z podobnych jak dla pozostałych przejść elementów macierzowych elektrycznego momentu dipolowego. Tymczasem jest on wynikiem przejść elektrycznych kwadrupolowych i magnetycznych dipolowych;

– zadanie III.21 jest trywialne i odbiega wyraźnie od poziomu całego zbioru;

– w zadaniach III.24, 25, 26, 27 brakuje komentarza na temat defektu kwantowego i skuteczniejszego od omawianego w zadaniu potencjału modelowego opisującego efektywny potencjał w atomach wieloelektronowych;

– w rozwiązaniu zad. III.40 podano błędne wartości pól jonizujących atomy rydbergowskie. W rzeczywistości są one znacznie mniejsze: pole  $1000 \text{ V/cm}$  jonizuje atomy już dla  $n = 24$ , a stany o  $n = 30$  są jonizowane w polu  $395 \text{ V/cm}$ , zaś stany  $n = 100$  przy zaledwie  $3.2 \text{ V/cm}$  !;

– bardzo ładne są prawie wszystkie zadania rozdz. IV, wszelako w zad. IV.12 (jednym z najciekawszych w całym zbiorze) przydałby się krótki opis absorpcji dwufotonowej;

– do przykładów dla  $L < S$  w rozwiązaniu zad. V.9 warto dodać bardzo ważny przypadek stanu podstawowego  $^2S_{1/2}$  wodoru i atomów wodoropodobnych;

– s. 13, tab. 1. Wydaje się celowe podawanie również wartości kątów  $\alpha$  i  $\beta$  przy każdym typie struktury. Jeżeli posługujemy się oznaczeniami (definicją) kątów  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ , to w układzie regularnym  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ . Również właściwa nazwa trzeciego z kolei układu to romb. W nawiasie powinno być podane „prostokątny” jako wyjaśnienie;

– s. 55. Według np. *Encyklopedii Fizyki Współczesnej* (s. 476) natężenie ugiętej wiązki promieni jest proporcjonalne do kwadratu czynnika struktury, a nie do modułu z kwadratu. Szkoda, że Autorzy przy omawianiu metod dyfrakcyjnych uwzględniają tylko dyfrakcję promieni X, a nic nie mówią o dyfrakcji elektronów czy neutronów;

– s. 171, zad. VII.14. To nie komórka elementarna NaCl zawiera 27 atomów, a wyizolowany sześcian tej struktury. Taka sama uwaga odnosi się do struktury diamentu. Jaki czynnik struktury dostaniemy jeżeli będziemy chcieli stosować zapis proponowany przez Autorów do zad. VII.15 ?

– s. 176. Na rys. 129 jako jednostka na osiach  $k_x$  i  $k_y$  powinno być  $+n\pi/a$  a nie  $+n/a$ .

Mimo podanych powyżej uwag krytycznych uważamy, że powyższy zbiór należy polecić naszym młodym kolegom studentom oraz rozpoczynającym karierę nauczyciela akademickiego młodym asystentom. *Zadania z fizyki atomu cząsteczki i ciała stałego* będą dla nich dobrym przewodnikiem przy wgłębianiu się w podstawowe problemy dyscyplin objętych zbiorem.

Wojciech Gawlik, Andrzej Szytuła

Instytut Fizyki UJ  
Kraków

Odpowiedź autora na recenzję Andrzeja K. Wróblewskiego  
skryptu Henryka Gurgula **Zarys historii fizyki** (PF 46, 82 (1995))

Na wstępie chciałbym zaznaczyć, że w literaturze polskiej dotyczącej fizyki, od początku XX w. ukazały się: Max von Laue, *Historia fizyki* (PWN, Warszawa 1957); A. Magryta, *Historia fizyki od prapoczątków do Newtona* (IKN, Warszawa 1986).

Każdy kto podejmie się napisania takiej pracy, musi pokonać wiele trudności w zebraniu materiału źródłowego. Zgadzam się z zarzutami, że nie korzystałem z żadnego dzieła oryginalnego. Z drugiej strony znam kilka podręczników historii fizyki, które nie są oparte na dziełach oryginalnych. Nie ma tak genialnego człowieka, który znałby wszystkie języki, w których zostały napisane oryginalne prace. Opiniodawca zarzuca, że przeważnie korzystałem ze źródeł rosyjskojęzycznych. Nie jest to zupełnie prawdą, bo na 77 cytowanych publikacji przypadają: 32 publikacje w języku polskim, 27 publikacje w języku rosyjskim i 18 publikacji w języku angielskim i niemieckim.

Pisząc powyższy skrypt nie miałem zamiaru stworzyć „dzieła”, ale w skromnych ramach objętościowych chciałem napisać skrypt dla studentów wzorując się na książce E. Hoppego *Geschichte der Physik* (1926). Zgadzam się z opinią, że skrypt zawiera dużą ilość informacji nie zawsze ułożonych wg ważności ich znaczenia. W tak skromnych ramach objętościowych trudno było umieścić wiele przesłanek historycznych rozwoju poszczególnych teorii i poglądów, przyrządów pomiarowych i dokładności pomiarów. Opiniodawca odniósł się krytycznie do braku w skrypcie m.in. teorii ciepłota. Nie mogłem w tej skromnej publikacji umieścić wszystkich teorii, a przy tym każdy ma swoją koncepcję skryptu i każdy popełnia błędy.

W dalszej części mojej wypowiedzi ustosunkuję się do postawionych zarzutów:

1. Odnośnie do paragrafu 2.3 poświęconemu Kartezjuszowi: wypowiedź moją oparłem na pracy: A.P. Juskiewicz, *Historia matematyki* (PWN, Warszawa 1976) gdzie znajdujemy: „... W przytoczonych wypowiedziach Galileusza i Kartezjusza nie znalazła wyrazu jedna z ważniejszych, jeśli nie najważniejsza cecha matematyzacji mechaniki, a później fizyki. Geometria i jej metody stanowiły naturalne narzędzie tej matematyzacji...” Na tej podstawie myślę, że mogłem napisać: „... (Kartezjusz) prawa fizyki opierał na zasadach matematycznych...” Zgadzam się, że problem błędu popełnionego przez Kartezjusza, dotyczący zderzenia centralnego kul, nie jest zbyt przejrzyste przedstawiony.

2. Wypowiedź ze s. 19: „Teoria Kopernika zawierała nowe poglądy, ale ponieważ była oparta na fizyce Arystotelesa obarczała ją wiele błędów...” W publikacji: J.B. Cohen, *Od Kopernika do Newtona* (Wiedza Powszechna, Warszawa 1964) znajdujemy tekst: „... fakt zaś, że Kopernik nie umiał wyjść poza podstawowe zasady arystotelowskiej fizyki, przeszkadzał mu ustawicznie...” Następnie, w *Historii powszechnej* (praca zbiorowa, t. 4 (Książka i Wiedza, Warszawa 1967)) czytamy: „... Wykorzystywał zwłaszcza odkryte przez siebie prawa mechaniki (Galileusz), dla argumentów powtarzanych od czasów Arystotelesa i Ptolemeusza przeciwko teorii ruchu Ziemi.” Podobne wypowiedzi znajdujemy w publikacjach poświęconych M. Kopernikowi.

3. Z zarzutem, że Galileusz nie był lekarzem, zgadzam się. Chociaż w pracach popularno-naukowych spotkałem takie wypowiedzi. Oparte one były na następujących faktach:

– Galileusz studiował medycynę w latach 1581-83, a następnie do 1585 roku filozofię przyrody na uniwersytecie w Pizie (E. Schmutzer, W. Schütz, *Galileo Galilei* (Leipzig, 1977));

– Po wynalezieniu termoskopu w 1597 r. zastosował go do pomiaru „ciepłoty” oraz zaproponował również zastosowanie wahadełka do oznaczania pulsacji tętna. Wynika to z pracy: G. Gamow, *Biografia fizyki* (Wiedza Powszechna, Warszawa 1967), gdzie znajdujemy wypowiedź „... Galileusz trochę jeszcze zainteresowany medycyną zaproponował, aby zastosować wahadło do pomiaru tętna pacjentów. To urządzenie nazwano pulsomierzem, stało się bardzo rozpowszechnione w ówczesnej medycynie.” Galileusz ściśle współpracował z Santorio Santorio, profesorem medycyny (*Historia medycyny*, red. T. Brzeziński (PZWL, Warszawa, 1995)). Podobnej treści wypowiedzi znajdują się w wielu publikacjach.

Galileuszowi przypisałem odkrycie nowej gwiazdy w 1604 r. (s. 24) i to jest poprawne. To nie ja przypisałem, ale fakt ten jest ujęty w wielu publikacjach. Przytoczę tu tylko niektóre z nich: E. Schmutzer, W. Schütz (patrz wyżej); A.I. Ermeeva, F.A. Cygin, *Istoria astronomii* (Izd. Moskov. Universiteta, 1989); A. Pannekoek, *A Story of Astronomy* (Ruskin House, London 1966); I.B. Cohen (patrz wyżej); G. Gamow (patrz wyżej).

4. Odpowiadam na zarzut odnośnie interpretacji poglądów Arystotelesa (s. 9). Istnieje ogromna rozbieżność poglądów na ten temat. Moim błędem jest to, że nie wyjaśniłem tego problemu. Moją wypowiedź oparłem na: V.I. Spasskii, *Istoria fizyki* (Vysshaya Shkola, Moskwa 1977). Natomiast o rozbieżnościach poglądów na temat fizyki pisze K. Leśniak w zatytułowanym „Filozofia przyrody Arystotelesa” wstępie do: *Arystoteles, Dzieła wszystkie*, t. 2 (PWN, Warszawa 1990) następujące słowa: „Ocena fizyki Arystotelesa przez współczesnych historyków filozofii i nauki nie jest jednolita. O dziele Arystotelesa wypowiada się niekiedy nawet skrajnie przeciwne opinie.”

5. Tekst ze s. 108, dotyczący Fresnela, oparty jest na pracy Gliozzi (patrz wyżej).

6. Odnośnie do wypowiedzi dotyczącej błędu popełnionego przy omawianiu teorii flogistonu przez Joule’a (s. 143): tekst ten oparty jest na publikacji: B. Stefanowski, *Pojęcie ciepła w rozwoju historycznym* (WNT, Warszawa 1963).

7. Na s. 37 w tytule dzieła Newtona popełniłem błąd, ale dalsza wypowiedź Recenzenta nie znajduje uzasadnienia.

8. Jeśli chodzi o zarzut dotyczący nazw uniwersytetów (s. 140), to w publikacji: T. Skubała-Tokarska, Z. Tokarski, *Uniwersytety w Polsce. Rys historyczny* (Wiedza Powszechna, Warszawa 1972) obok nazw „Szkoła Główna Koronna”, „Szkoła Główna Wielkiego Księstwa Litewskiego”, autorzy używają nazw „Szkoła Główna Krakowska” i „Szkoła Główna Wileńska”. Dlaczego Komisja Edukacji Narodowej nie nazwała ich uniwersytetami lub akademiami nie potrafię odpowiedzieć. Należy to wyjaśnić na podstawie źródeł historycznych.

Opiniodawca napisał: „Znalazłem kilkaset przykładów błędnej pisowni”, co nie jest prawdziwe. Dokładny wykaz błędów dostarczyłem Redakcji *Postępów Fizyki*.

Na zakończenie wypowiem kilka uwag natury ogólnej. Opublikowana opinia i moja odpowiedź na nią świadczą o ogromnych brakach w publikowaniu prac w zakresie historii fizyki w języku polskim.

Tę druzgocącą opinię przyjmuję z wielką pokorą, której uczono mnie przez kilkadziesiąt lat. Zdaję sobie sprawę z tego, że omawiany skrypt zawiera błędy i pomyłki. Uważam jednak, że w opinii nie powinno być miejsca na prywatne wypowiedzi dotyczące uczelni i wyciąganie wniosków ogólnych, nie związanych ze skryptem.

*Henryk Gurgul*

Katedra Fizyki USz  
Szczecin

### Odpowiedź opiniodawcy Wydawnictwa na recenzję Andrzeja K. Wróblewskiego skryptu Henryka Gurgula **Zarys historii fizyki**

Nawiązując do recenzji skryptu Henryka Gurgula *Zarys historii fizyki*, która ukazała się w zesz. 1/1995 na s. 82, i w której jej Autor (Andrzej K. Wróblewski) postawił pytanie „co robił recenzent (Kazimierz Badziąg)...?”, wyjaśniam.

W swojej 19-stronicowej recenzji wytknąłem Autorowi prawie te same błędy, na które wskazuje prof. Wróblewski. Niestety, ani Redakcja Szczecińskiego Wydawnictwa, ani Autor nie przedstawili mi do wglądu poprawionej wersji książki. Nie miałem więc wpływu na jej ostateczną treść.

*Kazimierz Badziąg*

## K R O N I K A

## PTF

## Nowy Zarząd Główny

Dnia 19 września 1995 r., podczas XXXIII Zjazdu Fizyków Polskich, odbyło się we Wrocławiu Walne Zebranie Delegatów Oddziałów PTF. Po wysłuchaniu sprawozdania Zarządu i Komisji Rewizyjnej, Zebranie udzieliło ustępującemu Zarządowi absolutorium. Dokonano wyboru na kadencję 1995–97 prezesa i członków Zarządu. Prezesem został ponownie Henryk Szymczak (Warszawa). Nowo wybrany Zarząd ukonstytuował się następująco: wiceprezisi – Stanisław Hoffmann (Poznań) i Józef Szudy (Toruń), sekretarz generalny – Ireneusz Strzałkowski (Warszawa), skarbnik – Edmund Wesołowski (Warszawa), członkowie – Ewa Dobierzewska-Mozrzyimas (Wrocław), Wanda Doborzyńska-Głazek (Warszawa), Jerzy Niewodniczański (Kraków), Tadeusz Rewaj (Szczecin), Krzysztof Stocki (Białystok) i Edmund Śniadek (Poznań).

Do Komisji Rewizyjnej zostali wybrani: przewodniczący – Mirosław Drozdowski (Poznań), członkowie – Ryszard Kępa (Rzeszów), Stanisław Przystański (Wrocław), Jan Styczeń (Kraków) i Maria Zaborowska-Kuśmierk (Warszawa).

## Nagrody PTF

Polskie Towarzystwo Fizyczne przyznało za 1995 r. następujące nagrody:

• Nagrodę Naukową im. Wojciecha Rubinowicza – Tomaszowi Czosnyce (Warszawa) za badania własności elektromagne-

tycznych jąder atomowych;

• Nagrodę im. Arkadiusza Piekary I stopnia za wyróżniającą się pracę magisterską – Piotrowi Kossackiemu (Warszawa) za pracę „Magnetoptyczne i magnetyczne badania powierzchni granicznej CdTe-CdMnTe”;

• Nagrodę im. Arkadiusza Piekary II stopnia za wyróżniającą się pracę magisterską – Katarzynie Weron (Wrocław) za pracę „Modelowanie dyfuzji powierzchniowej Li na Mo(112)”;

• Nagrodę im. Arkadiusza Piekary III stopnia za wyróżniającą się pracę magisterską – Barbarze Rubinowicz (Warszawa) za pracę „Zjawiska optyczne w nieliniowych ośrodkach żyotropowych”;

• Nagrodę za popularyzację fizyki – Andrzejowi Drzewińskiemu (Wrocław) i Jackowi Wojtkiewiczowi (Warszawa) za książkę popularnonaukową *Opowieści z historii fizyki*;

• Nagrodę Specjalną – Andrzejowi Olesiowi (Kraków) za wieloletnie intensywne promowanie osiągnięć fizyki w świecie technicznym.

Nagrody dydaktyczne otrzymali:

• Andrzej Owczarek (Szkoła Podstawowa w Potarzycy) – Nagrodę im. Grzegorza Białkowskiego za zbudowanie w szkole planetarium i prowadzenie zajęć popularyzatorskich;

• Jadwiga Subota (Suwałki) – Nagrodę II stopnia za bardzo dobre wyniki w pracy ze zdolnymi uczniami;

• Stefania Łakomicka (Łódź) – Nagrodę II stopnia za osiągnięcia w pracy nauczycielskiej i liczne publikacje dydaktyczne;

• Zdzisław Szpiter (Słupsk) – Nagrodę II stopnia za skonstruowanie pomocy dydaktycznych i związane z tym publikacje.

### Dofinansowanie konferencji PTF przez KBN

Organizatorzy konferencji mogą za pośrednictwem PTF uzyskiwać dofinansowanie z Komitetu Badań Naukowych. Oto sumy przyznane 14 czerwca 1995 naszemu Towarzystwu na cele konferencyjne: XXXIII Zjazd Fizyków Polskich – 15 000 zł; XXXV Krakowska Szkoła Fizyki Teoretycznej – 4000 zł; XXX Zakopane School of Physics – 5000 zł; 1st Nonorthodox School on Nonlinearity and Geometry – 2000 zł; International Conference on Soft Magnetic Materials – 4000 zł; Pierwsza Polsko-Amerykańska Konferencja „Nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe” – 4000 zł.

Komitet Badań Naukowych przyznał również dofinansowanie wydawania biuletynu informacyjnego Polskiego Towarzystwa Fizycznego w wysokości 600 zł.

*Sprawy Nauki*, nr 4 (1995)

### Oddział Toruński

W dniu 6 czerwca 1995 odbyło się Walne Zebranie Oddziału Toruńskiego PTF, na którym udzielono absolutorium ustępującemu Zarządowi i wybrano nowy Zarząd w składzie: Andrzej Bielski – przewodniczący, Tomasz Szczurek – wiceprzewodniczący, Ryszard Trawiński – sekretarz, Hieronim Ratajczak – skarbnik, Janina Socka – członek Zarządu. W skład Komisji Rewizyjnej weszli: Franciszek Bylicki i Marek Grinberg, a korespondentem Oddziału pozostała Józefina Turło.

Na szczególne wyróżnienie zasługuje ostatnia duża aktywność Zarządu Oddziału Toruńskiego PTF na rzecz zwiększenia zainteresowania fizyką uczniów szkół pod-

stawowych i średnich. Tradycyjne pokazy doświadczeń fizycznych dla uczniów szkół średnich, zorganizowane w Instytucie Fizyki w tym roku pod ogólnym hasłem „Ruch falowy”, cieszyły się ogromnym zainteresowaniem młodzieży. W dniach 27–29 września br. obejrzało je ok. 4000 uczniów z regionu Polski Północnej. Szczególne podziękowania za ich zorganizowanie należą się pracownikom Zakładu Spektroskopii Fazy Gazowej z drem Ryszardem S. Trawińskim jako kierownikiem programowym pokazów. Wykładowcami przez 3 dni, w których odbywały się po 4 cykle pokazów byli: prof. Józef Szudy, prof. Andrzej Bielski i prof. Stanisław Chwirot. W przygotowywaniu pokazów aktywny udział wzięli: mgr H. Ratajczak, B. Witkowski i K. Kuzimkowski, a wykonywali je: dr J. Wolnikowski, dr R.S. Trawiński, mgr J. Domyśławska, mgr R. Ciuryło, mgr D. Diczek i mgr D. Dyl. Sprawy korespondencji pokazów prowadził mgr G. Ząbik.

Natomiast w dniach 13 i 20 października br. swoje spotkania z fizyką w Instytucie Fizyki rozpoczęli uczniowie szkół podstawowych Torunia i okolic. Pierwszy wykład pt. „Świat niskich temperatur” (z cyklu doświadczeń z ciekłym azotem) wygłosił dr Ryszard S. Trawiński. Wykładu wysłuchało ok. 1300 uczniów. Wykład drugi pt. „Dlaczego twierdzimy, że substancje składają się z cząsteczek?” wygłosi prof. dr hab. Aleksander Balter. Wykład odbędzie się 23 lutego 1996 r. Wykład trzeci pt. „Rozszerzalność cieplna ciał stałych, cieczy i gazów” wygłosi prof. Andrzej Bielski 15 marca 1996 r. Wykład czwarty pt. „Ruch pod działaniem stałej siły” wygłosi 19 kwietnia 1996 prof. Jarosław Zaręba. Ostatni w tej serii wykład pt. „Zjawiska optyczne w przyrodzie” wygłosi prof. dr hab. Andrzej Wojtowicz. Wykład odbędzie się 10 maja 1996 r.

*Józefina Turło*

## EPS

W kadencji 1995–97 Prezesem Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS) jest H. Schopper (Genewa). Towarzystwo ma ok. 70 000 członków (członków towarzystw członkowskich, indywidualnych czł. zwyczajnych i czł. stowarzyszonych) z 36 krajów.

W poszczególnych komisjach i oddziałach EPS-u są następujący fizycy polscy: Izabela Sosnowska (Warszawa) – Komisja Ruchliwości [studentów], Henryk Wrembel (Słupsk) – Europejski Komitet Weryfikacyjny, J.M. Zakrzewski (Kraków) – Oddział Astrofizyki, Andrzej Białas (Kraków) – Oddział Wysokich Energii i Fizyki Cząstek, Adam Kujawski (Warszawa) – Oddział Elektroniki Kwantowej i Optyki, Stanisław Kuliński (Świerk) – Grupa Akceleratorów, Ludwik Kostro (Gdańsk) – Grupa Historii Fizyki, Jerzy Dembczyński (Poznań) – EGAS, Jarosław Piasecki (Warszawa) – Oddział Materii Skondensowanej, sekcja cieczy, Henryk Lachowicz (Warszawa) – Oddział Materii Skondensowanej, sekcja magnetyzmu.

*Europhys. News* 26, nr 4 (1995)

B. W.

## Eur Phys

Wzorując się na nadawanym od pewnego czasu tytule zawodowym „euroinżyniera”, Europejskie Towarzystwo Fizyczne (EPS) postanowiło wprowadzić tytuł „eurofizyk” (European Physicist, Eur Phys) i nadawać go osobom spełniającym określone wymagania kwalifikacyjne. Osoby posiadające ten tytuł uznawane są w krajach Unii Europejskiej jako kwalifikowani fizycy.

O tytuł „Eur Phys” mogą ubiegać się osoby, które ukończyły co najmniej trzyletnie uniwersyteckie (lub równoważne) studia fizyczne, pogłębione przynajmniej dwu-

letnimi studiami uzupełniającymi (fizycznymi lub z dziedzin pokrewnych), mogące ponadto wykazać się co najmniej dwuletnim stażem zawodowym (lub badawczym) wymagającym kwalifikacji fizyka.

W celu wprowadzenia w życie tego tytułu powołano w marcu 1995 ośmioosobową Komisję Rejestracyjną (Register Commission) oraz czternastoosobowy Europejski Komitet Weryfikacyjny (European Regional Monitoring Committee – ERM), którym powierzono realizację tego programu. Do kompetencji Komisji należy przyjmowanie zgłoszeń od osób zainteresowanych oraz prowadzenie rejestru fizyków, którym tytuł przyznano. Zadaniem Komitetu jest weryfikowanie zgłoszeń i zatwierdzanie wniosków o nadanie tytułu.

Pod koniec września 1995 odbyło się w Amsterdamie pierwsze, organizacyjne posiedzenie Komitetu Weryfikacyjnego. Na roczną kadencję wybrano przewodniczącego Komitetu. Został nim prof. E.F. Slade (Uniwersytet Keele, Stratfordshire, Wielka Brytania), sekretarzem jest znany działacz EPS-u, dr E.W.A. Lingeman. Na tymże posiedzeniu ERM przeanalizował zgłoszenia pierwszych 24 kandydatów, z czego 19 osób uzyskało pozytywną opinię. Kandydatami do tytułu Eur Phys w większości były osoby z Europy Zachodniej (przeważającą liczbę stanowili kandydaci z Wielkiej Brytanii), aczkolwiek jedna osoba pochodziła z Rumunii.

Szczegółowe informacje o trybie ubiegania się o tytuł Eur Phys są dostępne w Zarządach Oddziałów PTF lub za pośrednictwem WWW poprzez EurophysNet pod: <http://epswww.epfl.ch> oraz <http://www.nikhef.nl/www/pub/eps>.

Henryk Z. Wrembel

## Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymali w dniu 26 maja 1995: Andrzej Bałanda (UJ, Kraków), Zbigniew Tadeusz Haba (UWr, Wrocław) i Kazimierz Jeleń (AGH, Kraków).

*Sprawy Nauki*, nr 4 (1995)

## Nagrody FNP

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej przyznała nagrody za rok 1995.

W dziedzinie nauk ścisłych nagrodę otrzymuje prof. Adam Sobiczewski (Instytut Problemów Jądrowych, Warszawa) za prace, w których zostało przewidziane istnienie nieoczekiwane bardzo stabilnych jąder atomowych najcięższych pierwiastków, potwierdzone doświadczalnie w połowie 1993 r. (por. *Postępy Fizyki* 44, 235 (1993); 46, 89 i 431 (1995)).

W kategorii nauk technicznych nagrodę otrzymuje prof. Maksymilian Pluta (Instytut Optyki Stosowanej, Warszawa) za trzytomowe dzieło *Zaawansowana mikroskopia świetlna*.

Przypomnijmy, że w dziedzinie nauk ścisłych nagrodę za rok 1992 otrzymał prof. Aleksander Wolszczan za odkrycie pierwszego pozasłonecznego układu planetarnego, za rok 1993 prof. Stanisław Lech Woronowicz za prace dotyczące grup kwantowych i ich związków z  $C^*$  algebrami, a za rok 1994 prof. Zbigniew Ryszard Grabowski za opracowanie nowych metod generowania cząsteczek w stanach charakteryzujących się silnym przemieszczeniem ładunku elektronowego w cząsteczkach.

PAP

B. W.

## Fizyk ministrem spraw zagranicznych

Fizyk turecki, Erdal Inonu, który przewodniczył Konferencji Generalnej Europejskiego Towarzystwa Fizycznego w 1981 r. w Stambule, został mianowany ministrem spraw zagranicznych Turcji.

*Europhys. News* 26, nr 4 (1995)

## Nagroda za doświadczalne potwierdzenie istnienia gluonów

Nagrodę Europejskiego Towarzystwa Fizycznego w dziedzinie fizyki wysokich energii i cząstek elementarnych za rok 1995 otrzymali Paul Söding, Björn Wiik i Günther Wolf (DESY) oraz Sau Lan Wu (Madison, USA) za pierwszą obserwację przypadków produkcji trzech pęków w zderzeniach  $e^+e^-$  w akceleratorze wiązek przeciwbieżnych PETRA w ośrodku DESY.

Według chromodynamiki kwantowej, gluony są nośnikami sił wiążących kwarki w hadronach. W przypadkach trójpekowych, dwa pęki pochodzą z fragmentacji kwarka i antykwarka, a trzeci – gluonu.

Specjalną nagrodę EPS-u przyznano czterem grupom doświadczalnym: JADE, MARK-J, PLUTO i TASSO (nazwy grup pochodzą od nazw detektorów przy akceleratorze PETRA). Wyniki każdej z grup niezależnie potwierdzają istnienie gluonów.

*Europhys. News* 26, nr 4 (1995)

M. S.

## Jubileusz 90-lecia urodzin Wilhelminy Iwanowskiej

W dniu 2 września 1995 r. Pani Wilhelmina Iwanowska, profesor zwyczajny Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, nestorka polskiej astronomii, ukończyła 90 lat. Z tej okazji w dniu 25 września 1995 r. odbyła się Sesja Jubileuszowa zorganizowana przez Wydział Fizyki i Astro-



nomii UMK, prezesa Polskiej Akademii Nauk oraz prezesa Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.



Prof. Wilhelmina Iwanowska

W Sesji tej, obok liczego grona pracowników UMK, wzięli udział astronomowie i fizycy ze wszystkich ośrodków akademickich w Polsce oraz liczni goście zagraniczni. Po słowie wstępnym Jego Magnificencji Rektora, prof. Andrzeja Jamiołkowskiego, dziekan Wydziału Fizyki i Astronomii, prof. Józef Stanisław Kwiatkowski omówił działalność naukową i organizacyjną Jubilatki, a następnie Prezes PAN, prof. Leszek Kuźnicki odznaczył Jubilatkę Krzyżem Wielkim Orderu Odrodzenia Polski, przyznanym jej przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej. Dziękując za to wyróżnienie, prof. Iwanowska podzieliła się refleksjami na temat swojego życia na-

ukowego, wspominając szczególnie ciepło pracę na Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie. Następnie prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, prof. Jerzy Kreiner i prof. Robert Głębocki wręczyli Jubilatce dyplom Honorowego Członka Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. W imieniu Rady Miejskiej Torunia bardzo serdeczne życzenia przekazał Prezydent Torunia, dr Jerzy Wieczorek, a doc. Roman Ampel (WSP Opole) składając życzenia w imieniu uczniów Jubilatki, podziękował za jej trud włożony w wychowanie tak liczego grona uczniów.

W imieniu Międzynarodowej Unii Astronomicznej gratulacje Jubilatce złożył prezes Unii, prof. Lodewijk Woltjer.

Uczestnicy Sesji wysłuchali dwóch referatów naukowych profesorów Bohdana Paczyńskiego („Struktura Galaktyki”) i Aleksandra Wolszczana („Współczesne poszukiwania układów planetarnych”), którzy, aby wziąć udział w Sesji, specjalnie przyjechali z USA.

Po uroczystej Sesji, jej uczestnicy wzięli udział we wspólnym z Jubilatką obiedzie, a następnie w Obserwatoriach Astronomicznych UMK w Piwnicach, już w bardziej nieoficjalnej atmosferze składali osobście życzenia Jubilatce oraz odczytywali listy gratulacyjne. Na adres samej Jubilatki oraz na adres Jego Magnificencji Rektora UMK przesłano liczne listy i telegramy, zarówno z kraju jak i z zagranicy.

*Józefina Turło*

### Czterdziestolecie IBJ

Dnia 4 czerwca 1995 r. upłynęło 40 lat od powołania uchwałą Rady Ministrów Instytutu Badań Jądrowych. Z tej okazji Państwowa Agencja Atomistyki i instytutu w Świerku: Instytut Energii Atomowej, Instytut Problemów Jądrowych, Ośro-

dek Badawczo-Rozwojowy Izotopów, oraz Instytut Chemii i Techniki Jądrowej na Żeraniu zorganizowały uroczyste obchody czterdziestolecia.

W dniu 9 czerwca 1995 r. w dużej auli Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Hożej 69 odbyła się uroczysta sesja Rad Naukowych powyższych instytutów – spadkobierców tradycji IBJ. Uczestniczyli w niej również zaproszeni goście, m.in. prezes Polskiej Akademii Nauk prof. Leszek Kuźnicki, prezes Państwowej Agencji Atomistyki prof. Jerzy Niewodniczański i przedstawiciele Komitetu Badań Naukowych, Senatu RP, oraz warszawskich uczelni – Uniwersytetu i Politechniki. Podczas sesji, której przewodniczył prof. Jan Żylicz, trzy wspomnieniowe referaty wygłosili: prof. Zdzisław Wilhelmi („Z dziejów IBJ: wczesne lata fizyki w Instytucie Badań Jądrowych – lata świetności”), dr Konrad Blinowski („Powstanie, rozwój i działalność Instytutu Badań Jądrowych w zakresie Pionu Energetyki i wykorzystania reaktorów”) i prof. A.M. Dancewicz („Czterdziestolecie powołania Instytutu Badań Jądrowych – powstanie zakładów chemicznych”). Historię i dorobek IBJ oraz aktualne informacje o powstałych z niego instytutach zilustrowały liczne plansze ustawione w salach i na korytarzach gmachu Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW, w miejscach przewidzianych na spotkanie się uczestników sesji po jej oficjalnej części. Następnego dnia, w sobotę o godz. 9-ej w Akademickim Kościele św. Anny została odprawiona Msza Św. w intencji zmarłych pracowników atomistyki i zmarłych członków ich rodzin. Po nabożeństwie zgromadzeni wysłuchali koncertu muzyki organowej w wykonaniu koncertmistrza Wojciecha Bednarskiego, po czym delegacja organizatorów z grupą uczestników uroczystości udała się na cmentarz na Powązkach

aby złożyć wieniec na grobie prof. Andrzeja Sołtana, twórcy i pierwszego dyrektora IBJ. Obecni byli członkowie jego rodziny. Z okazji czterdziestolecia, sobota 10 i niedziela 11 czerwca były Dniami Otwartymi dla wszystkich zainteresowanych zwiedzeniem instytutów powstałych z byłego IBJ.

Konrad Blinowski

### Przedsięwzięcia fizyków jądrowych muszą być międzynarodowe

We współczesnym świecie szybkich zmian, zarówno gospodarczych, technicznych jak i społecznych, potrzebne są specjalne wysiłki aby zapewnić możliwość rozwoju fizyki jądrowej. Profesorowie Herman Feshbach (MIT) i D. Allan Bromley (Yale University) przedstawili na łamach *Nuclear Physics News International* swój punkt widzenia na to zagadnienie, zainspirowani Międzynarodowym Spotkaniem nt. Nauk Jądrowych, jakie odbyło się w grudniu 1994 w Amsterdamie, a na którym dyskutowano możliwości zorganizowanego wspierania rozwoju międzynarodowych inicjatyw w fizyce jądrowej.

Urządzenia do badań jądrowych stają się coraz droższe, a finansowanie badań podstawowych napotyka coraz większe trudności. Pojedyncze kraje nie są w stanie finansować dużych projektów, co sugeruje konieczność zorganizowanej współpracy międzynarodowej. Dobrym, choć może smutnym przykładem może być los akceleratora SSC w Stanach Zjednoczonych, przedsięwzięcia rozwijanego bez znaczącego zaangażowania międzynarodowego środowiska badaczy. Oczywiście, pamiętając o większych przedsięwzięciach, trzeba też zadbać o małe, nie wymagające tak olbrzymich nakładów finansowych.

Poza rozwijaniem wzajemnych kon-

taktów naukowców i ich instytutów warto także współpracować z instytucjami finansującymi naukę, parlamentami, rządami. Ma to kolosalne znaczenie dla wzajemnego zaufania i zrozumienia potrzeb badaczy i sensu ich projektów.

Nie można też zapomnieć o szerokiej promocji dziedziny i jej sukcesów. Widać tu jednak często pewien brak efektywności. Trzeba silniej i z większym entuzjazmem bronić osiągnięć fizyki jądrowej w czasie, gdy podstawowe badania naukowe tracą zainteresowanie i poparcie społeczeństw.

Nie zapominajmy, że fizyka jądrowa to ciągle aktywna dziedzina badań, z rosnącymi związkami z innymi gałęziami fizyki, o niebagatelnym znaczeniu poznawczym. Jądra atomowe to bardzo złożone obiekty i ich badanie ciągle dostarcza niespodzianek, których wyjaśnianie pozwala pogłębiać wiedzę dotyczącą całej fizyki i przyrody. Fizyka jądrowa to także wysmienita dziedzina dla kształcenia studentów. Najbardziej wymowne są jednak jej liczne, użyteczne zastosowania, dotyczące energetyki jądrowej, medycyny jądrowej, skonstruowanej aparatury (np. do implantacji jonów, komputerów, zasilaczy wysokiej częstotliwości, do jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR) i tomografii opartej na emisji pozytonów (PET)) oraz datowania izotopowego.

Podsumowując, sukces tej dziedziny może zagwarantować jedynie prawdziwie międzynarodowa współpraca badaczy i osób decydujących o finansowaniu nauki oraz odpowiednie powszechne rozpropagowanie celów badań i osiągniętych rezultatów. Oczywiście wnioski te dotyczą także wielu innych gałęzi badań fizycznych, z czego coraz więcej grup naukowców zdaje sobie doskonale sprawę i próbuje je stosować w praktyce.

*Nucl. Phys. News Internat.* 5, nr 2 (1995) K. B.

## Hoża kończy trzecią ćwiartkę (stulecia)

W 1919 r. na katedrę fizyki doświadczalnej odradzającego się Uniwersytetu Warszawskiego powołano Stefana Pieńkowskiego, poprzednio profesora Uniwersytetu w Liège. Dzięki jego niebywale energii zdołano w ciągu niespełna półtora roku, w warunkach toczącej się wojny polsko-bolszewickiej, dokończyć budowę gmachu na Hożej 69. Dnia 30 stycznia 1921 r. odbyła się skromna uroczystość inauguracji Zakładu Fizyki Doświadczalnej UW.

Również w 1921 r. katedrę fizyki teoretycznej UW objął Czesław Białobrzeski, poprzednio docent Uniwersytetu Kijskiego.

Pieńkowski potrafił w krótkim czasie wyposażać Zakład w nowoczesną, na owe czasy, aparaturę i urządzenia i przygotować grono młodych fizyków do samodzielnej pracy twórczej. W ciągu kilku lat Zakład Fizyki Doświadczalnej UW stał się poważnym, znanym i cenionym w świecie ośrodkiem badań optyki atomowej i molekularnej, w szczególności zjawisk luminescencji i fluorescencji. Wybór tej tematyki był niezmiernie trafny. Były to lata budowania podstaw fizyki kwantowej, gdy formułowanie praw ogólnych wymagało zdobycia ogromnej ilości danych doświadczalnych dotyczących oddziaływań promieniowania z materią i weryfikacji nowo odkrywanych praw. Od lat trzydziestych podjęto też badania w dziedzinie fizyki jądrowej. Zbudowano jeden z pierwszych w Europie akceleratorów kaskadowych na napięciu 600 kV.

Najistotniejszym jednak elementem sukcesu Hożej było wpojenie przez Pieńkowskiego swoim uczniom przekonania o nadrzędnej roli nauki (a fizyki w szczególności), stworzenie twórczej atmosfery na-

ukowej, wymagającej wysiłku i ofiar, i wytworzenie ducha zgranej zespołowości.

Po wkroczeniu do Warszawy Niemcy wywieźli z Hożej całą aparaturę i bibliotekę, a w dalszych latach, przebudowując gmach, zniszczyli instalacje. W latach wojny ludzie Hożej prowadzili tajne nauczanie na szczeblu akademickim i średnim. Pieńkowski urządził w swoim mieszkaniu seminarium, a przede wszystkim sterował sprawami tajnego nauczania akademickiego i nauki w całym kraju jako kierownik Wydziału Szkół Wyższych i Nauki Departamentu Oświaty i Kultury Delegatury Rządu na Kraj.

Jak dobrze wiadomo, po wojnie rozwinęły się na Hożej również inne kierunki badań: fizyka ciała stałego (w szczególności półprzewodników), fizyka cząstek elementarnych i wysokich energii, a nieco później biofizyka i modelowanie matematyczne procesów fizycznych. Przeniesienie się do Warszawy Wojciecha Rubinowicza i Leopolda Infelda dało podstawy stworzenia silnej szkoły fizyki teoretycznej. Instytut Fizyki Teoretycznej prowadzi badania w zakresie teorii pola i teorii grawitacji, elektrodynamiki kwantowej, teorii jądra i cząstek elementarnych, teorii ciała stałego, fizyki statystycznej i metod matematycznych fizyki. Z Hożej „wypączkowały” w swoim czasie: Instytut Fizyki PAN i Instytut Badań Jądrowych w Świerku.

Wydział Fizyki UW przy współpracy Instytutu Fizyki PAN i Centrum Fizyki Teoretycznej PAN organizuje obchody 75 lat fizyki na Hożej, na które zaprasza absolwentów i sympatyków Hożej, niezależnie od miejsca i charakteru obecnej działalności. Obchody odbędą się w dniach 28 – 30 stycznia 1996. Najważniejszym elementem będzie dwudniowa sesja naukowa „Physics at the turn of the century”. Udział obiecało 12 referentów, wśród nich 4 laureatów Nagrody Nobla. Oczywiście odbędą

się spotkanie towarzyskie (28 stycznia). Przez cały czas trwania uroczystości jubileuszowych czynna będzie na terenie Wydziału Fizyki wystawa dokumentująca historię i osiągnięcia Hożej.

Impreza taka jest niewątpliwie kosztowna, ale organizatorzy, kontynuujący dawny, nie przerażający się przeszkodami, duch Hożej, zadbali o (za)możnych sponsorów.

Do udziału w uroczystościach zaprasza absolwentów i sympatyków Hożej dziekan Wydziału Fizyki UW prof. Krzysztof Ernst, Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax (22) 6210985, adr.el.: ernst@fuw.edu.pl.

B. W.

### Będą magistrowie ze Szkoły Nauk Ścisłych

Warszawska Szkoła Nauk Ścisłych, działająca od dwóch lat przy kilku instytutach Polskiej Akademii Nauk (Chemii Fizycznej, Fizyki, Matematycznym i Centrum Fizyki Teoretycznej), wspierana także przez resortowy Instytut Technologii Elektronowej, uzyskała wreszcie, po 15 miesiącach od złożenia wniosku, uprawnienia do prowadzenia studiów magisterskich w zakresie matematyki, fizyki i chemii.

Szkoła, o której powstaniu i rozwoju pisaliśmy już w *Postęпах* dwukrotnie (PF 44, 617 (1993) i 46, 65 (1995)), posiadała dotychczas prawo prowadzenia studiów zawodowych kończących się uzyskaniem tytułu licencjata. Studia licencjackie prowadzone są w ramach makrokierunku „matematyka, fizyka i chemia”. Przez dwa pierwsze lata studiów zajęcia z każdego z tych przedmiotów są obowiązkowe dla wszystkich studentów, i każde z nich zajmują w programie studiów mniej więcej tyle samo miejsca. Specjalizacja zaczyna się na III roku studiów: studenci wybierają

specjalność, w ramach której mają zamiar uzyskać licencjat, oraz decydują czy odejdą ze Szkoły po trzech latach, czy podejmą studia magisterskie.

Program III roku jest w znacznym stopniu nastawiony na zastosowania nauk ścisłych. Aktualnie Szkoła oferuje trzy specjalności licencjackie: matematyczne modelowanie zjawisk, fizykochemia materiałów współczesnej techniki i obsługa nowoczesnej aparatury. Studenci pragnący kontynuować studia w Szkole aż do magisterium, mają w programie tego roku także bardzo solidne wykłady z przedmiotu, w ramach którego chcą odbywać studia magisterskie.

Studia w Szkole są dwustopniowe: wiodyscyplinarne (makrokierunek) na poziomie studiów licencjackich, specjalizowane (matematyka, fizyka lub chemia) na poziomie studiów magisterskich. Za rok pierwsi studenci uzyskają tytuł licencjata Szkoły Nauk Ścisłych i część z nich podejmie studia magisterskie (taki zamiar deklaruje zdecydowana większość studentów rozpoczynających teraz III rok studiów). Szkoła jest także gotowa przyjąć wówczas na studia magisterskie kandydatów, którzy odbyli pierwsze trzy lata studiów w zakresie nauk ścisłych na innej uczelni.

*Miroslaw Lukaszewski*

[Patrz także ogłoszenie Szkoły Nauk Ścisłych na s. 659 – Red.]

### Rekordowa moc w nadfiolecie

W Uniwersytecie Rochesterskim (USA) działa już laser OMEGA dający wiązkę promieniowania nadfioletowego o mocy 60 TW w impulsie trwającym mniej niż 1 ns. Laser ten jest używany do badań nad syntezą jądrową. Wiązka lasera przepala szklaną lub plastikową powłokę naczynka zawierającego deuter i tryt i powoduje zderzenia tych atomów, co prowadzi do syn-

tezy jądrowej.

Wyniki prób z laserem OMEGA będą wykorzystane przez laboratoria: Sandia, Los Alamos i Lawrence'a do skonstruowania jeszcze większego urządzenia do laserowej syntezy jądrowej, w którym 162 wiązki laserowe mają dawać impulsy o mocy 500 TW.

Urzeczywistnienie tego projektu zależy m.in. od przyznania przez Kongres Stanów Zjednoczonych sumy 1 miliarda USD.

*Phys. World* 8, nr 7 (1995)

*B. W.*

### Dmitri D. Iwanienko (1904 – 1994)

Dnia 31 grudnia 1994 zmarł w Moskwie Dmitri D. Iwanienko, jeden z najwybitniejszych fizyków w b. ZSRR.

Iwanienko urodził się 29 marca 1904 w Połtawie. Kształcił się w Leningradzie, początkowo na tamtejszym Uniwersytecie, później w Instytucie Fizyko-Technicznym. Należał do grupy wybitnie utalentowanych młodych fizyków skupiających się wokół Gamowa i Landaua. W latach 1929–31 był założycielem i kierownikiem Wydziału Teorii wówczas nowo powstałego Instytutu Fizyko-Technicznego w Charkowie. W 1931 r. powrócił do Leningradu. W 1935 r. został uwieczony, a po uwolnieniu skazany na pobyt w Tomsku. Dopiero w 1943 r. mógł przyjechać do Moskwy, gdzie został powołany na profesora fizyki teoretycznej w Uniwersytecie Łomonosowa i pracował tam do końca życia.

W 1932 r. opublikował teorię protonowo-neutronową jądra atomowego. Od 1934 r. zajmował się teorią sił jądrowych. Jego prace, wraz ze ściśle matematyczną teorią Tamma, wywarły znaczny wpływ na stworzenie przez Yukawę teorii mezonowej sił jądrowych. Wraz z I. Ya. Pomeranczkiem przewidział promieniowanie synchro-

tronowe. W późniejszych latach zajmował się kwantową grawitacją. Wraz z A.A. Sokółowem napisał dwutomową monografię na temat elektrodynamiki klasycznej i kwantowej.

Mimo wielkiego wkładu w rozwój nowoczesnej fizyki, był nieco na uboczu wpływowego grona fizyków radzieckich; przyczyną był może jego dość trudny charakter, a może napięte stosunki z Landauem. Nie został nigdy wybrany na członka Akademii Nauk ZSRR.

*Phys. Bl.* 51, nr 6 (1995)

B. W.

### William A. Fowler (1911 – 1995)

Dnia 14 marca 1995 r. zmarł w Pasadena William A. Fowler, jeden z twórców astrofizyki jądrowej.

W.A. Fowler urodził się w Pittsburgu w 1911 r., studiował fizykę na Uniwersytecie stanu Ohio, doktorat uzyskał w 1936 r. w Kalifornijskim Instytucie Technologicznym (Caltech), był profesorem tej uczelni od 1970 r. aż do przejścia na emeryturę w 1982 r.

Głównym przedmiotem badań Fowlera była fizyka i astrofizyka jądrowa, w szczególności struktura jąder, zagadnienie sił jądrowych, reakcje syntezy. Wspólnie z Fredem Hoylem oraz Geoffreyem i Margaret Burbidge'ami opublikował w 1957 r. pracę „Synteza pierwiastków w gwiazdach”. Był to drugi, po modelu Bethego z lat 1938–39, pełny i spójny opis powstawania pierwiastków chemicznych w kosmosie. W tej i w dalszych pracach Fowler wraz ze swoimi współpracownikami wykazał, że pierwiastki cięższe od helu powstają we wnętrzu gwiazd w procesach syntezy jądrowej wywołanej przez neutrony. Inne prace Fowlera dotyczyły kosmochronologii, gwiazd supernowych i nukleosyntezy w Wielkim Wybuchu.

W 1983 roku Fowler (jednocześnie z S. Chandrasekharem) otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki za „wkład w rozwój astrofizyki” (por. notatkę A. Sobiczewskiego i A. Trautmana, *PF* 35, 341 (1984)).

*APS News* 4, nr 5 (1995)

B. W.

### Hannes Alfvén (1908 – 1995)

Dnia 2 kwietnia 1995 r. zmarł Hannes Olof Gösta Alfvén, wybitny szwedzki fizyk, pionier badań w dziedzinie magnetohydrodynamiki.

Alfvén urodził się w Norrköping 30 maja 1908. Doktorat uzyskał na Uniwersytecie w Uppsali. W wieku 34 lat został profesorem Królewskiej Politechniki w Sztokholmie. Od 1967 r. był również profesorem Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego, pracując w zimie w Kalifornii, a w lecie w Sztokholmie.

Do najbardziej znanych osiągnięć Alfvéna należy odkrycie w 1942 r. fal elektromagnetyczno-hydrodynamicznych, zwanych teraz falami Alfvéna, tj. fal niskiej częstości rozchodzących się w plazmie, powodujących wyginanie się linii pola magnetycznego razem z wmróżoną w nie plazmą. Początkowo odkrycie to zostało przyjęte przez społeczność fizyków z niedowierzaniem i dopiero w 1948 r., gdy Fermi na jakimś seminarium wyraził się: „oczywiście, takie fale mogą istnieć”, zostało zaakceptowane. Odkrycie sprzężenia między polem elektromagnetycznym i hydrodynamicznym otworzyło nowe pole badań fizyki – magnetohydrodynamikę. Alfvén uzyskał wiele ważnych wyników w badaniach plazmy w zastosowaniu do astrofizyki.

W 1970 r. Alfvén otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki za „wkład i podstawowe odkrycia w magnetohydrodynamicie i ich owocne zastosowania w różnych działach fizyki plazmy”.

Poza badaniami czysto naukowymi interesowały go zagadnienia związane ze środowiskiem naturalnym człowieka, przeludnieniem, rozbrojeniem. W latach siedemdziesiątych był prezesem ruchu Pugwash.

*Phys. World* 8, nr 6 (1995)

*B. W.*

### **Bożena Pędzisz (1948 – 1995)**

Po 202 dniach beznadziejnej walki z niszczącą organizm chorobą zmarła 21 lipca 1995 w Opolu dr hab. Bożena Pędzisz.

Pracę doktorską z chemii fizycznej obroniła przed dwudziestu laty na Uniwersytecie Śląskim w Katowicach, habilitowała się z dydaktyki fizyki dwa lata temu

w Niemczech.

Na Uniwersytecie Opolskim (poprzednio WSP) kierowała Zakładem Dydaktyki Fizyki. Uczelni opolskiej poświęciła połowę życia – 24 lata. Wielu z nas pamięta Bożenę z aktywnej obecności na przeróżnych szkołach, konferencjach, warsztatach. Organizowała turnieje fizyczne, konferencje studenckich kół naukowych, pokazy z fizyki, konferencje dydaktyki fizyki. Pamiętamy ją jako postać pełną życia, energii i pasji.

W swoim środowisku dała się poznać przede wszystkim jako osoba prawa, szlachetna i wrażliwa na cierpienia innych. Bardzo nam jej brak.

*Wojciech Dindorf*

## KALENDARZ IMPREZ

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

### 1996

12 – 13 stycznia 1996, Radziejowice

**2nd Dutch-Polish Colloquium on Condensed Matter Physics: Correlated Systems, Magnetism, Spectroscopy and Spin Effects in Semiconductors**

Inst. Fizyki Doświadczalnej UW i Inst. Fizyki PAN; dr A. Wittlin, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, fax: 430926, adr.el.: wittlin@ifpan.edu.pl.

U: 50, ang.

29 – 30 stycznia 1996, Warszawa

**Physics at the turn of the century – sesja naukowa w ramach „75 lat fizyki na Hożej”**

Wydział Fizyki UW; prof. K. Ernst, Inst. Fizyki Doświadczalnej UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel/fax: (22) 6210985, adr.el.: ernst@fuw.edu.pl.

Z: 30.12.95, ang.

19 – 29 lutego 1996, Karpacz

**32. Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej – Fizyka ciała stałego: mechanika kwantowa a technika**

Inst. Fizyki Teoretycznej UWr; prof. Jerzy Przystawa, IFT UWr, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław, tel.: 222363, 201423, fax: 214454, adr.el.: przystaw@ift.uni.wroc.pl.

P, U: 100, ang.

15 – 19 kwietnia 1996, Kraków

**Szkoła analizy termicznej**

Polskie Tow. Kalorymetrii i Analizy Termicznej oraz AGH; dr inż. Barbara Prochowska-Klich, Zakład Chemii Nieorganicznej, Wydz. Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel.: 338898 lub 172470, fax: 338898, adr.el.: bprochow@uci.agh.edu.pl.

20 – 24 maja 1996, Warszawa

**Polarimetry and Ellipsometry**

Polish Chapter SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; prof. M. Pluta, IOS, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel.: 184497, fax: 133265, tlx: 825960 ios pl, adr.el.: iosto@frodo.nask.org.pl.

P.



25 – 26 maja 1996, Ustroń-Jaszowiec

**Przed szkole Fizyki Półprzewodników**

Inst. Fizyki PAN, Wydział Fizyki UW i Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN; dr Perła Kacman, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 436861, fax: 430926, adr.el.: kacman@ifpan.edu.pl.

27 – 31 maja 1996, Ustroń-Jaszowiec

**XXV Internat. School on Physics of Semiconducting Compounds „Jaszowiec '96”**

Inst. Fizyki PAN, Wydział Fizyki UW i Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN; dr Tomasz Story, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435626, fax: 430926, adr.el.: story@ifpan.edu.pl.

A: 15.3.96, U: 250, ang.

31 maja – 8 czerwca 1996, Jaszowiec

**3rd Internat. School and Symposium on Synchrotron Radiation in Natural Science (ISSRNS-3)**

Polskie Tow. Promieniowania Synchrotronowego; dr Marta Zimnal-Starnawska, Inst. Fizyki UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków, tel.: 336377 w. 540, fax: 337086, adr.el.: synchron@castor.if.uj.edu.pl.

Z: 1.3.96, A: 15.3.96, P, ang.

10 – 14 czerwca 1996, Polanica Zdrój

**18th Internat. Seminar on Surface Physics**

Inst. Fizyki Doświadczalnej UWr; dr hab. Adam Kiejna, IFD UWr, pl. M. Borną 9, 50-204 Wrocław, tel.: 201267, 201266, fax: 223365, adr.el.: sem96@max.ifd.uni.wroc.pl.

Z: 15.11.95, A: 1.3.96, U: 120, P, O: równowartość 260 USD (wraz z zakwaterowaniem i wyżywieniem), ang.

27 – 28 czerwca 1996, Warszawa

**XI Dni Wymiany Doświadczeń w Nauczaniu Fizyki w Wyższych Szkołach Technicznych**

Inst. Fizyki Politechniki Warszawskiej i Polskie Towarzystwo Fizyczne; dr Mirosław Karpierz, IF PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: 6288345, fax: 6282171, adr.el.: dni-wymiany@if.pw.edu.pl.

Z: 31.12.95.

10 – 20 lipca 1996, Białowieża

**X Szkoła Fizyki Fazy Skondensowanej: Electrons in Solids – Experiment and Theory**

Inst. Fizyki Filii UW w Białymstoku; mgr Katarzyna Rećko, IF Filii UW, Lipowa 41, 15-424 Białystok, tel.: (85) 423403, fax: (85) 420272, adr.el.: karo@cksr.ac.bialystok.pl.

U: 80, O: ok. 600 zł (wraz z wyżywieniem i zakwaterowaniem).

25 – 31 lipca 1996, Warszawa

**XXVIII International Conference on High Energy Physics**

Uniwersytet Warszawski i Instytut Problemów Jądrowych, patronat IUPAP, prof. A.K. Wróblewski, Inst. Fizyki Doświadczalnej UW, Hoża 69, 00-681 Warszawa, adr.el.: ichep@fuw.edu.pl, WWW: <http://info.fuw.edu.pl/HEP/ICHEP96/Welcome.html>.  
U: 1500, ang.

3 – 6 sierpnia 1996, Jaszowiec

**Int. Conf. on Electron Localization and Quantum Transport in Solids**

Polskie Towarzystwo Fizyczne i Inst. Fizyki PAN; prof. T. Dietl, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 435324, fax: 430926, adr.el.: [loc@ifpan.edu.pl](mailto:loc@ifpan.edu.pl), WWW: [http://info.ifpan.edu.pl/conferences/Localization\\_96.html](http://info.ifpan.edu.pl/conferences/Localization_96.html).  
A: 15.4.96, U: 200, ang.

29 sierpnia – 4 września 1996, Zajęczkowo

**4th Internat. School on Theoretical Physics: Symmetry and Structural Properties of Condensed Matter**

Stowarzyszenie „Symetria i własności strukturalne” i Inst. Fizyki UAM; dr Wojciech Florek, IF UAM, Matejki 48/49, 60-769 Poznań, tel.: 659949 lub 668651 w. 51, fax: 659949, adr.el.: [sspcm@plpuam11.amu.edu.pl](mailto:sspcm@plpuam11.amu.edu.pl) lub [florek@plpuam11.amu.edu.pl](mailto:florek@plpuam11.amu.edu.pl).  
Z: 1.6.96, A: 1.4.96, P, O: 370 zł (z zakwaterowaniem), studenci – 150 zł, ang.

16 – 20 września 1996, Jaszowiec

**Int. Conf. on Substrate Crystals and HTSC Films – ICSC-F '96**

Inst. Technologii Materiałów Elektronicznych, Instytut Fizyki PAN, Institute for Crystal Growth (Berlin); dr M. Berkowski, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: 437001 w. 344, fax: 430926, adr.el.: [scf96@ifpan.edu.pl](mailto:scf96@ifpan.edu.pl).  
O: 230 USD, ang.

17 – 20 września 1996, Warszawa

**Contact and Confocal Microscopic Techniques**

Polish Chapter SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; prof. M. Pluta, IOS, Kamionkowska 18, 03-85 Warszawa, tel.: 184497, fax: 133265, tlx: 825960 ios pl, adr.el.: [iosto@frodo.nask.org.pl](mailto:iosto@frodo.nask.org.pl).  
P.

## NOWE KSIĄŻKI

- Simon L. Altmann, *Reprezentacje indukowane w kryształach i molekułach, grupy punktowe, przestrzenne i molekuł niesztwywnych*, z jęz. angielskiego tłum. Antonina Kowalska; Wyd. Stowarzyszenia „Symetria i Własności Strukturalne”, Poznań 1994, s. 344 + 16.

- Józef Wojas, *Fotoelektryczne badania półprzewodników*, Semper, Warszawa 1994, s. 298.
- Quang Ho-Kim, Narendra Kumar, Chi-Sing Lam, *Zaproszenie do fizyki współczesnej*, z jęz. angielskiego tłum.: Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz, Andrzej Koper, Krystyna i Michał Kurzyńscy, Dariusz Lipiński, Stanisław Wałcerz, Ryszard Wojciechowski; Stowarzyszenie „Symetria i Własności Strukturalne”, Poznań 1995, s. 484.
- Roger Penrose, *Nowy umysł cesarza – O komputerach, umyśle i prawach fizyki*, z jęz. angielskiego tłum. Piotr Amsterdamski; PWN, Warszawa 1995, s. 505.
- M.A. Herman, A. Kalestyński, L. Widomski, *Podstawy fizyki dla kandydatów na wyższe uczelnie i studentów*, wyd. VI, PWN, Warszawa 1995, s. 699.
- *Fizyka Wrocławska 1945 – 1995*, red. Zygmunt M. Galasiewicz; Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1995, s. 125 + 7 nl.
- John R. Taylor, *Wstęp do analizy błędu pomiarowego*, z jęz. angielskiego tłum. Adam Babiński i Rafał Bożek; PWN, Warszawa 1995, s. 296.
- L.W. Tarasow, A.N. Tarasowa, *Jak rozwiązywać zadania z fizyki? Analiza typowych błędów popełnianych w rozwiązywaniu zadań*, z jęz. rosyjskiego tłum. E. Pietras; Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995, s. 400.
- John D. Barrow, *Teorie wszystkiego. W poszukiwaniu ostatecznego wyjaśnienia*, z jęz. angielskiego tłum. Jan Czerniawski i Tomasz Placek; Wyd. ZNAK, Kraków 1995, s. 285.
- Igor Nowikow, *Czarne dziury i Wszechświat*, z jęz. angielskiego tłum. Stanisław Bajtlik; Prószyński i S-ka, Warszawa 1995, s. 237, cena 9 zł.
- Michio Kaku, *Hiperprzestrzeń. Naukowa podróż przez wszechświaty równoległe, pętle czasowe i dziesiąty wymiar*, z jęz. angielskiego tłum. Ewa L. Łokas i Bogumił Bieniok; Prószyński i S-ka, Warszawa 1995, s. 452, cena 16,50 zł.
- B.M. Jaworski, A.A. Dietlaf, *Fizyka. Poradnik encyklopedyczny*, z jęz. rosyjskiego tłum. Włodzimierz Komar i Ludmiła Skubiszak; PWN, Warszawa 1995, s. 675.
- Jerzy Sikorski, *Prywatne życie Mikołaja Kopernika*, wyd. III przejrane i uzupełnione, Prószyński i S-ka, Warszawa 1995, s. 310, cena 14 zł.
- Czesław Bobrowski, *Fizyka. Krótki kurs*, wyd. IV poprawione, WNT, Warszawa 1995, s. 666, cena 22 zł.
- Jadwiga Holas, *Powtórka z fizyki. Mechanika, materia i ciepło*, WNT, Warszawa 1995, s. 183, cena 8 zł.
- Michael White, John Gribbin, *Einstein. Życie nauką*, z jęz. angielskiego tłum. Danuta Śledziwska-Błocka; WNT, Warszawa 1995, s. 314, cena 12 zł.
- David E. Goldberg, *Algorytmy genetyczne i ich zastosowania*, z jęz. angielskiego tłum. Kazimierz Grygiel; WNT, Warszawa 1995, s. 408, cena 18 zł.

## SPIS TREŚCI

### Zeszyt 1

M. Kicińska-Habior – Klastry metali alkalicznych: układy kwantowe o kilku tysiącach elementów .....	3
R.A. Hulse – Odkrycie pulsara w układzie podwójnym (tłum. J. Gil) .....	29
<b>RÓŻNE</b>	
Granty KBN z fizyki – VI i VII konkurs .....	55
<b>ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH</b>	
M. Łukaszewski – Nowy rok ... i mały w Szkole Nauk Ścisłych .....	65
<b>NOWOŚCI NAUKOWE</b>	
K.Z. Stanek – Poszukiwania ciemnej materii za pomocą mikrosoczewkowania grawitacyjnego .....	69
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b>	
T. Durakiewicz – VIII Międzynarodowa Konferencja Geologii, Kosmochronologii i Geologii Izotopowej w Berkeley .....	77
J. Blinowski – XXII Międzynarodowa Konferencja Fizyki Półprzewodników .....	79
<b>RECENZJE</b>	
J. Żmija, J. Zieliński, J. Parka, E. Nowinowski-Kruszelnicki: Displeje ciekłokrystaliczne. Fizyka, technologia, zastosowanie (rec. M. Godlewski) ....	81
H. Gurgul: Zarys historii fizyki od starożytności do XX wieku – skrypt dla studentów fizyki (rec. A.K. Wróblewski) .....	82
<b>KRONIKA</b> .....	85

### Zeszyt 2

S. Bednarek – Dyspersyjne materiały ferromagnetyczne .....	103
J.H. Taylor, Jr. – Pulsary w układach podwójnych a relatywistyczna teoria grawitacji (tłum. J. Gil) .....	123
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
I. Białynicki-Birula – Julian Schwinger (1918 – 1994) .....	145
<b>ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH</b>	
Memoriał – rezolucja w sprawie nauczania fizyki w wyższych szkołach technicznych .....	151

J. Kozłowski, J. Pietrzak, R. Znamierowski – Dynamika nieliniowa i chaos na przykładzie układu RLC .....	153
<b>NOWOŚCI NAUKOWE</b>	
G. Pickett – Odkrycie nadprzewodnictwa magnetycznego (tłum. M. Jaworski)	167
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b>	
A. Szytuła – Własności związków f-elektronowych .....	175
J. Dąbrowski – Konferencja Fizyki Hiperjądrowej i Cząstek Dziwnych w Van-couverze .....	176
K. Ernst – CLEO/EQEC '94 .....	178
<b>RECENZJE</b>	
J.A. Krawcow, J.I. Orłow: Optyka geometryczna ośrodków niejednorodnych (rec. K. Pietraszkiewicz) .....	181
Michel Westphal przy współpracy Helgi Pfaff: Paleomagnetyzm i własności magnetyczne skał (rec. T. Skośkiewicz) .....	182
<b>KRONIKA</b> .....	185

### Zeszyt 3

L.M. Sokołowski – Dlaczego nie ma nic, skoro powinno coś być, czyli centralny problem fizyki teoretycznej .....	207
W. Stępniewski, M. Scholz, A. Gałkowski – Radiacyjna kompresja plazmy ..	235
<b>RÓŻNE</b>	
A.Z. Hrynkiewicz – Blaski i cienie Komitetu Badań Naukowych z perspektywy trzech lat pierwszej kadencji .....	259
<b>NOWE URZĄDZENIA I TECHNIKI EKSPERYMENTALNE</b>	
J. Turło – Nowy toruński radioteleskop .....	281
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b>	
W. Suski – XI Międzynarodowa konferencja nt. stałych związków pierwiastków przejściowych (SCTE-11) .....	285
A. Oleś, J. Wolny, A. Szytuła – Spotkanie robocze nt. struktur magnetycznych i przejść fazowych .....	287
A. Graja – Wysokoprzewodzące Materiały Organiczne dla Elektroniki Molekularnej .....	288
<b>RECENZJE</b>	
W. Scharf: Akceleratory biomedyczne (rec. L. Zemło) .....	291
M. Siemiński: Fizyka zagrożeń środowiska (rec. A. Hrynkiewicz) .....	293
<b>LISTY DO REDAKCJI</b>	
M. Grynberg – Staże zagraniczne dla młodych doktorów .....	295
<b>KRONIKA</b> .....	297

## Zeszyt 4

M. Mulak, R. Gonczarek – Fraktalna struktura stanów podstawowych jednowymiarowego modelu Isinga .....	315
A. Graja – Nadprzewodniki organiczne – spełnione i niespełnione nadzieje ..	327
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
A. Pilawski – Fizyka w Oflagu VII A – Murnau .....	353
<b>ROZMOWY</b>	
O optyce geometrycznej i termodynamice informacyjnej, a także o Lwowie, Wrocławiu i Toruniu – Rozmowa z R.S. Ingardenem .....	357
<b>NOWE URZĄDZENIA I TECHNIKI EKSPERYMENTALNE</b>	
J. Kownacki – Warszawski cyklotron i Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów .....	389
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b>	
W.A. Kamiński – XVI Międzynarodowa Konferencja Fizyki i Astrofizyki Neutrin .....	397
<b>RECENZJE</b>	
A. Drzewiński, J. Wojtkiewicz: Opowieści z historii fizyki (rec. Z. Gołęb-Meyer) .....	401
R. Zallen: Fizyka ciał amorficznych (rec. A. Majhofer) .....	403
<b>KRONIKA</b> .....	405

## Zeszyt 5

P. Armbruster, S. Hofmann, A. Sobczewski – Synteza pierwiastków 110 i 111	431
J. Braziewicz – Całkowite odbicie zewnętrzne promieni X: nowe zastosowania	453
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
B. Średniawa – Katedra Historii Nauk Ścisłych Uniwersytetu Jagiellońskiego	479
<b>ROZMOWY</b>	
Nie cierpięciem szkoły średniej – Rozmowa z K.G. Wilsonem .....	485
<b>ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH</b>	
H. Szydłowski – Fizyczne laboratorium mikrokomputerowe .....	497
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b>	
E. Jędryka – Międzynarodowa Konferencja Magnetyzmu – ICM'94 .....	515
P. Garbaczewski, M. Wolf – XXXI Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej .....	519
<b>RECENZJE</b>	
M. White, J. Gribbin: Stephen Hawking. Życie i nauka (rec. B. Jancewicz) ..	523

I. Stewart: Czy Bóg gra w kości? – Nowa matematyka chaosu (rec. J. Zagrodziński) .....	525
KRONIKA .....	527

## Zeszyt 6

R. Sosnowski – Jak energia zamienia się w materię .....	547
C.J. Joshi, P.B. Corkum – Oddziaływanie skrajnie intensywne światła laserowego z materią (tłum. M. Kraińska) .....	557
<b>RÓŻNE</b>	
V.F. Weisskopf – Rozwój nauk przyrodniczych w naszym stuleciu (tłum. B. Wojtowicz) .....	575
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
A. Hryniewicz – Fizyka w Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie .....	591
<b>ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH</b>	
J. Czerniawski – Fizyczna treść przekształceń kinematycznych .....	607
<b>NOWOŚCI NAUKOWE</b>	
J. Mostowski – Kondensacja Bosego-Einsteina .....	617
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b>	
M.F. Pazdur – V Konferencja Metod Chronologii Bezwzględnej .....	627
W. Polak – XI Międzynarodowa Konferencja Wzrostu Kryształów w Hadze .....	629
<b>RECENZJE</b>	
A. Hennel, W. Szuszkiewicz: Zadania z fizyki atomu, cząsteczki i ciała stałe-go (rec. W. Gawlik, A. Szytuła) .....	631
Odpowiedź autora na recenzję (H. Gurgul) .....	634
Odpowiedź opiniodawcy Wydawnictwa (K. Badziąg) .....	636
KRONIKA .....	637
ROZNY SPIS TREŚCI .....	653

## SPIS TREŚCI WEDŁUG AUTORÓW

P. Armbruster, S. Hofmann, A. Sobiczewski – Synteza pierwiastków 110 i 111 .....	5, 431
S. Bednarek – Dyspersyjne materiały ferromagnetyczne .....	2, 103
I. Białynicki-Birula – Julian Schwinger (1918 – 1994) .....	2, 145
J. Blinowski – XXII Międzynarodowa Konferencja Fizyki Półprzewodników ...	1, 79

J. Braziewicz – Całkowite odbicie zewnętrzne promieni X: nowe zastosowania	5, 453
P.B. Corkum – patrz C.J. Joshi, P.B. Corkum	6, 557
J. Czerniawski – Fizyczna treść przekształceń kinematycznych	6, 607
J. Dąbrowski – Konferencja Fizyki Hiperjądrowej i Cząstek Dziwnych w Van-couverze	2, 176
T. Durakiewicz – VIII Międzynarodowa Konferencja Geologii, Kosmochronologii i Geologii Izotopowej w Berkeley	1, 77
K. Ernst – CLEO/EQEC '94	2, 178
A. Gałkowski – patrz W. Stępniewski, M. Scholz, A. Gałkowski	3, 235
P. Garbaczewski, M. Wolf – XXXI Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej	5, 519
R. Gonczarek – patrz M. Mulak, R. Gonczarek	4, 315
A. Graja – Nadprzewodniki organiczne – spełnione i niespełnione nadzieje	4, 327
A. Graja – Wysokoprzewodzące Materiały Organiczne dla Elektroniki Molekularnej	3, 288
M. Grynberg – Staże zagraniczne dla młodych doktorów	3, 295
S. Hofmann – patrz P. Armbruster, S. Hofmann, A. Sobiczewski	5, 431
A.Z. Hryniewicz – Blaski i cienie Komitetu Badań Naukowych z perspektywy trzech lat pierwszej kadencji	3, 259
A. Hryniewicz – Fizyka w Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie	6, 591
R.A. Hulse – Odkrycie pulsara w układzie podwójnym	1, 29
R.S. Ingarden (rozmowa)	4, 357
E. Jędryka – Międzynarodowa Konferencja Magnetyzmu – ICM'94	5, 515
C.J. Joshi, P.B. Corkum – Oddziaływanie skrajnie intensywnego światła laserowego z materią	6, 557
W.A. Kamiński – XVI Międzynarodowa Konferencja Fizyki i Astrofizyki Neutrin	4, 397
M. Kicińska-Habior – Klastry metali alkalicznych: układy kwantowe o kilku tysiącach elementów	1, 3
J. Kownacki – Warszawski cyklotron i Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów	4, 389
J. Kozłowski, J. Pietrzak, R. Znamierowski – Dynamika nieliniowa i chaos na przykładzie układu RLC	2, 153
M. Łukaszewski – Nowy rok ... i mały w Szkole Nauk Ścisłych	1, 65
J. Mostowski – Kondensacja Bosego-Einsteina	6, 617
M. Mulak, R. Gonczarek – Fraktalna struktura stanów podstawowych jednowymiarowego modelu Isinga	4, 315
A. Oleś, J. Wolny, A. Szytuła – Spotkanie robocze nt. struktur magnetycznych i przejść fazowych	3, 287
M.F. Pazdur – V Konferencja Metod Chronologii Bezwzględnej	6, 627
G. Pickett – Odkrycie nadprzewodnictwa magnetycznego	2, 167
J. Pietrzak – patrz J. Kozłowski, J. Pietrzak, R. Znamierowski	2, 153
A. Pilawski – Fizyka w Oflagu VII A – Murnau	4, 353
W. Polak – XI Międzynarodowa Konferencja Wzrostu Kryształów w Hadze	6, 629
M. Scholz – patrz W. Stępniewski, M. Scholz, A. Gałkowski	3, 235
A. Sobiczewski – patrz P. Armbruster, S. Hofmann, A. Sobiczewski	5, 431



L.M. Sokołowski – Dlaczego nie ma nic, skoro powinno coś być, czyli centralny problem fizyki teoretycznej .....	3, 207
R. Sosnowski – Jak energia zamienia się w materię .....	6, 547
K.Z. Stanek – Poszukiwania ciemnej materii za pomocą mikrosoczewkowania grawitacyjnego .....	1, 69
W. Stępniewski, M. Scholz, A. Gałkowski – Radiacyjna kompresja plazmy ....	3, 235
W. Suski – XI Międzynarodowa konferencja nt. stałych związków pierwiastków przejściowych (SCTE-11) .....	3, 285
H. Szydłowski – Fizyczne laboratorium mikrokomputerowe .....	5, 497
A. Szytuła – Własności związków f-elektronowych .....	2, 175
A. Szytuła – patrz A. Oleś, J. Wolny, A. Szytuła .....	3, 287
B. Średniawa – Katedra Historii Nauk Ścisłych Uniwersytetu Jagiellońskiego .	5, 479
J.H. Taylor, Jr. – Pulsary w układach podwójnych a relatywistyczna teoria grawitacji .....	2, 123
J. Turło – Nowy toruński radioteleskop .....	3, 281
V.F. Weisskopf – Rozwój nauk przyrodniczych w naszym stuleciu .....	6, 575
K.G. Wilson (rozmowa) .....	5, 485
M. Wolf – patrz P. Garbaczewski, M. Wolf .....	5, 519
J. Wolny – patrz A. Oleś, J. Wolny, A. Szytuła .....	3, 287
R. Znamierowski – patrz J. Kozłowski, J. Pietrzak, R. Znamierowski .....	2, 153



# SZKOŁA NAUK ŚCISŁYCH

działająca od 1993 roku przy Instytucie Chemii Fizycznej, Instytucie Fizyki, Instytucie Matematycznym i Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk oraz Instytucie Technologii Elektronowej

**oferuje pięcioletnie studia dzienne  
kończące się uzyskaniem tytułu magistra  
matematyki, fizyki lub chemii**

### Informacje ogólne

Prowadzimy nowoczesne studia interdyscyplinarne łączące matematykę, fizykę i chemię z metodami komputerowymi oraz ekonomią, statystyką i językiem angielskim, przygotowujące absolwentów do działania w warunkach szybko zmieniającego się rynku pracy. Studia są dwustopniowe. Po trzech latach studenci uzyskują tytuł licencjata w zakresie makrokierunku „matematyka, fizyka i chemia” (specjalności: matematyczne modelowanie zjawisk, fizykochemia materiałów współczesnej techniki, obsługa nowoczesnej aparatury). W roku akademickim 1996/97 czesne wynosi 1530 zł za rok nauki.

### Warunki przyjęć

Konkurs świadectw dojrzałości (oceny z matematyki, fizyki i chemii) oraz rozmowa kwalifikacyjna dokumentująca zainteresowanie przedmiotem studiów.

### Uzupełniające studia magisterskie

Wstęp na dwuletnie dzienne uzupełniające studia magisterskie (na kierunkach: matematyka, fizyka lub chemia) jest otwarty nie tylko dla licencjatów Szkoły, lecz także dla osób, które ukończyły trzy lata studiów w zakresie nauk ścisłych w innej uczelni. Warunkiem przyjęcia jest pozytywny wynik rozmowy kwalifikacyjnej, której celem jest udokumentowanie przygotowania kandydata do podjęcia studiów magisterskich.

### Szkoła Nauk Ścisłych

al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, budynek XV  
tel.: (0-22) 471651, fax: (0-22) 430926  
e-mail: [sns@ifpan.edu.pl](mailto:sns@ifpan.edu.pl), WWW: <http://snsinfo.ifpan.edu.pl>

## Informacje dla autorów

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

- 1) Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być przystępne dla ogółu fizyków. Bardziej szczegółowe wskazówki co do ich charakteru przedstawione są w *Postęпах Fizyki* **24**, 701 (1973); **33**, 299 (1982). O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.
- 2) Maszynopisy pracy (**oryginał i jedną pełną – z rysunkami, tabelami itd. – kopię**) należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. W liście towarzyszącym prosimy podać dokładny adres (również komputerowy) do dalszej korespondencji.
- 3) Maszynopis winien być napisany **na arkuszach formatu A4 jednostronnie, z podwójną interlinią** (nie więcej niż 30 wierszy na stronie) i marginesem 3.5 cm z lewej strony.
- 4) Rysunki należy wykonać starannie na oddzielnych arkuszach w rozmiarze 2 do 4 razy większym niż mają być w druku. Napisy, ograniczone do minimum, winny być czytelne i tylko w języku polskim. Na odwrocie rysunku należy podać jego numer, nazwisko autora i pierwsze wyrazy tytułu pracy. Podpisy do rysunków, tabele (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.
- 5) Układ strony tytułowej (tytuł polski, angielski, streszczenie angielskie, ...), tekstu, odnośników literaturowych itd. powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły np. w tym numerze).
- 6) *Postępy Fizyki* są składane komputerowo. Aby skrócić cykl wydawniczy prosimy autorów przygotowujących swe artykuły na komputerach o nadsyłanie, **wraz z maszynopisami**, tekstów artykułów pocztą elektroniczną (nasz adres: [postepy@fuw.edu.pl](mailto:postepy@fuw.edu.pl)) lub na dyskietkach, najlepiej w T<sub>E</sub>X-u, w formacie MeX. Redakcja gwarantuje zwrot dyskietek natychmiast po skopiowaniu zapisów.
- 7) Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej.
- 8) Autor otrzymuje bezpłatnie 25 egz. odbitek pracy.
- 9) Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

## WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1996 r. wynosi 9 zł za pół roku, 18 zł za rok.

### PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM „RUCH” S.A.

- 1) Wpłaty na prenumeratę przyjmują:
  - a) jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. Dostawa egzemplarzy następuje w uzgodniony sposób;
  - b) od osób lub instytucji zamieszkałych lub mających siedzibę w miejscowościach, w których nie ma jednostek kolportażowych „RUCH”, wpłaty należy wnieść na konto „RUCH” S.A. Oddział Warszawa w PBK XIII O/Warszawa 370044-1195-139-11 lub w kasach Oddziału Warszawa, ul. Towarowa 28. Dostawa w takim przypadku odbywa się pocztą zwykłą.
- 2) Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej. Wpłaty przyjmuje „RUCH” S.A. Oddział Warszawa na wyżej podane konto lub w kasach Oddziału. Dostawa odbywa się pocztą zwykłą, z wyjątkiem zlecenia dostawy pocztą lotniczą, której koszt w pełni pokrywa zamawiający.
- 3) Terminy przyjmowania wpłat na prenumeratę krajową i zagraniczną od osób zamieszkałych w kraju: do 20 listopada – na I półrocze roku następnego, do 20 maja – na II półrocze roku bieżącego.
- 4) Zlecenia na prenumeratę dewizową, przyjmowane od osób zamieszkałych za granicą, realizowane są od dowolnego numeru w danym roku kalendarzowym.
- 5) Informacje o warunkach prenumeraty i sposobie zamawiania udziela „RUCH” S.A. Oddział Warszawa, 00-958 Warszawa, ul. Towarowa 28, tel. 620-10-39, 620-10-19, 620-12-71 w. 2442, 2366.

### PRENUMERATA ZA POŚREDNICTWEM ZG PTF

Prenumeratę można także zamówić w Zarządzie Głównym PTF, drogą wpłaty na konto ZG PTF w PKO BP IX O/Warszawa 1599-335245-132 lub w Biurze Zarządu Głównego PTF. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową na wskazany adres.

### PRENUMERATA ZNIŻKOWA DLA CZŁONKÓW PTF

Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w Oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 20% zniżki. W tym przypadku dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem Oddziału PTF.

### INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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

## SPIS TREŚCI

R. Sosnowski – Jak energia zamienia się w materię .....	547
C.J. Joshi, P.B. Corkum – Oddziaływanie skrajnie intensywne światła laserowego z materią .....	557
RÓŻNE	
V.F. Weisskopf – Rozwój nauk przyrodniczych w naszym stuleciu .....	575
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
A. Hryniewicz – Fizyka w Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie .....	591
ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH	
J. Czerniawski – Fizyczna treść przekształceń kinematycznych .....	607
NOWOŚCI NAUKOWE	
J. Mostowski – Kondensacja Bosego-Einsteina .....	617
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI .....	627
RECENZJE .....	631
KRONIKA .....	637
ROZNY SPIS TREŚCI .....	653

## CONTENTS

R. Sosnowski – How energy turns into matter .....	547
C.J. Joshi, P.B. Corkum – Interactions of ultra-intense laser light with matter .....	557
MISCELLANEA	
V.F. Weisskopf – The development of science this century .....	575
RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES	
A. Hryniewicz – Physics at the Stefan Batory University in Vilna .....	591
PROBLEMS OF TEACHING PHYSICS IN ACADEMIC SCHOOLS	
J. Czerniawski – Physical meaning of kinematical transformations .....	607
SCIENTIFIC NEWS	
J. Mostowski – Bose-Einstein condensation .....	617
MEETINGS AND CONFERENCES .....	627
REVIEWS .....	631
CHRONICLE .....	637
ANNUAL TABLE OF CONTENTS .....	653