

# POSTĘPY FIZYKI

TOM 50 ZESZYT 4 ROK 1999



DWUMIESIĘCZNIK  
POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



***STATYSTYCZNA FIZYKA CZĄSTEK***

*SYNTEZA PIERWIASTKA 114*

*EFEKTY RELATYWISTYCZNE W CHEMII*

*DYKTAT STAŁYCH PRZYRODY*

---

---

## POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

---

---

### ZARZĄD GŁÓWNY

Prezes: Prof. Ireneusz Strzałkowski  
Wiceprezesa: Prof. Andrzej Budzanowski  
Prof. Józef Szudy  
Sekretarz Generalny: Prof. Maciej Kolwas  
Skarbnik: Mgr Wanda Doborzyńska-Głazek  
Członkowie Zarządu: Prof. Bogdan Cichocki  
Prof. Stanisław K. Hoffmann  
Prof. Wojciech Suski  
Dr Edmund Śniadek  
Prof. Jacek Turnau  
Mgr Urszula Woźnikowska-Bezak

### REDAKTORZY NACZELNI CZASOPISM PTF

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

### PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Prof. Andrzej Maziewski (Białystok)  
Prof. Bronisław Grzegorzewski (Bydgoszcz)  
Prof. Marian Głowacki (Częstochowa)  
Prof. Eugeniusz Czuchaj (Gdańsk)  
Dr Andrzej Klimasek (Gliwice)  
Dr hab. Andrzej Burian (Katowice)  
Prof. Zbigniew Włodarczyk (Kielce)  
Prof. Andrzej Zięba (Kraków)  
Prof. Stanisław Hałas (Lublin)  
Prof. Leszek Wojtczak (Łódź)  
Dr Stanisław Chabik (Opole)  
Prof. Jerzy Dembczyński (Poznań)  
Prof. Marian Kuźma (Rzeszów)  
Prof. Henryk Wrembel (Słupsk)  
Prof. Tadeusz Rewaj (Szczecin)  
Prof. Wacław Bała (Toruń)  
Prof. Jacek Baranowski (Warszawa)  
Prof. Witold Ryba-Romanowski (Wrocław)

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

---

---

## POSTĘPY FIZYKI

---

---

### RADA REDAKCYJNA

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

### KOMITET REDAKCYJNY

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

### KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

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

Adres Redakcji: ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, adres elektroniczny: postepy@fuw.edu.pl,  
Internet: www.fuw.edu.pl/~postepy.

---

Ukazuje się od 1949 r.; wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne  
Zeszyt dofinansowany przez Komitet Badań Naukowych  
Wydano pod patronatem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
Skład komputerowy w Redakcji, druk i oprawa: „UNI-DRUK”, Warszawa, ul. Buńczuk 7b

---



# Z pogranicza fizyki cząstek i fizyki statystycznej\*

Kacper Zalewski

Uniwersytet Jagielloński oraz Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków

---

## At the border between particle and statistical physics

**Abstract:** The way in which the Bose-Einstein statistics and Einstein condensation manifest themselves in multiparticle production in high-energy collisions is discussed.

---

### 1. Wprowadzenie

Jednym z klasycznych zagadnień fizyki statystycznej jest badanie korelacji między identycznymi bozonami wynikających z faktu, że obowiązuje dla nich statystyka Bosego-Einsteina, a nie statystyka Maxwella-Boltzmann. Takie korelacje badano najpierw dla gazów, ale obecnie wiadomo, że są one ważne w tak różnych dziedzinach, jak teoria nadprzewodnictwa, teoria nadciężkości, optyka kwantowa, czy astronomia. Omówię niektóre z zagadnień, które się pojawiają, kiedy stosuje się statystykę Bosego-Einsteina do cząstek produkowanych w zderzeniach przy wysokich energiach. Przez wysokie energie rozumiem tu energie powyżej ok. dziesięciu GeV (w układzie środka masy zderzenia) na zderzającą się cząstkę. Na przykład dla zderzeń jąder uranu, z których każde zawiera ponad 200 nukleonów, będą to energie powyżej  $10 \times 2 \times 200$  GeV, czyli czterech TeV. W takich zderzeniach produkuje się zwykle dużo cząstek, czasem tysiące. Wśród tych cząstek znajduje się wiele identycznych bozonów. Najczęściej bada się mezony  $\pi$ . Pierwszą pracę na ten temat

napisali w roku 1960 Goldhaberowie, Lee i Pais [1] i przez jakiś czas efekt korelacji Bosego-Einsteina w fizyce cząstek był znany jako efekt GGLP. Potem zwrócono uwagę, że już wcześniej badano w astronomii analogiczne korelacje między fotonami i na cześć autorów pionierskiej pracy [2], astronomów Hanbury'ego Browna i Twissa, przemianowano efekt na efekt HBT. Obecnie coraz częściej pisze się o efekcie BEC od „Bose-Einstein correlations”. Dużo informacji na ten temat można znaleźć w artykule przeglądowym [3]. Nowsze wyniki zawierają artykuły przeglądowe [4,5].

Najsłynniejszy w tym dziale fizyki wykres przedstawia pewną dwucząstkową funkcję korelacji dla cząstek identycznych, którą oznaczmy  $K(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2)$ , jako funkcję modułu różnicy pędów cząstek  $q = |\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2|$ . Funkcja  $K$  jest stosunkiem liczby par identycznych bozonów (dalej będziemy mówić o mezonach  $\pi^+$ ), które mają różnicę pędów  $q$ , do liczby par mezonów  $\pi^+$  o różnicy pędów  $q$ , która by wystąpiła w tym samym procesie, gdyby mezony  $\pi^+$  były rozróżnialne, a więc gdyby nie było między nimi korelacji Bosego-Einsteina. Ta funkcja mierzy wpływ korelacji Bosego-Ein-

---

\*Wykład wygłoszony podczas plenarnego posiedzenia Zarządu Głównego PTF w dniu 19 grudnia 1998 r., z okazji przyznania Autorowi Medalu Smoluchowskiego za rok 1998 (przyp. Red.).

steina na rozkład różnic pędów par mezonów  $\pi^+$ . Oczywiście mianownik nie da się wyznaczyć z doświadczenia bez dalszych założeń. Proste przybliżenie można otrzymać podstawiając za pary mezonów  $\pi^+$  bez korelacji Bosego-Einsteina pary  $\pi^+\pi^-$ . Istnieje obszerna literatura dotycząca możliwości poprawienia tego przybliżenia [3,5]. Kiedy  $q$  przekracza ok. 100 MeV, w dobrym przybliżeniu  $K = 1$ , ale przy malejących wartościach  $q$  funkcja  $K$  rośnie i dla  $q = 0$  osiąga wartości wyraźnie większe niż jeden. W modelach, w których rozmiar obszaru produkcji jest scharakteryzowany przez jeden tylko parametr o wymiarze długości,  $R$ , szerokość maksimum przy  $q = 0$  jest proporcjonalna do  $R^{-1}$ , bo to jest jedyny parametr o odpowiednim wymiarze. Współczynnik proporcjonalności zależy od modelu, ale w każdym modelu daje się obliczyć. To spostrzeżenie jest bardzo ważne, bo w zderzeniu przy wysokiej energii trudno byłoby na innej drodze zmierzyć obszar, w którym cząstki są produkowane. Znajomość wielkości tego obszaru pozwala określić wytworzoną w zderzeniu gęstość energii. Znajomość gęstości energii umożliwia przewidywanie, czy w danym procesie można się spodziewać powstania plazmy kwarkowo-gluonowej. Plazma kwarkowo-gluonowa tak się ma do materii jądrowej, jak marmolada z porzeczek do zawartości koszyka świeżo zebranych porzeczek. Udowodnienie powstawania plazmy kwarkowo-gluonowej w zderzeniach ciężkich jąder atomowych przy wysokich energiach uchodzi za najciekawszy problem w tym dziale fizyki. Zbadanie własności tej plazmy byłoby ciekawe z wielu względów, m.in. dlatego, że w pewnej fazie ewolucji Wszechświat był prawdopodobnie wypełniony taką plazmą. Zauważmy analogię między wykorzystaniem badania korelacji Bosego-Einsteina w fizyce cząstek i w astronomii. W astronomii tą metodą zmierzono średnice gwiazd, niemożliwe do zmierzenia innymi znanymi metodami.

Omówimy teraz opis korelacji Bosego-Einsteina zaproponowany przez Goldhaberów, Lee i Paisa. Nie jest to ujęcie nowoczesne, ale jest proste i pozwala zrozumieć wiele podstawowych faktów. Rozważmy dwa identyczne bozony wyprodukowane w punktach  $\mathbf{x}_1$  i  $\mathbf{x}_2$  z pędami odpowiednio  $\mathbf{p}_1$  i  $\mathbf{p}_2$  i dolatujące do punktu  $\mathbf{x}$ . Gdyby te bozony były rozróżnialne, to amplituda w punkcie  $\mathbf{x}$  byłaby dana wzorem

$$A_{\text{ROZ}} = e^{i[\phi(\mathbf{x}_1)+\mathbf{p}_1\cdot(\mathbf{x}-\mathbf{x}_1)]} e^{i[\phi(\mathbf{x}_2)+\mathbf{p}_2\cdot(\mathbf{x}-\mathbf{x}_2)]}. \quad (1)$$

Ta amplituda jest iloczynem amplitud dla dwu niezależnych cząstek. Funkcja  $\phi(\mathbf{x}_i)$  oznacza fazę w punkcie produkcji, a  $\mathbf{p}_i\cdot(\mathbf{x}-\mathbf{x}_i)$  jest fazą nabytą w procesie propagacji z pędem  $\mathbf{p}_i$  od punktu  $\mathbf{x}_i$  do punktu  $\mathbf{x}$ . Ponieważ cząstki są nierozróżnialne, należy dodać do amplitudy drugi człon, w którym pędy  $\mathbf{p}_1$  i  $\mathbf{p}_2$  są zamienione miejscami. Klasycznie, jeśli cząstka powstała w punkcie  $\mathbf{x}_1$  z pędem  $\mathbf{p}_1$  trafia do punktu  $\mathbf{x}$ , to cząstka wychodząca z tego samego punktu z pędem  $\mathbf{p}_2$ , nierównoległym do  $\mathbf{p}_1$ , nie trafi do punktu  $\mathbf{x}$ . Kwantowo jednak cząstki są opisane przez paczki falowe, które po drodze rozplywają się. Stosunek długości drogi od źródła do punktu  $\mathbf{x}$  do odległości między parami punktów w źródle jest ogromny. W astronomii są to lata świetlne w porównaniu do tysięcy kilometrów, w fizyce cząstek centymetry w porównaniu z femtometrami. Cząstka z pędem  $\mathbf{p}_i$  może więc pochodzić równie dobrze z punktu  $\mathbf{x}_1$ , jak i z punktu  $\mathbf{x}_2$ . Dodając do amplitudy (1) amplitudę procesu, w którym cząstka z pędem  $\mathbf{p}_2$  została wyprodukowana w punkcie  $\mathbf{x}_1$ , a cząstka z pędem  $\mathbf{p}_1$  w punkcie  $\mathbf{x}_2$ , porządkując wynik i poprawiając normalizację, mamy amplitudę dla cząstek nierozróżnialnych

$$A = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i[\phi(\mathbf{x}_1)+\phi(\mathbf{x}_2)+\mathbf{x}\cdot(\mathbf{p}_1+\mathbf{p}_2)]} \times \left( e^{-i[\mathbf{p}_1\cdot\mathbf{x}_1+\mathbf{p}_2\cdot\mathbf{x}_2]} + e^{-i[\mathbf{p}_1\cdot\mathbf{x}_2+\mathbf{p}_2\cdot\mathbf{x}_1]} \right).$$

Żeby porównać ten wzór z doświadczeniem, trzeba go uśrednić po parach punktów produkcji ( $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2$ ). Uśrednienie amplitudy nie daje nic ciekawego, ale też i fizycznie wydaje się nieuzasadnione. Odpowiadałoby spójnej superpozycji produkcji z różnych par punktów. W przypadku gwiazdy jest zupełnie nieprawdopodobne, żeby fotony wysyłane przez atomy odległe od siebie o tysiące kilometrów były emitowane spójnie. W przypadku cząstek sprawa jest mniej oczywista, ale też przyjmujemy, że identyczne bozony są produkowane niespójnie. W takim przypadku uśredniać należy kwadrat modułu amplitudy

$$|A|^2 = 1 + \cos[(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2) \cdot (\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)]. \quad (2)$$

Zakładając dla źródeł sferycznie symetryczny rozkład Gaussa, otrzymujemy rozkład prawdopodobieństwa

$$P(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = \frac{1}{\pi^3 R^6} \int d^6 r |A|^2 e^{-\frac{r_1^2+r_2^2}{R^2}},$$

a po scałkowaniu

$$P(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = 1 + \exp\left(-\frac{R^2(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2)^2}{4}\right), \quad (3)$$

zgodnie z jakościową dyskusją przeprowadzoną powyżej.

Zauważmy, że tą samą metodą można uzyskać więcej informacji o obszarze, w którym następuje produkcja cząstek. We wzorze (2) występuje iloczyn skalarny różnicy wektorów położenia i różnicy wektorów pędu, a zatem ograniczając się do cząstek, których pędy różnią się tylko jedną składową, powiedzmy składową  $p_z$ , otrzymujemy wynik zależny tylko od różnicy tej jednej składowej wektorów położenia – w rozważanym przykładzie od różnicy współrzędnych  $z_2 - z_1$ . W ten sposób można zmierzyć nie jeden parametr  $R$ , ale trzy parametry  $R_{\parallel}$ ,  $R_{\perp}$  i  $R_{\text{out}}$ , gdzie  $R_{\parallel}$  oznacza rozmiar źródła w kierunku równoległym do kierunku pędów zderzających się cząstek (w układzie środka masy),  $R_{\perp}$  oznacza rozmiar źródła w kierunku prostopadłym do niego, leżącym w płaszczyźnie zawierającej pędy cząstek padających i wypadkowy pęd badanej pary identycznych bozonów, a  $R_{\text{out}}$  oznacza rozmiar źródła w kierunku prostopadłym do dwu poprzednich. Doświadczalnie te trzy parametry są bliskie sobie. Ten wynik, przynajmniej w zastosowaniu do zderzeń ciężkich jąder, zaskoczył niektórych badaczy, bo według panującego obecnie poglądu cząstki w stanie końcowym powstają z rozpadu kolorowych strun, mniej więcej równoległych do kierunku pędu padających cząstek. Spodziewali się więc, że wymiar  $R_{\parallel}$  będzie znacznie większy od pozostałych. Wyjaśnienie tej trudności wynika ze wzoru (3). Informacje o rozmiarach obszaru produkcji cząstek dają tylko pary identycznych bozonów o bliskich sobie pędach. Struna jest wprawdzie długa, ale średni pęd produkowanych cząstek zmienia się wzdłuż struny. Założenie, że cząstki o bliskich sobie pędach są produkowane z mniej więcej kulistych obszarów, jest rozsądne.

Jest wiele innych trudności przy pomiarze rozmiarów obszaru produkcji cząstek. Mierzmy funkcję trzech składowych pędu i na tej podstawie chcielibyśmy odtworzyć czterowymiarowy rozkład punktów produkcji w czasoprzestrzeni. To nie jest możliwe bez dodatkowych założeń. Na przykład w modelu GGLP przemycone jest założenie, że wszystkie cząstki produkowane są

jednocześnie. Różne założenia prowadzą do różnych interpretacji tych samych danych. Na przykład model, w którym cząstki są produkowane na powierzchni kuli, przy czym produkcja zanika wykładniczo z czasem, jest nieodróżnialny od modelu, gdzie cząstki są produkowane jednocześnie, ale powierzchnia kuli jest zastąpiona warstwą o skończonej grubości. Inne trudności, z których każda mogłaby być przedmiotem cyklu wykładów, tylko wymienię. Jest prawdopodobne, że w zderzeniach ciężkich jąder, w pierwszej fazie powstaje plazma kwarkowo-gluonowa, która dopiero później w procesie zwanym „wychładzaniem” (freeze-out) przechodzi w obserwowane hadrony. Jeżeli tak jest, to wyznaczamy obszar, w którym zachodzi to wychładzanie, a nie obszar produkcji pierwotnej. Wzór (3) nie jest zapisany w postaci kowariantnej, wobec tego nie jest obojętne, w jakim układzie Lorentza go stosujemy. Identyczne bozony zostały potraktowane jak cząstki swobodne, podczas gdy w rzeczywistości trzeba uwzględnić kulombowskie i silne oddziaływania między nimi – tzw. oddziaływania w stanie końcowym. Założenie o całkowitej niespójności różnych punktów produkcji wymaga uzasadnienia. Dopasowując teorię do danych doświadczalnych mnoży się drugi składnik po prawej stronie wzoru (3) przez empiryczny czynnik  $\lambda$ , różny od jedności. Możliwe, że jedną z przyczyn występowania tego czynnika jest częściowa spójność źródła. Założenie, że cząstka w chwili produkcji jest zlokalizowana w punkcie, a potem opisywana przez falę płaską, jest nie do pogodzenia z założeniem, że ewolucja między tymi dwoma stanami jest taka, jak dla cząstki swobodnej.

## 2. Model

Dla procesów niekoherentnych bardziej naturalnie jest używać macierzy lub operatorów gęstości zamiast funkcji falowych lub wektorów stanu. W modelach zaczyna się zwykle od jednocząstkowej macierzy gęstości i z niej buduje się macierze wielocząstkowe. Wielu autorów [6-11] stosowało gaussowską jednocząstkową macierz gęstości

$$\rho_1^0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi\Delta^2}} \times \exp\left[-\frac{(\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)^2}{8\Delta^2} - \frac{R^2}{2}(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2)^2\right]. \quad (4)$$



Prof. Kacper Zalewski w trakcie wykładu (fot. Grzegorz Głazek).

Przedyskutuję tutaj ogólniejszy i prostszy model [10,11], w którym jednocząstkowy operator gęstości jest przyjęty w najogólniejszej postaci

$$\hat{\rho}_1^{(0)} = \sum_n |n\rangle \lambda_n \langle n|.$$

Zakładamy teraz, że jeśli cząstki są rozróżnialne, to ich produkcja jest niezależna w tym sensie, że rozkład krotności jest poissonowski

$$P^{(0)}(N) = e^{-\nu} \frac{\nu^N}{N!},$$

a dla danej krotności wyprodukowanych cząstek  $N$ , macierz gęstości jest iloczynem macierzy jednocząstkowych

$$\rho_N^{(0)}(\mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_N, \mathbf{p}'_1, \dots, \mathbf{p}'_N) = \prod_{i=1}^N \rho_1^{(0)}(\mathbf{p}_i, \mathbf{p}'_i).$$

Zauważmy, że nasze założenie dotyczy układu fikcyjnego, nie dającego się zrealizować w rzeczywistości. Przyjmujemy, że dla takiego układu nasze intuicyjne założenia modelowe mają sens. Wprowadzimy teraz symetryzację, czyli uwzględnimy nierozróżnialność cząstek, i wtedy dopiero uzyskamy wyniki odnoszące się do rzeczywistości istniejących układów. Symetryzację można wprowadzić jak u Goldhaberów, Lee i Paisa, sumując po wszystkich permutacjach pędów. Początkowo tak właśnie to zrobiliśmy [10,11], ale okazuje się, że znacznie prościej można dojść do tych samych wyników, stosując standardowe metody termodynamiki statystycznej [12].

Zapisujemy wartości własne macierzy gęstości w postaci

$$\lambda_n = \frac{1}{Z} e^{-\beta \varepsilon_n}, \quad (5)$$

gdzie  $Z = \sum_n \exp(-\beta \varepsilon_n)$ , bo ślad macierzy gęstości musi się równać jeden. Wzór (5) jest identyczny ze wzorem na rozkład kanoniczny. Ewentualne wartości własne  $\lambda_n = 0$  odpowiadają nieskończonym energiom i mogą być pominięte. Ten rozkład kanoniczny odpowiada układowi z jednocząstkowym hamiltonianem

$$\hat{H} = \sum_n |n\rangle \varepsilon_n \langle n|.$$

Taki hamiltonian może być bardzo dziwny. Nie ma np. powodu, żeby był sumą energii kinetycznej i energii potencjalnej. Zdarzają się jednak i proste przypadki. Na przykład, dla gaussowskiej macierzy gęstości (4) otrzymujemy hamiltonian oscylatora harmonicznego z iloczynem masy i częstości

$$m\omega = \hbar \left( \frac{R}{\Delta} \right)^2,$$

gdzie częstość dana jest wzorem

$$\hbar\omega = -kT \log \frac{2R\Delta - 1}{2R\Delta + 1}.$$

Z zasady nieokreśloności wynika warunek  $R\Delta \geq \frac{1}{2}$ . Zależność częstości od temperatury wskazuje, że analogia z termodynamiką statystyczną jest tu tylko formalna, ale to zupełnie wystarczy do naszych celów.



Symetryzacja jest równoważna przejściu od statystyki Maxwella-Boltzmana do statystyki Bosego-Einsteina. Od dawna wiadomo, jak to można prosto zrobić. Jako niezależne podukłady wybieramy nie poszczególne cząstki, lecz grupy cząstek w poszczególnych stanach. Weźmy dla przykładu stan  $i$ . Liczba cząstek w tym stanie może wynosić  $0, 1, 2, \dots$ . Odpowiednio energie będą  $0, \varepsilon_i, 2\varepsilon_i, \dots$ . Prawdopodobieństwo znalezienia dokładnie  $n$  cząstek w stanie  $i$  wynosi

$$P_i(n) = \frac{1}{Z_i} \bar{\nu}^n e^{-\beta n \varepsilon_i},$$

gdzie parametr  $\bar{\nu} = \nu/Z$  jest znany jako lotność (ang. fugacity) i z warunku, że suma prawdopodobieństw wszystkich możliwości musi się równać jeden, otrzymujemy

$$Z_i = \frac{1}{1 - \bar{\nu} e^{-\beta \varepsilon_i}}.$$

Prawdopodobieństwo znalezienia  $n_0$  cząstek w stanie  $i = 0$ ,  $n_1$  cząstek w stanie  $i = 1$  itd. jest dane iloczynem  $P_0(n_0)P_1(n_1)\dots$ . Mając te informacje, można łatwo wyprowadzić wszystkie interesujące nas relacje. Poniżej omówię kilka najciekawszych wyników.

### 3. Wyniki

Znany z termodynamiki statystycznej wzór na średnią liczbę cząstek w stanie  $i$  można zapisać na dwa sposoby

$$\bar{n}_i = \frac{1}{e^{\beta(\varepsilon_i - \mu)} - 1} = \frac{\nu \lambda_i}{1 - \nu \lambda_i},$$

gdzie  $\lambda_i = \frac{1}{Z} e^{-\beta \varepsilon_i}$  (por. równ. (5)) i  $\nu = e^{\beta \mu}$ . Oznaczmy przez  $\lambda_0$  największą z wartości własnych macierzy gęstości. Kiedy iloczyn  $\nu \lambda_0$  zmierza od dołu do jedynki, średnie liczby cząstek w stanach odpowiadających wartościom własnym  $\lambda_i < \lambda_0$  dążą do skończonych granic, podczas gdy średnia liczba cząstek w stanie  $i = 0$  rośnie bez ograniczeń – obserwujemy kondensację Einsteina. Ciekawe jest pytanie, czy tę kondensację można zaobserwować w doświadczeniu. Nasze oszacowania [13] sugerują, że biorąc oddziaływanie jako całość otrzymuje się za mały stosunek liczby wyprodukowanych cząstek do objętości dostępnej przestrzeni fazowej – gaz bozonowy jest

zbyt rozrzedzony. Jeżeli natomiast w oddziaływaniu powstają lokalnie grupy cząstek o małych pędach względnych, to w takich „chłodnych obszarach” lokalnie kondensacja mogłaby wystąpić.

Prawdopodobieństwo zaobserwowania zera cząstek w stanie  $i$  dane jest znany wzorem

$$P_i(0) = \frac{1}{\bar{n}_i + 1}.$$

Jeżeli średnia liczba cząstek w stanie  $i$ ,  $\bar{n}_i$ , jest mała, to prawa strona jest w przybliżeniu równa  $e^{-\bar{n}_i}$  i prawdopodobieństwo, że w żadnym ze stanów  $i$  nie ma żadnej cząstki wynosi  $P(0) = e^{-\bar{N}}$ , gdzie  $\bar{N}$  oznacza średnią liczbę cząstek w całym układzie. Jeżeli, jak zwykle w zderzeniach przy wysokich energiach, ta średnia jest duża, to prawdopodobieństwo  $P(0)$  jest znikomo małe. Jeżeli jednak zachodzi kondensacja Einsteina i prawie wszystkie cząstki średnio rzecz biorąc są w stanie  $i = 0$ , to  $P(0) \approx \frac{1}{\bar{N}}$ , co jest prawdopodobieństwem znacznie większym. Ten wynik wzbudził zainteresowanie w związku z obserwacją w promieniowaniu kosmicznym tzw. „centaurów” [14]. Są to przypadki oddziaływań z wysoką krotnością cząstek w stanie końcowym, w których, jak się wydaje, produkowane są wyłącznie, czy prawie wyłącznie, piony naładowane. Jeżeli zachodzi kondensacja Einsteina, to prawdopodobieństwo niewyprodukowania w ogóle mezonów  $\pi^0$  jest rzędu odwrotności średniej krotności tych mezonów, co z grubsza pasuje do obserwowanej częstości występowania „centaurów”. Spodziewamy się też przypadków bez naładowanych pionów, i rzeczywiście takie przypadki, znane jako „antycentaury”, są obserwowane w promieniowaniu kosmicznym. Mimo tych argumentów tłumaczenie „centaurów” i „antycentaurów” przez kondensację Einsteina wydaje nam się mało wiarygodne [13]. Trudność polega na tym, że w „centaurach” obserwowane są wyjątkowo duże pędy poprzeczne pionów. Wobec tego dostępny obszar przestrzeni pędów jest duży, gęstość pionów w przestrzeni fazowej jest zapewne mała i kondensacja Einsteina nie powinna występować. Żeby uratować tłumaczenie „centaurów” przez kondensację Einsteina, trzeba by założyć, że cząstki obserwowane w stanie końcowym są produkowane w wyjątkowo małym obszarze zwykłej przestrzeni. To jest w zasadzie możliwe, ale żadne dobre uzasadnienie tej hipotezy nie jest znane.

Rozkład pędów identycznych pionów jest po symetryzacji dany wzorem

$$\omega(\mathbf{p}) = \sum_i |\phi_i(\mathbf{p})|^2 \frac{\nu\lambda_i}{1 - \nu\lambda_i},$$

gdzie  $\phi_i(\mathbf{p})$  oznacza funkcję falową w reprezentacji pędów odpowiadającą stanowi  $i$ . Jest to więc zwykły wzór na rozkład pędu w stanie  $i$ , uśredniony po rozkładzie Bosego-Einsteina. Bez symetryzacji mielibyśmy te same kwadraty modułów funkcji falowych, ale uśrednione po rozkładzie Maxwella-Boltzmannna. Powstaje pytanie: jak symetryzacja wpływa na rozkład pędów? Przyjmijmy, że rosnącym wartościom wskaźnika  $i$  odpowiadają niemalejące wartości energii. Zwykle wartości średnie kwadratu pędu cząstki rosną z jej energią. Wagi Bosego-Einsteina rosną szybciej z malejącą energią niż wagi Maxwella-Boltzmannna. Tak więc na skutek symetryzacji stany z niższymi energiami otrzymują większe wagi i spodziewamy się, że średni kwadrat pędu zmaleje. Dla szerokiej klasy hamiltonianów można ten wynik udowodnić ściśle. Na przykład dla sferycznie symetrycznych potencjałów zależących potęgowo od odległości od początku układu, jeżeli stany związane są dobrze określone, twierdzenie to wynika z twierdzenia o wirale. Z drugiej strony znane są przykłady, kiedy średni kwadrat pędu rośnie na skutek symetryzacji. Ścisłe twierdzenie podające warunek konieczny i wystarczający, który musi spełniać niesymetryzowana macierz gęstości, czy choćby potencjał w hamiltonianie, żeby na skutek symetryzacji średni kwadrat pędu malał, nie jest znane. Z praktyki wiadomo, że dla „rozsądnych” potencjałów zwykle tak jest.

Funkcja korelacji  $K(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2)$ , z której otrzymujemy promień źródła cząstek  $R_{\text{eff}}$ , jest równa kwadratowi modułu funkcji, którą oznaczymy  $L(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2)$ . Ta funkcja znów jest dana średnią po rozkładzie Bosego-Einsteina

$$L(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2) = \sum_i \phi_i(\mathbf{p}_1) \phi_i^*(\mathbf{p}_2) \frac{\nu\lambda_i}{1 - \nu\lambda_i}.$$

Gdyby wszystkie wagi po prawej stronie zastąpić jedynekami, to na podstawie znanego twierdzenia z mechaniki kwantowej otrzymalibyśmy trójwymiarową deltę Diraca od argumentu  $(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2)$ . Wagi tłumią składniki odpowiadające wyższym

energiom i na skutek tego maksimum przy  $\mathbf{p}_1 = \mathbf{p}_2$  poszerza się, co odpowiada zmniejszaniu się mierzonego promienia  $R_{\text{eff}}$  obszaru, w którym powstają cząstki. Ponieważ względne tłumienie przez wagi Bosego-Einsteina jest silniejsze niż przez wagi Maxwella-Boltzmannna, spodziewamy się, że symetryzacja zmniejsza  $R_{\text{eff}}$ . Podobnie jak dla zmniejszania się średniego kwadratu pędu na skutek symetryzacji, nie jest to ściśle twierdzenie, ale w praktyce zwykle się stosuje. Na przykładzie pomiaru  $R_{\text{eff}}$  wyjaśnimy jeszcze, dlaczego sądzimy, że nasza intuicja odnosi się raczej do układu cząstek rozróżnialnych niż do układu cząstek nierozróżnialnych. Przypuśćmy, że cząstki są produkowane w objętości kuli o promieniu  $R$ . Dla małych wartości parametru  $\nu$ , parametr  $R_{\text{eff}}$  wyznaczony za pomocą funkcji korelacji  $K(\mathbf{p}, \mathbf{p}')$  jest bardzo bliski  $R$ . Ten wynik jest zgodny z intuicją i odpowiada niskiej gęstości cząstek, kiedy symetryzacja jest praktycznie bez znaczenia. Ze wzrostem  $\nu$  parametr  $R_{\text{eff}}$  maleje, chociaż promień obszaru produkcji  $R$  nie ulega zmianie. Łatwiej jest ten wynik otrzymać z rachunku niż zgadnąć. Nasza intuicja zawodzi, kiedy symetryzacja w istotny sposób modyfikuje wyniki.

## Literatura

- [1] G. Goldhaber, S. Goldhaber, W. Lee, A. Pais, *Phys. Rev.* **120**, 300 (1960).
- [2] R. Hanbury Brown, R.Q. Twiss, *Nature* **177**, 27 (1956).
- [3] D.H. Boal, C.-K. Gelbke, B.K. Jennings, *Rev. Mod. Phys.* **62**, 553 (1990).
- [4] G. Baym, *Acta Phys. Pol. B* **29**, 1839 (1998).
- [5] R. Haywood, Rutherford Lab. report RAL94-07 (1995).
- [6] S. Pratt, *Phys. Lett.* **B301**, 159 (1993).
- [7] S. Pratt, V. Zelevinsky, *Phys. Rev. Lett.* **72**, 916 (1994).
- [8] S. Pratt, *Phys. Rev. C* **50**, 469 (1994).
- [9] T. Csörgő, J. Zimanyi, *Phys. Rev. Lett.* **80**, 916 (1998).
- [10] A. Białas, K. Zalewski, *Eur. J. Phys. C* **6**, 349 (1999).
- [11] A. Białas, K. Zalewski, *Phys. Lett.* **B436**, 153 (1998).
- [12] A. Białas, K. Zalewski, *Acta Phys. Slov.* **49**, 145 (1999).
- [13] A. Białas, K. Zalewski, hep-ph/98 oraz *Phys. Rev.* (w druku).
- [14] C.M.G. Lates, Y. Fujimoto, S. Hasegawa, *Phys. Rep.* **65**, 151 (1980).

# Efekty relatywistyczne w chemii\*

Sławomir Siekierski

Zakład Radiochemii, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

---

## Relativistic effects in chemistry

**Abstract:** This review article shows how relativistic changes in orbital energies and radii of atoms affect chemical properties of elements. Particular attention is paid to some commonly known properties of elements, determined by the relativistic effects.

---

### 1. Wstęp

Fizycy już od ponad 90 lat żyją w świecie, w którym prędkość światła jest skończona, gdy tymczasem chemicy przez wiele lat sądzili, że istnienie maksymalnej prędkości nie ma wpływu na właściwości chemiczne pierwiastków i ich związków. Jest to o tyle dziwne, że z dwóch podstawowych teorii współczesnej fizyki, czyli mechaniki kwantowej i szczególnej teorii względności, ta pierwsza niemal natychmiast po jej sformułowaniu przez Schrödingera została zastosowana przez Heitlera i Londona do obliczenia energii wiązania w cząsteczce wodoru. Na zainteresowanie chemików szczególną teorią względności trzeba było natomiast czekać do początku lat siedemdziesiątych, choć możliwość wprowadzenia tej teorii do chemii powstała po ukazaniu się prac Diraca, a więc praktycznie już na samym początku lat trzydziestych. Jak można sądzić, było kilka przyczyn tej zwłoki. Trzeba przede wszystkim pamiętać, że w wieku XIX i w pierwszej ćwierci XX w. chemia rozwijała się niezależnie od fizyki, formułując własne

teorie i posługując się własnymi sposobami rozumowania. Na drodze prostych i jakościowych rozważań powstały wówczas takie ważne dla całego przyrodoznawstwa odkrycia, jak np. periodyczność właściwości pierwiastków czy też stwierdzenie, że wiązania chemiczne w cząsteczkach są z reguły skierowane do naroży prostych wielościanów. Po powstaniu mechaniki kwantowej stało się jednak oczywiste, że chemia – jeśli idzie o swoje podstawy teoretyczne – jest częścią fizyki, w związku z czym niezbędne stało się „przetłumaczenie” całego dotychczasowego dorobku chemii na język mechaniki kwantowej oraz stosowanie tego języka do poszukiwania nowych korelacji i przewidywania właściwości związków chemicznych. Ten problem do tego stopnia absorbował i absorbuje do dziś jeszcze uwagę chemików–teoretyków, że przez długi czas nie zwracano uwagi na ewentualne znaczenie efektów relatywistycznych dla chemii, tym bardziej, że sam Dirac twierdził, że efekty relatywistyczne „nie mają znaczenia dla struktury atomów i cząsteczek oraz dla zwykłych reakcji chemicznych”.

---

\*Tekst wykładu inauguracyjnego, wygłoszonego 1 października 1998 r. w czasie uroczystego rozpoczęcia roku akademickiego 1998/99 w Szkole Nauk Ścisłych w Warszawie (przyp. Red.).

Zainteresowanie efektami relatywistycznymi pojawiło się w związku z ponownym zajęciem się przez chemików strukturą układu okresowego, co z kolei zostało spowodowane syntezą w latach 1940–61 pierwiastków transuranych (pierwiastki 93–103) oraz syntezą w latach 1969–96 transaktynowców (pierwiastki 104–112). Od dawna było wiadomo, że w układzie okresowym istnieją dwie struktury, które można nazwać pierwszo- i drugorzędową. Zgodnie z pierwszą z nich, pierwiastki o podobnych właściwościach chemicznych pojawiają się w odległościach mierzonych różnicą liczb atomowych  $\Delta Z = 2, 8, 8, 18, 18, 32, 32, \dots$ . Ponadto w ramach danej grupy układu okresowego niektóre właściwości zmieniają się ze wzrostem  $Z$  według pewnej tendencji, jak np. wzrost charakteru metalicznego w szeregu  $\text{Si} < \text{Ge} < \text{Sn} < \text{Pb}$ . Natomiast zgodnie ze strukturą drugorzędową wiele właściwości zmienia się w ramach danej grupy układu okresowego nierównomiernie, a niekiedy wręcz niemonotonicznie. Większość tych zaburzeń, przynajmniej dla pierwiastków bloku p, można wyjaśnić niepełnym ekranowaniem ładunku jądra przez pierwiastki szeregu 3d (pierwiastki od skandu do cynku) oraz szeregu 4f (pierwiastki od ceru do lutetu). Nie można jednak w ten sposób wyjaśnić niektórych „anomalnych” właściwości najcięższych pierwiastków w grupach, jak np. nieoczekiwanie nieco większych wartości pierwszego i drugiego potencjału jonizacji radu, w porównaniu z barem.

Ta i inne nieregularności nasunęły przypuszczenie, że są wywołane efektami relatywistycznymi. Aby wykazać, że dana właściwość pierwiastka jest spowodowana efektami relatywistycznymi, często wystarcza przeprowadzić jakościowe rozważania dotyczące relatywistycznej stabilizacji lub destabilizacji orbitali określonego rodzaju. W bardziej skomplikowanych przypadkach, kiedy oprócz efektów relatywistycznych działają również inne czynniki, jak np. niepełne przesłanianie ładunku jądra przez zapelnianą właśnie wewnętrzną podpowłokę d lub f, niezbędne stają się podejście ilościowe. Polega ono zwykle na obliczeniu energii orbitalnych metodami Hartree’ego-Focka i Diraca-Focka oraz porównaniu wyników. Istnienie wyraźnych różnic jest mocnym argumentem przemawiającym za obecnością efektów relatywistycznych.

Celem niniejszego artykułu jest zwrócenie uwagi na wpływ, jaki mają efekty relatywistyczne na właściwości chemiczne pierwiastków, szczególnie tych pierwiastków, z którymi spotykamy się mniej lub bardziej na co dzień, nie podejrzewając nawet, że ich właściwości użytkowe są wynikiem działania szczególnej teorii względności. Omówienie roli efektów relatywistycznych w chemii można znaleźć w wielu pracach, m.in. w [1-8]. Relatywistyczne i nierelatywistyczne wartości energii i promieni orbitalnych, używane w niniejszym opracowaniu, zostały wzięte z pracy Desclaux [9].

## 2. Elementarna teoria efektów relatywistycznych

Można stosunkowo łatwo odpowiedzieć na pytanie, dlaczego osiaganie przez elektron w ciężkim atomie prędkości porównywalnych z prędkością światła wpływa na jego właściwości „chemiczne” (poprzez energię orbitalną, promień orbitalny i potencjał jonizacji) [1]. Średnia prędkość radialna  $\langle v_{\text{rad}} \rangle$  elektronu 1s w atomie o liczbie atomowej  $Z$  jest dana wyrażeniem

$$\frac{\langle v_{\text{rad}} \rangle}{c} \approx \frac{Z}{137}.$$

Stąd dla elektronu 1s np. w atomie złota ( $Z = 79$ )

$$\frac{\langle v_{\text{rad}} \rangle}{c} \approx \frac{79}{137} \approx 0,58.$$

Ponieważ relatywistyczny przyrost masy jest dany wyrażeniem

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}},$$

więc dla elektronu 1s w atomie Au mamy

$$m \approx \frac{m_0}{\sqrt{1 - 0,58^2}} \approx 1,23 m_0.$$

Ponieważ promień orbitalny  $\langle r_{1s} \rangle$  (średnia odległość elektronu 1s od jądra) jest odwrotnie proporcjonalny do masy elektronu

$$\langle r_{1s} \rangle \propto 1/m$$

(patrz zależność pomiędzy promieniem pierwszej orbity Bohra a masą elektronu), więc  $\langle r_{1s} \rangle$  dla złota ulega zmniejszeniu o ok. 20%. Relatywistyczne zmniejszenie promienia jest równoznaczne z silniejszym wiązaniem elektronu 1s. Ponieważ



orbitale są ortogonalne, więc zmniejszeniu ulega również promień i bardziej ujemna staje się energia wszystkich orbitali s, w tym również najbardziej zewnętrznych, a więc tych, które wpływają na właściwości chemiczne pierwiastka.

Silniejsze relatywistyczne wiązanie elektronu w atomie dotyczy przede wszystkim elektronów s. Jest tak dlatego, że radialna gęstość prawdopodobieństwa znalezienia elektronu w pobliżu jądra jest dana wyrażeniem

$$P_{nl}(r) \propto \left(\frac{r}{a_0}\right)^{2l} r^2,$$

gdzie  $a_0$  jest promieniem pierwszej orbity Bohra, równym 0,529 Å, a  $l$  liczbą kwantową momentu pędu. W pobliżu jądra  $r \ll a_0$ , czyli  $r/a_0 \ll 1$ , a zatem  $P_{nl}$  jest największe dla  $l = 0$ , czyli dla elektronu s, i maleje w szeregu:  $s > p > d > f$ . Elektron, który często przebywa w pobliżu jądra, ma dużą średnią prędkość, a tym samym duży relatywistyczny przyrost masy i bardziej ujemną energię orbitalną, dzięki temu stabilizowane są przede wszystkim elektrony s i częściowo elektrony  $p_{1/2}$ . Jak wiadomo, w przypadku ciężkich atomów silne oddziaływanie pomiędzy orbitalnym i spinowym momentem pędu powoduje rozszczepienie orbitali na dwie grupy, różniące się wewnętrzną liczbą kwantową  $j = l \pm 1/2$ . W przypadku elektronów  $p_{3/2}$  stabilizacja związana ze wzrostem masy i destabilizacja w wyniku oddziaływania spin-orbita prawie się kompensują, natomiast w przypadku elektronów  $p_{1/2}$  stabilizacja w wyniku wzrostu masy i stabilizacja spowodowana oddziaływaniem spin-orbita dodają się, dzięki czemu elektrony  $p_{1/2}$  upodobniają się do elektronów s. Relatywistyczna stabilizacja elektronów s i  $p_{1/2}$  rośnie w przybliżeniu proporcjonalnie do  $Z^2$  i ma wpływ na właściwości chemiczne, porównywalny z efektami struktury powłokowej już dla pierwiastków 6. okresu. Jednakże bardzo dokładne obliczenia energii wiązania w cząsteczkach wymagają uwzględnienia energii relatywistycznej nawet w przypadku takich cząsteczek, jak  $H_2$ ! Omówione zjawisko relatywistyczne, polegające na stabilizacji elektronów s oraz  $p_{1/2}$ , nazywane jest bezpośrednim efektem relatywistycznym, a jego działanie w przypadku elektronów s wyraźnie widać na przykładzie potencjałów jonizacji pierwiastków grupy 2. (tab. 1). Jak wynika z danych w tab. 1, pierwszy potencjał

jonizacji, zgodnie z ogólną regułą, maleje w dół grupy od wapnia do baru, a następnie nieoczekiwanie rośnie dla radu. Porównanie wyników obliczeń relatywistycznych z nierelatywistycznymi pokazuje, że wzrost ten jest rzeczywiście spowodowany relatywistyczną stabilizacją elektronów s.

Tabela 1. Zmiany pierwszego potencjału jonizacji  $I_1$  w grupie 2. (w nawiasach wartość nierelatywistyczna).

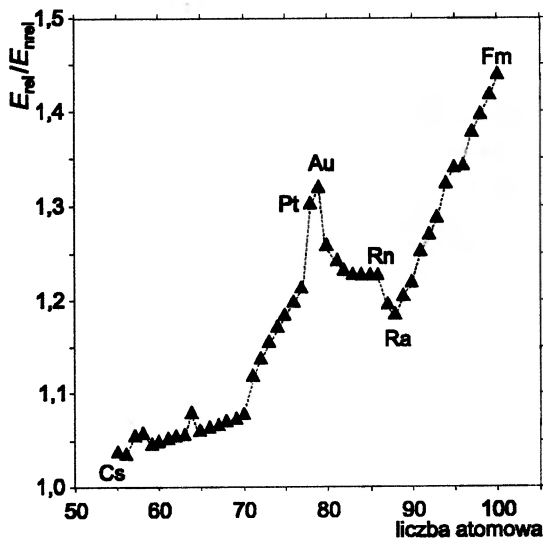
Pierwiastek	Konfiguracja	$I_1$ [eV]
Ca	[Ar] 4s <sup>2</sup>	6,11
Sr	[Kr] 5s <sup>2</sup>	5,69
Ba	[Xe] 6s <sup>2</sup>	5,21
Ra	[Rn] 7s <sup>2</sup>	5,28 ( $\approx 4,7$ )

Oprócz efektu bezpośredniego istnieje również pośredni efekt relatywistyczny, którego geneza jest następująca. Relatywistyczne zmniejszenie średniego promienia wewnętrznych orbitali s pociąga za sobą lepsze ekranowanie bardziej zewnętrznych elektronów d oraz f od ładunku jądra. W wyniku zwiększonego ekranowania efektywny ładunek działający na te elektrony staje się mniejszy, wskutek czego orbitale d oraz f, a szczególnie  $d_{5/2}$  oraz  $f_{7/2}$  ulegają ekspansji przestrzennej i destabilizacji pod względem energii.

### 3. Zmiana stosunku energii relatywistycznej do nierelatywistycznej jako funkcja Z

Jak wspomniano powyżej, efekty relatywistyczne zaczynają odgrywać istotną rolę w chemii pierwiastków 6. okresu, poczynając już od pierwiastków 4f elektronowych. Rysunek 1 pokazuje obliczony przez Desclaux [9] stosunek energii relatywistycznej do nierelatywistycznej,  $E_{rel}/E_{nrel}$ , dla orbitalu 6s w zakresie od cezu do fermu. Stosunek ten rośnie od Ce ( $Z = 57$ ) do Yb ( $Z = 70$ ) zarówno w wyniku bezpośredniego efektu relatywistycznego (stabilizującego elektrony 6s), jak i efektu pośredniego, destabilizującego elektrony 4f. Relatywistyczny wzrost promienia orbitali 4f powoduje bowiem gorsze ekranowanie ładunku jądra, a więc większy potencjał efektywny działający na elektrony 6s. Począwszy od Lu ( $Z = 71$ ) wzrost staje się bardziej stromy, zarówno w wyniku rosnącej jak  $Z^2$  bezpośrednio

stabilizacji elektronów s, jak również w wyniku efektu pośredniego, polegającego na radialnej ekspansji orbitali 5d i związanym z nią gorszym przesłanianiem ładunku jądra działającego na elektrony 6s. Pomiędzy rtęcią i ołowiem, a następnie radonem i radem, stosunek energii relatywistycznej do nierelatywistycznej maleje, co jest prawdopodobnie spowodowane pojawieniem się stosunkowo dobrze ekranujących ładunek jądra elektronów 6p<sub>1/2</sub>, a począwszy od fransu elektronów 7s. Kolejny wzrost energii relatywistycznej w obszarze od Ra do Fm jest znów spowodowany nakładaniem się wzrostu bezpośredniej stabilizacji elektronów 6s oraz stabilizacji pośredniej, spowodowanej relatywistyczną ekspansją orbitali 5f. Jak widać na rys. 1, stosunek  $E_{rel}/E_{nrel}$  osiąga szczególnie duże wartości, wyraźnie odbiegające od ogólnej tendencji, dla platyny i złota. Jest to prawdopodobnie spowodowane „anomalną” konfiguracją elektronową atomów tych pierwiastków, które w przeciwieństwie do pozostałych pierwiastków szeregu 5d mają tylko jeden elektron na podpowłoce 6s, natomiast odpowiednio więcej na podpowłoce 5d (konfiguracje 5d<sup>9</sup>6s<sup>1</sup> oraz 5d<sup>10</sup>6s<sup>1</sup> odpowiednio dla Pt i Au). Również w przypadku tych pierwiastków szeregów 3d oraz 4d, których atomy mają konfigurację d<sup>n+1</sup>s<sup>1</sup>, stosunek  $E_{rel}/E_{nrel}$  dla elektronów 4s lub 5s jest wyraźnie większy niż dla pierwiastków o konfiguracji d<sup>n</sup>s<sup>2</sup>. Wpływ konfiguracji elektronowej atomu na wielkość stosunku  $E_{rel}/E_{nrel}$  nie został dotychczas zadowalająco wytłumaczony [3].



Rys. 1. Stosunek energii relatywistycznej do nierelatywistycznej dla elektronów 6s.

#### 4. Pierwiastki „relatywistyczne”

##### 4.1. Pt, Au, Hg i Pb

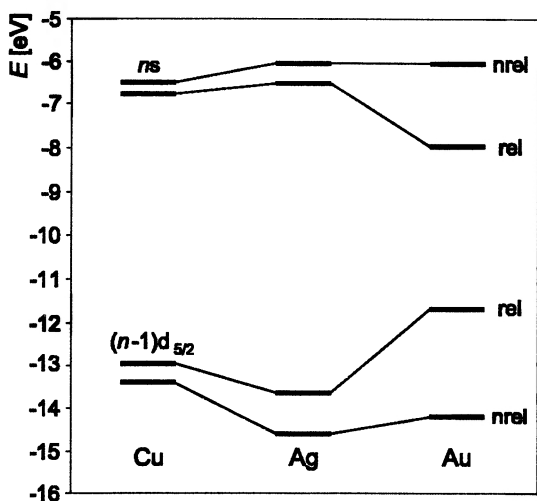
Jak powszechnie wiadomo, złoto i platyna są metalami szlachetnymi, tzn. trudno ulegają utlenieniu. Tak np. złoto w przeciwieństwie do swoich homologów w grupie 11. rozpuszcza się tylko w mieszaninie kwasu azotowego i solnego, zwanej – ze względu na swoje właściwości rozpuszczania królewskiego metalu – wodą królewską. Chemiczna bierność metalicznego złota i platyny jest spowodowana dużymi potencjałami jonizacji, znacznie większymi niżby to wynikało z ogólnej tendencji zmniejszania się potencjałów jonizacji ze wzrostem  $Z$  w grupach układu okresowego (tab. 2). Duże potencjały jonizacji (silnie ujemne wartości  $E_{rel}$ ) są, jak pokazano powyżej, wynikiem bezpośredniego i pośredniego efektu relatywistycznego oraz konfiguracji elektronowej. Wyjątkowo duża wartość  $I_1$  dla Pd jest spowodowana tym, że elektron jest odrywany z podpowłoki d, a nie s (konfiguracja Pd jest 5d<sup>10</sup>6s<sup>0</sup>).

Tabela 2. Zmiany pierwszego potencjału jonizacji  $I_1$  w grupie 10. i 11. (w nawiasach wartości nierelatywistyczne).

Pierwiastek	$I_1$ [eV]
Ni	7,62
Pd	8,32
Pt	9,02 ( $\approx$ 6,9)
Cu	7,73
Ag	7,58
Au	9,22 ( $\approx$ 7,0)

Szczególną, ale dobrze znaną z codziennego doświadczenia właściwością złota jest jego żółty kolor. Warto przy tym wspomnieć, że tylko miedź, złoto i ces są zabarwione, a pozostałe pierwiastki metaliczne są szare lub srebrzyste. W miarę posuwania się w dół grupy 11. zabarwienie zmienia się od czerwonożółtego dla miedzi poprzez srebrzyste dla srebra do żółtego dla złota. W przypadku srebra odległość pomiędzy zapełnionym pasmem 4d a poziomem Fermiego wynosi 3,7 eV [3], co odpowiada absorpcji w nadfiolecie. W wyniku relatywistycznej destabilizacji orbitali 5d<sub>5/2</sub> i stabilizacji orbitalu 6s, analogiczna przerwa w przy-

padku złota spada do wartości 2,38 eV, co odpowiada absorpcji promieniowania w obszarze niebieskim i fioletowym oraz rozpraszaniu promieniowania dopełniającego w obszarze żółtym. Relatywistyczne i nierelatywistyczne energie orbitali  $ns$  i  $(n-1)d_{5/2}$  w atomach Cu, Ag i Au pokazuje rys. 2. Wynika z niego, że nierelatywistyczne złoto byłoby tak srebrzyste jak srebro [3]. Z innych osobliwości złota spowodowanych efektami relatywistycznymi można wymienić bardzo rzadką w przypadku metali tendencję do tworzenia anionu, który jest obecny w związku  $Cs^+Au^-$  (złotek cesu). Tworzenie anionu  $Au^-$ , który ma konfigurację  $d^{10}s^2$ , jest spowodowane relatywistyczną stabilizacją orbitalu 6s, dzięki której atom złota stosunkowo chętnie przyjmuje dodatkowy elektron. Powstawanie w fazie gazowej trwałego dimeru  $Au_2$  (prawie tak trwałego jak dimer chloru  $Cl_2$ ), występowanie na trwałym stopniu utlenienia III (w przeciwieństwie do Cu i Ag), jak prawdopodobnie również skłonność do tworzenia koloidów, to inne przykłady relatywistycznych właściwości złota.

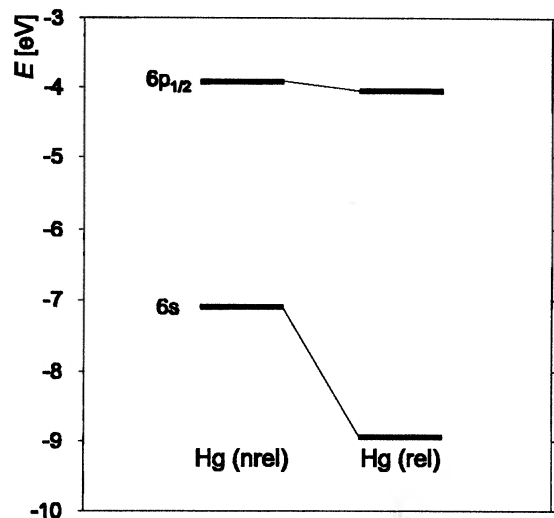


Rys. 2. Nierelatywistyczne i relatywistyczne energie orbitali  $(n-1)d_{5/2}$  oraz  $ns$  w atomach pierwiastków grupy 11.

Relatywistyczna destabilizacja orbitali  $5d_{5/2}$  powoduje, że platyna (której konfiguracja jest  $[Xe] 5d_{3/2}^4 5d_{5/2}^5 6s^1$ ) może, w przeciwieństwie do swoich homologów w grupie, występować na stopniu utlenienia VI.

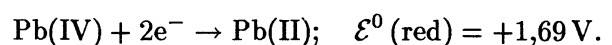
Rtęć to kolejny pierwiastek, którego relatywistyczne właściwości są dobrze znane z życia codziennego z powodu powszechnego posługiwa-

nia się termometrami rtęciowymi. Ze względu na obecność dwóch elektronów na najbardziej zewnętrznym orbitalu 6s (konfiguracja  $5d^{10}6s^2$ ) rtęć, podobnie jak cynk i kadm oraz pierwiastki grupy 2. (Be, Mg, Ca, Sr i Ba), tworzy fazę skondensowaną tylko dzięki nakładaniu się pasm s oraz p. W wyniku efektów relatywistycznych stabilizujących orbital 6s, nakładanie się pasm 6s oraz 6p jest słabe [4], co powoduje że wiązanie metaliczne jest również słabe i rtęć jest w warunkach normalnych cieczą. Ilustruje to rys. 3, który pokazuje wielkość przerwy energetycznej pomiędzy orbitalami 6s oraz  $6p_{1/2}$  w atomie Hg w przypadku relatywistycznym i nierelatywistycznym. Efekt relatywistyczny jest też przyczyną tworzenia przez rtęć dimerycznego kationu  $(Hg-Hg)^{2+}$  (izoelektronowego z dimerem złota) oraz tworzenia przez kation  $Hg^{2+}$  jonów kompleksowych o małej liczbie koordynacyjnej.



Rys. 3. Nierelatywistyczne i relatywistyczne energie orbitali 6s oraz  $6p_{1/2}$  w atomie rtęci.

Znany od czasów prehistorycznych ołów swoją karierę przemysłową w XX w. zawdzięcza efektom relatywistycznym. Obecnie mniej więcej połowa światowej produkcji ołowiu jest używana do wyrobu akumulatorów ołowiowych, które mają bardzo cenne zalety w postaci dużej pojemności i dużej siły elektromotorycznej ( $\mathcal{E} \approx 2$  V). Duża siła elektromotoryczna jest spowodowana dużym normalnym potencjałem redukcji dla reakcji



Duże zdolności utleniające Pb(IV), czyli tendencja do przyjęcia dwóch elektronów, jest z kolei spowodowana relatywistyczną stabilizacją elektronów 6s, konfiguracje elektronowe Pb na IV i II stopniu utlenienia to bowiem odpowiednio  $5d^{10}$  oraz  $5d^{10}6s^2$ . Relatywistyczna stabilizacja elektronów 6s powoduje również szczególną trwałość talu na stopniu utlenienia I oraz bizmutu na stopniu III.

#### 4.2. Lantanowce, aktynowce i transaktynowce

W pierwiastkach 4f-elektronowych, zwanych często lantanowcami, zapełnieniu ulega głęboko leżąca podpowłoka 4f. Ponieważ elektrony 4f nie w pełni chronią bardziej zewnętrzne elektrony 5p przed rosnącym ładunkiem jądra, promień trójdatnych jonów lantanowców, określane przez promień podpowłoki 5p, maleje ze wzrostem  $Z$ ; jest to tzw. kontrakcja lantanowców. Ze względu na większą wartość promienia orbitalnego  $\langle r_{4f} \rangle$  (pośredni efekt relatywistyczny) relatywistyczne elektrony 4f gorzej przesłaniają ładunek jądra niż elektrony nierelatywistyczne. Kontrakcja relatywistyczna jest dzięki temu o ok. 5% większa niż nierelatywistyczna. Większa kontrakcja oznacza większe różnice pomiędzy promieniami jonowymi sąsiednich lantanowców, a tym samym nieco łatwiejsze rozdzielanie tych ważnych ze względów praktycznych pierwiastków.

Zgodnie z ogólną zasadą wzrostu wielkości efektów relatywistycznych proporcjonalnie do  $Z^2$ , bardzo dużą rolę odgrywają one w chemii aktynowców. Szczególnie duże znaczenie ma zdolność występowania uranu, neptunu i plutonu na wysokich stopniach utlenienia, co odróżnia te pierwiastki od ich homologów w szeregu 4f, tzn. neodymu, prometu i samaru, dla których trwałym stopniem jest stopień III. Istnienie wysokich stopni utlenienia w przypadku U, Np i Pu (w przeciwieństwie do Nd, Pm i Sm) jest spowodowane znacznie większą relatywistyczną destabilizacją orbitali  $5f_{5/2}$  niż  $4f_{5/2}$  (pośredni efekt relatywistyczny), co zmniejsza wielkość czwartego i wyższych potencjałów jonizacji. Widać to na przykładzie czwartego potencjału jonizacji dla plutonu i samaru (tab. 3). Dzięki możliwości występowania U, Np i Pu na różnych stopniach utlenienia, których względna trwałość jest inna dla każdego z tych pierwiastków, ich rozdzielanie w procesie przerobu wypalonego paliwa jest, z chemicznego

punktu widzenia, procesem stosunkowo łatwym. Można bowiem w tym celu wykorzystać duże różnice we właściwościach chemicznych pierwiastków na różnych stopniach utlenienia. Gdyby U, Np i Pu występowały tylko na stopniu III, tak jak ich homologi Nd, Pm i Sm, wówczas ich oddzielenie byłoby chemicznie bardzo trudne i wymagałoby wielu stopni rozdzielczych, co z kolei ze względu na konieczność ochrony przed promieniowaniem praktycznie uniemożliwiłoby przeprowadzenie procesu. Można więc powiedzieć, że istnienie bomby atomowej wykorzystującej pluton-239 jest dzięki szczególnej teorii względności możliwe z dwóch powodów: po pierwsze, ze względu na zależność  $E = mc^2$ , po drugie, ze względu na wpływ efektów relatywistycznych na właściwości chemiczne U i Pu.

Tabela 3. Stosunek energii relatywistycznej do nierelatywistycznej dla orbitali  $4f_{5/2}$  i  $5f_{5/2}$  oraz czwarty potencjał jonizacji dla samaru i plutonu.

Pierwiastek	$E_{f_{5/2}}^{rel} / E_{f_{5/2}}^{nrel}$	$I_4$ [eV]
Sm	0,735	39,1
Pu	0,513	32,4

Relatywistyczna destabilizacja orbitali  $5f_{7/2}$  (mała wielkość stosunku  $E_{rel} / E_{nrel}$ ) powoduje pojawienie się nie mających wprawdzie praktycznego znaczenia, ale ważnych z punktu widzenia chemicznego różnic pomiędzy pierwiastkami szeregów 5f oraz 4f. I tak, ameryk ze względu na znacznie większą w porównaniu z europem destabilizację orbitali  $f_{7/2}$ , a tym samym łatwiejsze oderwanie trzeciego elektronu (tab. 4) nie występuje na stopniu utlenienia II. Z tego samego powodu kiur, w przeciwieństwie do gadolinu, który jest jego homologiem, może występować nie tylko na stopniu utlenienia III, ale również IV (tab. 5).

Tabela 4. Stosunek energii relatywistycznej do nierelatywistycznej dla orbitali  $4f_{7/2}$  oraz  $5f_{7/2}$  w dwudodatnich jonach europu i ameryku.

Jon	Konfiguracja	$E_{f_{7/2}}^{rel} / E_{f_{7/2}}^{nrel}$
Eu <sup>2+</sup>	[Xe] $4f_{5/2}^6 4f_{7/2}^1$	0,700
Am <sup>2+</sup>	[Rn] $5f_{5/2}^6 5f_{7/2}^1$	0,463



Tabela 5. Stosunek energii relatywistycznej do nierelatywistycznej dla orbitali  $4f_{7/2}$  oraz  $5f_{7/2}$  w trójwartościowych jonach gadolinu i kiuru.

Jon	Konfiguracja	$E_{f_{7/2}}^{rel}/E_{f_{7/2}}^{nrel}$
Gd <sup>3+</sup>	[Xe] $4f_{5/2}^6 4f_{7/2}^1$	0,770
Cm <sup>3+</sup>	[Rn] $5f_{5/2}^6 5f_{7/2}^1$	0,558

Ze względu na bardzo silną stabilizację orbitali 7s, transaktynowce, czyli pierwiastki od 104 do 112 (konfiguracja  $6d^n 7s^2$ ), mogą znacznie różnić się od swoich homologów w szeregu 5d. Jednakże różnice te powinny występować przede wszystkim dla ciężkich transaktynowców, których właściwości chemiczne ze względu na bardzo małe przekroje czynne reakcji jądrowych, w których powstają, prawdopodobnie nigdy nie zostaną zbadane. Jako ciekawostkę z dziedziny science fiction można jednak wspomnieć, że pierwiastek 112 (eka-rtęć) ze względu na bardzo silną stabilizację orbitali 7s (i w związku z tym znacznie większą przerwę pomiędzy orbitalami s oraz p niż w przypadku rtęci) byłby gazem, a ponadto, jak pokazują obliczone teoretycznie potencjały jonizacji, gazem równie obojętnym chemicznie, jak gazy szlachetne.

Pewien wpływ efektów relatywistycznych, odróżniających pierwiastki szeregu 6d od 5d, można jednak zaobserwować w przypadku lekkich transaktynowców, w tym przede wszystkim dla rutherfordu (pierwiastka 104, Rf). Nasze badania wykonane we współpracy z Laboratorium w Berkeley wykazały, że kation  $Rf^{4+}$  w roztworach wodnych hydrolizuje znacznie silniej niż jego bezpośredni homolog w grupie, jakim jest hafn, i jest pod tym względem bardziej podobny do pierwszego pierwiastka w grupie 4., czyli do tytanu [10]. To odwrócenie powszechnej w grupach układu okresowego tendencji, polegającej na zmniejszaniu zdol-

ności do hydrolizy ze wzrostem  $Z$ , można wytłumaczyć mniejszą liczbą cząsteczek wody hydratujących jon  $Rf^{4+}$  (6 cząsteczek, tak jak w przypadku  $Ti^{4+}$ , a nie 8, jak w przypadku  $Hf^{4+}$ ), co jest z kolei spowodowane relatywistyczną stabilizacją orbitali 7s i destabilizacją orbitali  $6d_{5/2}$ .

Badania nad rolą efektów relatywistycznych w chemii, w szczególności w chemii transaktynowców, są bardzo intensywnie prowadzone, z tym że uwaga koncentruje się obecnie wokół roli, jaką efekty te odgrywają w cząsteczkach, szczególnie jeśli idzie o energie wiązań i odległości międzyatomowe. W ciągu ostatnich kilku lat ukazało się wiele prac poświęconych temu zagadnieniu, jednakże omawianie ich znacznie przekracza zakres tego artykułu. Zainteresowanych można odesłać do artykułu przeglądowego Persziny [11] omawiającego stosowane w tym celu metody obliczeniowe i wyniki uzyskane dla związków tworzonych przez transaktynowce.

## Literatura

- [1] K.S. Pitzer, *Acc. Chem. Res.* **12**, 271 (1979).
- [2] P. Pyykkö, J.P. Desclaux, *Acc. Chem. Res.* **12**, 276 (1979).
- [3] P. Pyykkö, *Chem. Rev.* **88**, 563 (1988).
- [4] L.J. Norby, *J. Chem. Education* **68**, 110 (1991).
- [5] M. Seth, M. Dolg, P. Fulde, *P. J. Am. Chem. Soc.* **117**, 6597 (1995).
- [6] K.B. Jacymirski, *Tieoret. i Eksperim. Chimija* **31**, 181 (1995).
- [7] N. Kaltsoyannis, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* (1997), s. 1.
- [8] S. Roszak, H. Chojnacki, *Wiadomości Chem.* **51**, 617 (1997).
- [9] J.P. Desclaux, *Atomic Data and Nuclear Data Tables* **12**, 311 (1973).
- [10] A. Bilewicz, S. Siekierski, C.D. Kacher, K.E. Gregorich, M.D. Lee, N.J. Stoyer, S.A. Kreek, M.R. Lane, E.R. Sylvester, M.P. Neu, M.F. Mohar, D.C. Hoffman, *Radiochim. Acta* **75**, 121 (1996).
- [11] V.G. Pershina, *Chem. Rev.* **96**, 1977 (1996).

# Dyktat stałych Przyrody\*

Andrzej Hrynkiewicz

*Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, Kraków*

---

### Under the rule of fundamental constants

---

W moim przekonaniu, które może nie być podzielane przez przedstawicieli innych dyscyplin naukowych, fizyka jest tą dziedziną nauki, która najpełniej zaspokaja naszą ciekawość otaczającego świata – ciekawość jego struktury, procesów w nim zachodzących i ogólnych zasad, którym te struktury i procesy podlegają. Ciekawość ta jest najgłębszą motywacją badań naukowych.

Fizycy odkrywają prawa rządzące zjawiskami we Wszechświecie, a ponieważ matematyka jest językiem fizyki, wyrażają je za pomocą wzorów i równań matematycznych. Wyrażenia matematyczne opisujące prawa Przyrody zawierają parametry zwane stałymi fizycznymi lub ogólniej, stałymi Przyrody. Będą one przedmiotem mojego wykładu, który zatytułowałem „Dyktat stałych Przyrody” i chciałbym z takiego sformułowania tytułu się wytłumaczyć.

Oprócz odkrywania praw zawierających stałe Przyrody fizycy tworzą teorie. Są to konstrukcje myślowe, których celem jest wytłumaczenie obserwowanych prawidłowości i znalezienie związków między zjawiskami w Przyrodzie. Okazało się np., że odkryte prawa opisujące spadanie jabłka i ruch planet dookoła Słońca mają wspólną przyczynę, którą jest powszechna siła ciężenia, i wynikają z teorii grawitacji. Teoria jest tym dosko-

nalsza, im większy obszar zjawisk obejmuje, i im więcej szczegółowych praw daje się z niej wydedukować. Z elektromagnetyzmu Maxwella wynikają nie tylko związki między oddziaływaniami elektrycznymi i magnetycznymi, ale także istnienie i rozchodzenie się fal elektromagnetycznych. W stosunku do odkrywanych praw teoria fizyczna jest wyższym stopniem wtajemniczenia. Teoria porządkuje prawa, ustala ich hierarchię, prowadzi do uogólnień i pozwala unifikować działy fizyki, które rozwijały się niezależnie, gdyż związki między nimi nie były oczywiste.

Teorie fizyczne można podzielić na kilka kategorii. Do pierwszej należy zaliczyć teorie zupełne, których prawa tworzą zamkniętą logiczną całość i obejmują wszystkie zjawiska danej dziedziny fizyki. Takimi teoriami są np. dynamika Galileusza i Newtona, elektromagnetyzm Maxwella, obie teorie względności Einsteina i elektrodynamika kwantowa. Druga kategoria to teorie doraźne, często zwane modelami. Starą teorią doraźną był układ Ptolemeusza. Innymi przykładami są: teoria Wielkiego Wybuchu, model powłokowy jądra atomu lub Model Standardowy cząstek elementarnych. Są to użyteczne koncepcje, które tłumaczą wiele faktów doświadczalnych, ale są dalekie od piękna doskonałych, komplet-

---

\*Wykład wygłoszony dnia 26 października 1998 r. z okazji nadania Autorowi godności doktora honoris causa Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie (przyp. Red.).

nych teorii fizycznych. Często okazuje się, że teorie doraźne wynikają z teorii zupełnych i są przez nie wchłaniane. Czasem okazują się błędne i znikają z pola widzenia nauki, jak się np. stało z teorią ciepłika. Trzecią kategorię tworzą teorie, które można by nazwać koncepcjami próbnymi. Są to przeważnie próby zażegnania trudności, na które natrafiają teorie doraźne. Należą do nich np. supersymetria i supergravitacja lub teoria superstrun. Do tej grupy należy chyba zaliczyć także kosmologiczny model inflacyjny. Wszystkie te próby nie mają na razie potwierdzenia eksperymentalnego i dlatego nie można ich przypisać do żadnej z dwóch poprzednio wymienionych kategorii.



*Lectio doctoris* (fot. Zbigniew Kopyść).

Wróćmy do problemów stałych Przyrody. Filozoficznym, a więc w tym sensie fundamentalnym pytaniem jest, czy prawa fizyki są transcendentne, czy też są immanentnie wpisane w nasz Wszechświat. Jeżeli dotyczą naszego Wszechświata, to wartości stałych Przyrody powinny ten właśnie Wszechświat charakteryzować, a więc można mieć

nadzieję, że ich wartości wynikną z dostatecznie ogólnej teorii. Jednak z żadnej stworzonej dotychczas przez fizyków teorii to nie wynika. Fizycy marzą o tak ogólnej teorii, że będą w niej zawarte wszystkie poprzednio sformułowane – teorii, która będzie tłumaczyła wszystkie oddziaływania elementarne występujące we Wszechświecie; z której automatycznie wynikną wartości stałych Przyrody. Nazywają taką teorię Teorią Ostateczną lub Teorią Wszystkiego. Nazwa Teoria Wszystkiego może wprowadzać w błąd. Ma to być teoria wszystkich oddziaływań elementarnych, ale będzie daleka od wyjaśnienia wszystkich zjawisk. Na pewno nie pozwoli przewidywać pogody na miesiąc naprzód, ani tym bardziej wydarzeń historycznych.

Najbardziej fundamentalnymi stałymi Przyrody są: stała grawitacji  $G$ , prędkość światła  $c$ , stała Plancka  $h$ , ładunek elementarny  $e$  oraz masy protonu  $m_p$  i elektronu  $m_e$ . Z pierwszych trzech stałych można utworzyć szereg wielkości elementarnych o podstawowym znaczeniu dla teorii wczesnego Wszechświata. Należy do nich długość Plancka  $l_P = \sqrt{\hbar G/c^3} \approx 10^{-33}$  cm. Są nimi również czas Plancka, równy czasowi, w jakim światło przebywa drogę równą  $l_P$ , masa Plancka, temperatura Plancka i graniczna gęstość materii. Długość Plancka jest wielkością niewyobrażalnie małą, poniżej której fizyka, nawet teoretycznie, sięgnąć nie może. Jest mniej więcej tyle razy mniejsza od rozmiarów protonu, ile razy proton jest mniejszy od rozmiarów Ziemi. Warto przy tym przypomnieć, że proton jest tyle razy mniejszy od ziarnka piasku, ile razy ziarnko piasku jest mniejsze od globu ziemskiego. Masa Plancka rzędu  $10^{-5}$  g, uważana za maksymalną masę cząstki elementarnej, jest równocześnie masą czarnej dziury o promieniu równym długości Plancka. Na szczególną uwagę zasługują utworzone ze stałych fundamentalnych wielkości niemianowane, takie jak elektromagnetyczna stała struktury subtelnej  $\alpha = e^2/4\pi\epsilon_0\hbar c = 7,3 \times 10^{-3}$ , analogiczna grawitacyjna stała struktury subtelnej  $\alpha_G = Gm_p^2/\hbar c \approx 6 \times 10^{-39}$  lub stosunek mas protonu i elektronu, równy 1836. Pojawiały się mniej lub bardziej naiwne koncepcje, które miały te tajemnicze liczby wytłumaczyć przez wykorzystanie np. wartości liczb  $\pi$  lub  $e$ .

Kontrowersyjną stałą Przyrody jest stała kosmologiczna wprowadzona przez Einsteina do równań ogólnej teorii względności, co w później-

szych latach rozwoju teorii kosmologicznych Einstein nazwał największą pomyłką swego życia. Dotychczas nie zostało jednak wyjaśnione, czy ta tajemnicza stała, zmieniająca siłę grawitacji, a więc wpływająca na tempo ewolucji Wszechświata, jest równa zeru, czy też ma skończoną, aczkolwiek bardzo małą wartość i czy ta wartość jest niezmienna w czasie.

Teorie doraźne (modele) zawierają oprócz wymienionych stałych inne parametry. Nie tłumaczą ich wartości, ani nie wyjaśniają związków między nimi. Na przykład Standardowy Model oddziaływań elementarnych zawiera 18 takich niezależnych parametrów. W sumie mamy więc dwadzieścia kilka „stałych Przyrody”. To stanowczo zbyt wiele. Nic więc dziwnego, że fizycy spodziewają się, że przyszła Teoria Wszystkiego znacznie zredukuje tę liczbę. Może się nawet okazać, że żadne niezależne stałe Przyrody nie są potrzebne, a z Teorii Wszystkiego wynikną wielkości oddziaływań elementarnych i związki między nimi. Nie wiadomo tylko, czy taka teoria opiszę nasz Wszechświat – Wszechświat, w którym powstało życie i świadomość. Do tej sprawy wróć jeszcze na końcu wykładu.

Odpowiedzmy z kolei na pytanie, co wiemy o niezmienności w czasie stałych Przyrody. Problemowi temu poświęciło uwagę wielu wybitnych fizyków. Zależność fundamentalnych parametrów od czasu podejrzewali m.in. P.A.M. Dirac, E. Teller i G. Gamow. Dirac w 1937 r. wysunął hipotezę, że stała grawitacji maleje odwrotnie proporcjonalnie do wieku Wszechświata. Gamow sugerował, że kwadrat ładunku elektronu rośnie wprost proporcjonalnie do czasu ewolucji Wszechświata, a Teller skłaniał się do przypuszczenia, że wręcz przeciwnie, ładunek ten maleje w miarę upływu czasu. Ukazało się wiele prac, w których próbowano zweryfikować te hipotezy. Hipoteza Diraca jest sprzeczna z danymi paleontologicznymi, które datują powstanie życia na Ziemi na ok. 3,5 mld lat temu. Gdyby siła grawitacji malała z czasem, to miliard lat temu jasność Słońca byłaby o tyle większa, a promień orbity Ziemi o tyle mniejszy, że temperatura powierzchni Ziemi przekraczałaby temperaturę wrzenia wody. Nie byłoby więc oceanów i powstanie życia nie byłoby jeszcze możliwe. Powtarzane w ciągu długiego czasu pomiary stosunków okresów obiegu planet i analiza sta-

rych danych o zaćmieniach, pozwalają określić górną granicę zmiany w czasie stałej grawitacji na  $\Delta G/G < 5 \times 10^{-11} \text{ rok}^{-1}$ .

Za niezmiennością parametrów charakteryzujących promieniowanie elektromagnetyczne różnych długości fal oraz parametrów rządzących syntezą jąder, przemawiają obserwacje astrofizyczne. Są to badania spektroskopowe promieniowania emitowanego przez gwiazdy odległe o wiele milionów lat światła, a nawet przez odległe o miliardy lat światła kwazary. Są to odpowiednio dane o ilości we Wszechświecie wodoru, helu, deuteru i litu, które powstały w ciągu pierwszych kilku minut po Wielkim Wybuchu. Zgodność obserwacji z przewidywaniami opartymi na obecnych wartościach stałych wskazuje na to, że nie uległy one zmianie większej niż stumiliardowa część dzisiejszych wartości.

Szczególnie przekonujących argumentów za niezmiennością w czasie oddziaływań elementarnych dostarczyły dane eksperymentalne dotyczące naturalnych reaktorów Oklo, które działały w Gabonie w ciągu dwustu tysięcy lat ponad dwa miliardy lat temu. Żałuję, że nie mam czasu na przedstawienie scenariusza wydarzeń, które doprowadziły do pojawienia się w bogatej rudzie uranowej warunków dla łańcuchowej reakcji rozszczepienia. W sześciu miejscach pracowały stworzone przez Przyrodę reaktory jądrowe. Wytwarzane w tych reaktorach neutrony były wychwytywane przez pierwiastki znajdujące się w otoczeniu, m.in. przez jądra izotopu samaru 149. Przekrój czynny na wychwyt neutronu, prowadzący do powstania  $^{150}\text{Sm}$ , zdominowany jest przez rezonans, a jak wiadomo zjawisko rezonansu kolosalnie potęguje prawdopodobieństwo zajścia danego procesu. Oddział wojska wkraczający na most otrzymuje rozkaz „zmieszać krok”, żeby miarowy krok nie wywołał rezonansowych drgań konstrukcji mostu, które mogłyby doprowadzić do jego zawalenia. Otóż, stwierdzony wzrost zawartości  $^{150}\text{Sm}$  i spadek zawartości  $^{149}\text{Sm}$  wskazują na to, że w ciągu 2 miliardów lat położenie rezonansu nie przesunęło się więcej niż o 0,02 eV. Wypływa stąd wniosek, że względna zmiana silnego oddziaływania jądrowego, które w tym przypadku gra główną rolę, była mniejsza niż  $10^{-19}/\text{rok}$ , czyli oddziaływanie nie zmieniło się bardziej niż o jedną miliardową w ciągu całej ewolucji Wszechświata. Jeżeli przyjmiemy, że silne oddziaływanie nie ulega



zmianie, a efekt ewentualnego przesunięcia rezonansu jest związany z oddziaływaniem elektromagnetycznym, to otrzymamy, że względna zmiana stałej struktury subtelnej  $\Delta\alpha/\alpha \leq 5 \times 10^{-17}/\text{rok}$ .

Przytoczone przykłady analizy procesów zachodzących w różnych okresach ewolucji Wszechświata nie wyczerpują wszystkich znanych argumentów przemawiających za tym, że stałe Przyrody nie zmieniają się w czasie. W każdym razie dotychczas nie stwierdzono doświadczalnie jakichkolwiek zmian.

Innym zagadnieniem jest zależność sił elementarnych od energii. Okazuje się, że taka zależność występuje. Stałe sprzężenia zmieniają się z energią, a więc z wzajemną odległością oddziałujących cząstek. W skali niskich energii, czyli dużych odległości, stałe sprzężenia elektromagnetycznego, słabego i silnego różnią się o wiele rzędów wielkości i są wbudowane w odpowiednie modele oddziaływań elementarnych. Ze wzrostem energii cząstek wartości parametrów charakteryzujących oddziaływanie zbliżają się do siebie. Oddziaływanie elektromagnetyczne rośnie, a oddziaływanie słabe i silne maleją. Przyczyną zmiany wielkości sprzężeń jest polaryzacja próżni, w której stale powstaje i znika cała gama cząstek wirtualnych. Model Standardowy przewidywał unifikację oddziaływań elektromagnetycznego i słabego w postaci jednego oddziaływania elektro-słabego. Odkrycie w 1984 r. w CERN-ie bozonów  $Z^0$ ,  $W^+$  i  $W^-$  pośredniczących w tym zunifikowanym oddziaływaniu było pięknym potwierdzeniem eksperymentalnym tego przewidywania. Następnym krokiem będzie unifikacja oddziaływania elektro-słabego i silnego. Jedną z dróg tej wielkiej unifikacji jest włączenie do Modelu Standardowego hipotezy supersymetrii, która bardzo wzbogaca gamę cząstek. Tak uzupełniony model sugeruje, że wartości stałych sprzężenia wszystkich trzech oddziaływań stają się sobie równe dla energii rzędu  $10^{17}$  GeV. Ta olbrzymia energia oddziaływania odpowiada temperaturze  $10^{28}$  K. Była to temperatura materii we Wszechświecie w  $10^{-35}$  s po Wielkim Wybuchu. W naszym dzisiejszym Wszechświecie temperatury, które mogłyby w sposób znaczący zmienić stałe oddziaływań, nie występują. Już w czasie pierwotnej nukleosyntezy stałe oddziaływań były rozdzielone i miały wartości z wielką dokładnością identyczne z wyznaczanymi obecnie.

Można się spodziewać, że Teoria Wszystkiego przez połączenie teorii grawitacji i mechaniki kwantowej doprowadzi do unifikacji wszystkich oddziaływań z oddziaływaniem grawitacyjnym włącznie. Nie wydaje się jednak prawdopodobne, by ta ostateczna unifikacja realizowała się przy jeszcze wyższych energiach. W teorii łączącej grawitację i mechanikę kwantową stanie się to chyba automatycznie. Rozwój koncepcji superstrun może być właściwym kierunkiem poszukiwania ostatecznej unifikacji.

Frapującym zadaniem, którym może się zająć fizyk, jest próba odpowiedzi na pytanie, jak wyglądałby nasz niskoenergetyczny Wszechświat, gdyby stałe Przyrody miały inne wartości. Dojdziemy w ten sposób do wyjaśnienia terminu dyktat w tytule wykładu.

Ogólnie można powiedzieć, że małe, kilku-procentowe zmiany stałych Przyrody zmieniłyby Wszechświat nie do poznania. Wszechświat wyglądałby zupełnie inaczej i w większości przypadków nie mogłyby w nim powstać złożone układy, a przecież najbardziej złożonymi układami są żywe organizmy, których ewolucja doprowadziła do powstania świadomości cechującej człowieka.

Ograniczę się do kilku przykładów. W naszym świecie neutron ma o 1,3 MeV większą masę niż proton, co stanowi 0,14%. Jest tak, ponieważ kwarki d są cięższe od kwarków u. Proton składa się z dwóch kwarków u i jednego d, a neutron z dwóch kwarków d i jednego u, przy czym różnica mas kwarków przewyższa energię kulombowską naładowanego protonu. Jak wyglądałby Wszechświat, gdyby proton był cięższy od neutronu? Neutrony byłyby trwałe, a protony ulegałyby rozpadowi na neutrony z emisją pozytonów i neutrin. Pierwotna nukleosynteza wyglądałaby zupełnie inaczej. Neutronów byłoby 6 razy więcej niż protonów. Protony weszłyby w skład  ${}^4\text{He}$  i we Wszechświecie byłoby 25% helu, a resztę stanowiłyby neutrony. Ewolucja powstających gwiazd byłaby gwałtowna, gdyż reakcje pp byłyby zastąpione przez nn, którym nie przeszkadza bariera odpychania kulombowskiego. Powstawałyby przede wszystkim nuklidy o nadmiarze neutronów. Pozytony powstające w rozpadzie protonów wymiotłyby przez anihilację większość elektronów z Wszechświata. Można by kontynuować kreślenie wizji takiego Wszechświata, w którym nie byłoby ani dość czasu, ani miejsca na powstanie życia.

Snucie rozważań, jak wyglądałby Wszechświat, gdyby stałe Przyrody były inne, stwarza szerokie pole dla wyobraźni. Co spowodowałaby zmiana stałej sprzężenia słabych oddziaływań? Jaka byłaby struktura drobin i cała chemia, gdyby masy elektronu i protonu były porównywalne? Szukanie odpowiedzi na te i wiele podobnych pytań jest pouczającą rozrywką umysłową.

Kluczową sprawą dla pojawienia się życia i jego ewolucji jest istnienie węgla. Rozważając tę sprawę natrafiamy na fantastyczny zbieg okoliczności. Otóż węgiel-12 może powstać w gwieździe przez kolejne połączenie trzech cząstek  $\alpha$  (jąder  ${}^4\text{He}$ ). Rzecz w tym, że dwie cząstki  $\alpha$  łącząc się tworzą jądro berylu-8, którego czas połowicznego zaniku wynosi zaledwie  $10^{-16}$  s. Szanse dołączenia w tym czasie trzeciej cząstki  $\alpha$  byłyby znikomo małe, gdyby nie zjawisko rezonansu, które o wiele rzędów wielkości potęguje prawdopodobieństwo takiej reakcji. Mianowicie, w jądrze węgla istnieje poziom o energii, która jest sumą mas spoczynkowych jądra berylu i cząstki  $\alpha$  zwiększonej o energię ich ruchu termicznego wewnątrz gwiazdy. Występuje reakcja rezonansowa i powstaje tak potrzebny węgiel-12. Co więcej, równie zadziwiający jest fakt, że zamiana węgla w tlen przez wychwyt czwartej cząstki  $\alpha$  nie zachodzi szybko, gdyż w tlenie poziomy energetyczne nie spełniają warunku rezonansu. Ta stosunkowo szybka synteza węgla z berylu, przy powolnym jego zużyciu na wytwarzanie tlenu, pozwoliła na takie jego nagromadzenie, aby po kilku miliardach lat mogło pojawić się życie oparte na związkach węgla.

Może nie żyjemy w „najlepszym z możliwych światów”, ale na pewno mogło być o wiele gorzej. W innym Wszechświecie nie zaistnielibyśmy i nie moglibyśmy go obserwować. Można sparafrazować słynne stwierdzenie Kartezjusza „*cogito ergo sum*” mówiąc „*cogito ergo mundus talis est*”. Innego Wszechświata nie moglibyśmy badać, bo by nas tam po prostu nie było. Jest to słaba forma zasady antropicznej, z którą jako fizyk mogę się zgodzić.

Oczekujemy, że przyszła Teoria Wszystkiego objaśni stałe Przyrody. Możliwe jednak, że stałe mierzone w naszym Wszechświecie nie będą miały wartości najbardziej prawdopodobnych, wynikających z teorii. Możliwe, że na prawa fizyki w naszym Wszechświecie nałożony jest dodatkowy warunek, którym jest właśnie słaba zasada antropiczna. Może się np. okazać, że stała kosmologiczna, która wydawałoby się, powinna mieć wartość zero, ma w naszym Wszechświecie niezwykle małą, ale różną od zera wartość, co spowodowało, że w ewoluującym Wszechświecie zdążyły powstać układy złożone i mogło pojawić się życie oraz świadomi obserwatorzy. Taka korekta praw fizyki przez zasadę antropiczną może dotyczyć innych występujących w nich stałych Przyrody. Freeman Dyson użył sformułowania „Wszechświat wiedział, że się pojawimy”. Czy rzeczywiście nasz Wszechświat jest tym jedynym z wielkiej liczby możliwych wszechświatów, w którym mogliśmy się pojawić? Jakie będą nasze dalsze losy w tym szczególnym Wszechświecie? To są pytania warte zastanowienia.

# Dzieło Wolfganga Paula: jego znaczenie dzisiaj i w przyszłości\*

Peter E. Toschek

*Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Niemcy*

---

### Wolfgang Paul's work: its significance for today and for the future

---

W powszechnym mniemaniu dobiegające właśnie końca stulecie było najbardziej rewolucyjne w fizyce, jak również w nauce w ogóle. Istotnie, zaczęło się ono od odkrycia promieniowania rentgenowskiego oraz promieniotwórczości i od kwantowej hipotezy Plancka, a potem powstała teoria względności i mechanika kwantowa, rozpoczęły się badania nad strukturą jąder atomowych i wytwarzaniem energii jądrowej oraz produkcją bomb atomowych, wreszcie pojawiła się cała menażeria tzw. cząstek elementarnych, kwarki i wiele innych rzeczy, przyjmowanych z entuzjazmem lub bez. Twórców wielkich idei znają wszyscy. Jednakże są jeszcze ci, którzy odcisnęli swe piętno na rozwoju fizyki poprzez ciągłą działalność, pełną pasji i odpowiedzialności; ci, którzy pielegnowali i ożywiali znaczące, aczkolwiek niekiedy zaniedbywane obszary nauki, tworzyli nowatorską aparaturę i metody badawcze, przyciągali i kształcili neofitów, czy publicznie stawali w obronie nauki w imię postępu kulturalnego i dobra społecznego oraz protestowali przeciwko niewłaściwemu wykorzystaniu jej osiągnięć. Takie właśnie były czyny i dokonania człowieka, ku czci którego zebraliśmy się i pamięci którego poświęcone jest to sympozjum – Wolfganga Paula. Kiedy pytamy o spuściznę po tej dynamicznej osobowości, nie sposób

opisać ją w kilku lakonicznych zdaniach. Wypada zacząć od chociażby krótkiego rzutu oka na jego biografię.



Rys. 1. Wolfgang Paul (1913 – 1993) [1].

---

\*Referat wygłoszony na otwarciu Sympozjum „New Trends in Atomic Physics. Wolfgang Paul Colloquium”, które odbyło się w Poznaniu w dniach 5–6 grudnia 1997 r. (przyp. Red.).

Urodzony w Lorenzkirch w Saksonii, Paul dorastał w Monachium. Po studiach w Berlinie został asystentem Hansa Kopfermanna – ostatniego ze studentów Jamesa Francka i później jego następcy na katedrze w Getyndze. Paul uczestniczył w pionierskich badaniach struktury nadsubtelnej widm atomowych i – wspólnie z Wilhelmem Walcherem – w rozwoju spektrometrii masowej na uniwersytetach w Kilonii i Getyndze. Pracował przy legendarnym betatronie o energii 6 MeV, skonstruowanym przez Konrada Gunda w Erlangen, pierwszym tego typu na kontynencie europejskim. W roku 1952 przeniósł się do Bonn, aby objąć kierownictwo Instytutu Fizyki tamtejszego uniwersytetu, którego wcześniejszymi dyrektorami byli m.in. Rudolf Clausius, Heinrich Hertz i Heinrich Kayser, ale który po wojnie był w złej kondycji. Paul wraz z rosnącym gronem współpracowników entuzjastycznie rozwijał działalność w szerokim zakresie tematyki, sięgającym od spektroskopii optycznej i masowej do wiązek atomowych oraz do fizyki elektronów i jonów. Najbardziej znanymi wynikami jego badań były: elektryczny filtr masowy, szeroko stosowany do analizy gazów resztkowych, i elektrodynamiczna pułapka jonowa, która po wielu latach okazała się jednym z podstawowych urządzeń do izolacji i detekcji pojedynczych jonów. W roku 1989 Paul otrzymał Nagrodę Nobla – razem z Normanem Ramseyem i Hansem Dehmlem – właśnie za prace związane z pułapką jonową.

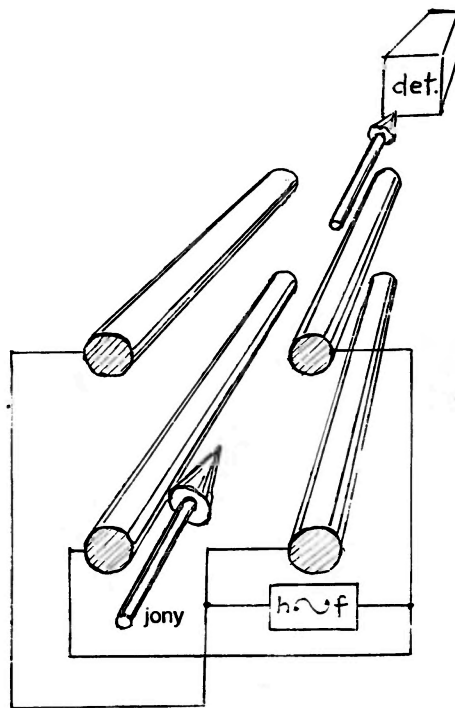
Od połowy lat pięćdziesiątych Paul skoncentrował swoje zainteresowania na akceleratorach elektronowych. Zaczął od synchrotronu o energii 500 MeV, który został zaprojektowany i wdrożony przez jego zespół jako rodzaj laboratoryjnej „fantazji”. Później udało mu się uruchomić synchrotron o energii 2,5 GeV, który był używany przez blisko trzydzieści lat jako źródło elektronów w doświadczeniach z fotoprodukcją mezonów, rozpraszaniem sprężystym elektronów na protonach i promieniowaniem synchrotronowym. Paul odgrywał czołową rolę we wczesnym rozwoju CERN-u w Genewie, gdzie sprawował funkcję dyrektora Sekcji Fizyki Jądrowej w latach 1965–67 i przewodniczącego różnych komitetów przez kilka następnych lat. Był jednym z założycieli Centrum Badań Jądrowych w Jülich i Laboratorium DESY (Deutsches Elektronen SYNchro-

tron) w Hamburgu, którego był drugim z kolei dyrektorem w latach 1971–73.

To krótkie zestawienie sugeruje, że Wolfgang Paul wyróżnił się pod wieloma względami: jako fizyk, nauczyciel akademicki, organizator badań naukowych i jako postać publiczna. Co przetrwało z jego dokonań w nauce?

Naukowa działalność Paula koncentrowała się wokół trzech zająających się tematów: 1) spektrometrii masowej, 2) spektroskopii optycznej i wiązek atomowych, 3) akceleratorów elektronowych.

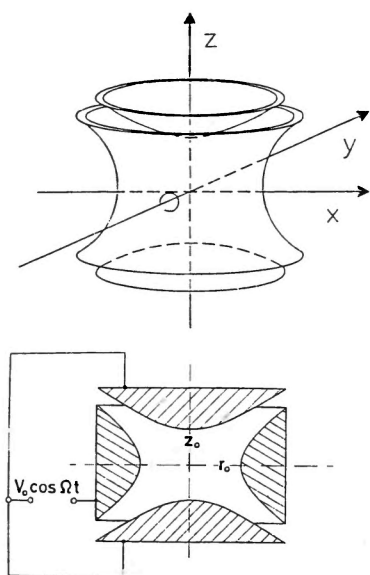
Do rozwoju spektrometrii masowej wniósł on wkład poprzez wynalezienie – wspólnie z Erhardem Fischerem i Helmutem Steinwedem – kwadrupolowego filtra masowego [2] (rys. 2).



Rys. 2. Paulowski elektryczny kwadrupolowy filtr masowy dla jonów.

W urządzeniu tym osiowo symetryczne elektryczne pole kwadrupolowe wysokiej częstotliwości utrzymuje paczkę naładowanych cząstek o pewnej masie blisko osi pola, podczas gdy cząstki o nieodpowiednich masach zostają od niej odrzucone. Idea ta jest pomysłowym rozszerzeniem metody ogniskowania cząstek naładowanych przez naprzemienne gradienty pola, znanej również pod nazwą „silnego ogniskowania”, i stanowi przełom w konstrukcji akceleratorów cząstek [3]. Filtr masowy jest powszechnie używany jako bardzo

czuły detektor gazów w zastosowaniach tak zróżnicowanych, jak identyfikacja gazów resztkowych w układach wysokiej próżni i badanie składu górnych warstw stratosfery przy użyciu satelitów. Jeszcze bardziej czuła detekcja atomów lub cząsteczek jest możliwa przy użyciu „klatki” (pułapki) jonowej, ponieważ tutaj cząstki są ogniskowane w środku trójwymiarowej konfiguracji elektrod [4,5] (rys. 3). Materia w śladowej ilości, która ma zostać poddana badaniu, pozostaje zlokalizowana w trójwymiarowej studni pseudopotencjalnej przez czas niemal nieograniczony. To zastosowanie pułapki jonowej w spektroskopii masowej, w szczególności do analizy związków organicznych o dużej masie cząsteczkowej, zmieniło w sposób zasadniczy procedury badawcze w różnych gałęziach chemii analitycznej i przerodziło się w przedsięwzięcie na skalę wielu milionów dolarów.



Rys. 3. Klatka (pułapka) jonowa Paula; u góry – kształt elektrod, u dołu – zastosowanie zmiennego napięcia sterującego.

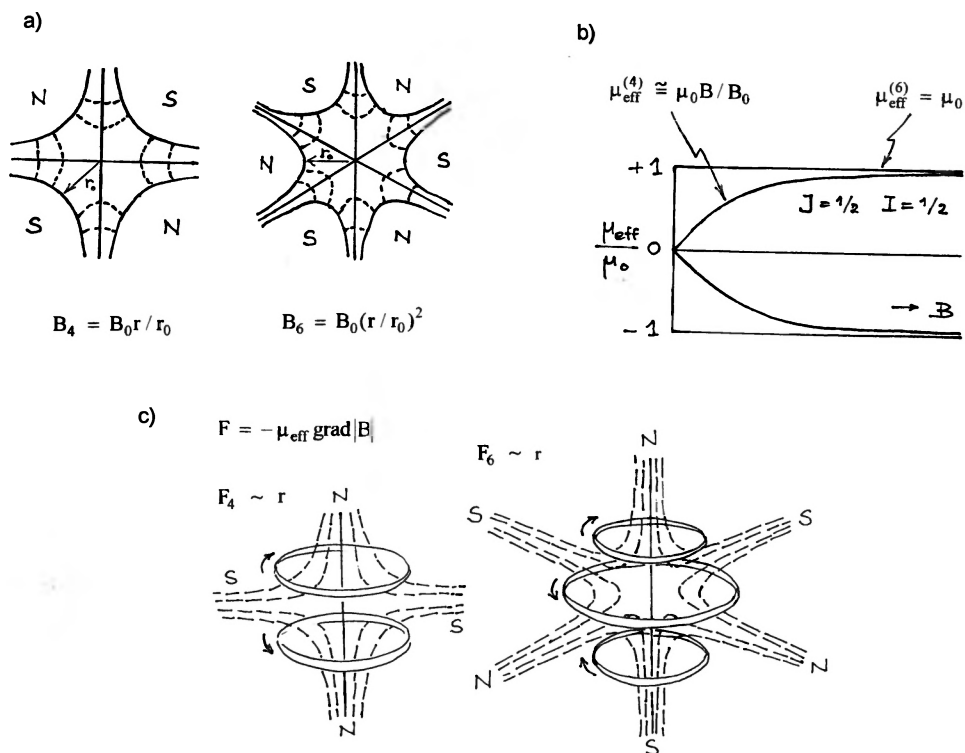
Pułapka jonowa nadal jest najczulszym istniejącym detektorem masowym. Słowa pochwały wypowiedziane przez samego Paula brzmią: „To moja wina, że dzisiaj można wykryć każdy brud w powietrzu i że ludzie się tym przejmują”.

Jednym z głównych wkładów Paula w sztukę manipulacji wiązkami atomowymi i cząsteczkowymi było wprowadzenie – wspólnie z Helmutem Friedburgiem – soczewek ogniskujących dla cząstek obojętnych, w których atomy umieszcza się w polu magnetycznym kwadrupolowym

lub sektupolowym i wykorzystuje się zależność od pola efektywnych momentów magnetycznych przy rozprężeniu spinu jądrowego i elektronowego typu Paschena-Backa [6,7] (rys. 4). Toroidalna wersja takiej konfiguracji pola została zastosowana przez Paula do uwięzienia neutronów [8] i może być również użyta do pułapkowania atomów, ponieważ dzięki chłodzeniu laserowemu są dzisiaj dostępne atomy wystarczająco zimne (rys. 5). Odpowiednie elektryczne pola multipolowe umożliwiają ogniskowanie cząsteczek polarnych [9]. Znaczne zwiększenie świetlności układu wiązki dzięki użyciu pól ogniskujących pozwoliło na poprawę stosunku dostępnego sygnału do szumu, tak istotną w wielu doświadczeniach, m.in. w pomiarach o czułości krytycznej, w szczególności w doświadczeniach przeprowadzanych metodą rezonansu w wiązkach atomowych. Przytoczmy jeden przykład: Charles Townes usłyszał o ogniskowaniu cząstek obojętnych przy okazji wizyty Paula na Uniwersytecie Columbia; zastosowanie ogniskujących elektrycznych pól kwadrupolowych dostarczyło tak dużego dodatkowego strumienia amoniaku, że wystarczyło na przekroczenie progu generacji w pierwszym maserze [10].

Pomimo że pewne zalety pułapki jonowej były doceniane od samego początku, jej pełne możliwości, pozwalające na lokalizację i przechowywanie jonów celem poddania ich działaniu promieniowania, wysunęły się na pierwszy plan dopiero po odkryciu laserów przestrajalnych. Obecnie można już uprawiać spektroskopię optyczną ośrodków rozrzedzonych ze zdolnością rozdzielczą, której nie ogranicza skończony czas lokalizacji atomów, powodujący poszerzenie rezonansów na skutek skończonego czasu przelotu atomów przez wiązkę promieniowania. Po pierwszym pokazie chłodzenia laserowego w roku 1978 w Heidelbergu [11] i w Boulder (Colorado) [12], poszerzenie dopplerowskie pierwszego rzędu rezonansów dla spułapkowanych jonów jest już tylko możliwą do usunięcia niedogodnością; nawet przesunięcie dopplerowskie drugiego rzędu znika dla pojedynczego, dobrze schłodzonego jonu, co zademonstrowano w roku 1980 [13]. Przygotowanie, chłodzenie i obserwacja pojedynczych jonów zmieniły jonową pułapkę Paula w laboratorium fizyki atomowej o nowatorskich i dotąd niedostępnych możliwościach (rys. 6). Osiągnięcie takich warunków było poczytywane za nie-





Rys. 4. Ogniskowanie magnetyczne atomów obojętnych. a) Pola kwadrupolowe i sekstupolowe. b) Zależność efektywnego atomowego momentu magnetycznego od indukcji magnetycznej  $B$  (diagram Breita-Rabiego) dla spinu elektronowego  $J = 1/2$  i spinu jądrowego  $I = 1/2$ . W słabym polu  $F = J + I$  i jego rzut  $m_F$  jest dobrą liczbą kwantową. c) Realizacja uwięzienia harmonicznego w polach kwadrupolowych (na lewo) i sekstupolowych (na prawo) wytwarzanych odpowiednio przez dwie lub trzy cewki o przeciwnych kierunkach przepływu prądu.

prawdopodobne nawet przez umysł tak głęboki, jak Erwina Schrödingera, który twierdził w roku 1952 [15]: „Przede wszystkim należy stwierdzić, że potrafimy eksperymentować z pojedynczymi cząstkami w tym samym stopniu, co hodować ichtiozaury w zoo. Analizujemy zapisy zdarzeń długo po tym, jak nastąpiły. (...) Po drugie, to jest oczywisty sposób stwierdzenia faktu, że nigdy nie eksperymentujemy z tylko jednym elektronem lub atomem, czy (małą) cząsteczką. W doświadczeniach myślowych niekiedy zakładamy, że tak jest; pociąga to za sobą nieodmiennie absurdalne konsekwencje”.

Dzisiaj ciągle udoskonalane sposoby manipulowania pojedynczymi jonami uczyniły tę dziedzinę jedną z wiodących we współczesnej fizyce. Można wyodrębnić trzy grupy zagadnień, w których metody te są, bądź też będą w niedalekiej przyszłości szczególnie przydatne:

1) urzeczywistnienie tego, co do tej pory było uważane za doświadczenia myślowe: demonstracji na żywo „przeskoków kwantowych” [16,17]

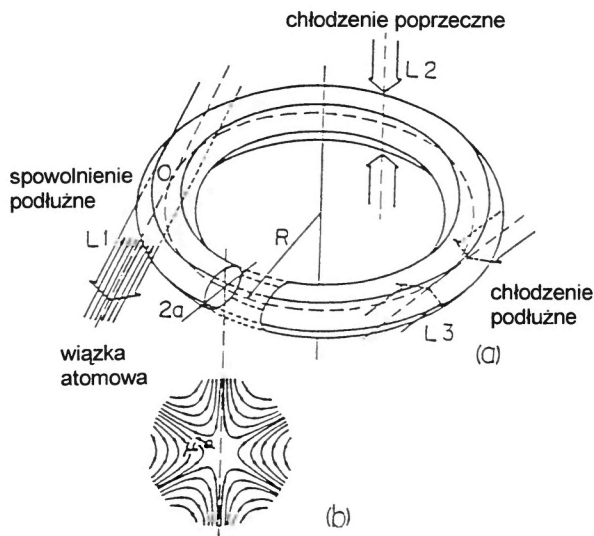
(rys. 7), rozgrupowania fotonów w rezonansowej fluorescencji [18,19], wytwarzania stanów typu „kota Schrödingera” [20], budowy interferometrów z pojedynczym jonem [21] i układów, które pozwalają na ocenę ilościową komplementarności [22], a nawet nowatorskiego typu mikromasera z pojedynczym jonem [23];

2) kontrolę częstości standardowych oscylatorów (z bezprecedensową dokładnością względną, lepszą niż  $10^{-18}$  [24]) w zegarach atomowych, które umożliwią obserwacje zarówno dryfu kontynentów w czasie rzeczywistym, jak i nieuchwytnych fal grawitacyjnych;

3) reprezentację bitów kwantowych i demonstrację bramek kwantowych [25,26], a wreszcie także kwantowe przetwarzanie danych [27,28] – słynne wyzwanie, pozostawiające nadal wiele otwartych kwestii, z których nie najmniej ważną jest, jak pokonać lub ominąć wszechobecną dekoherencję.

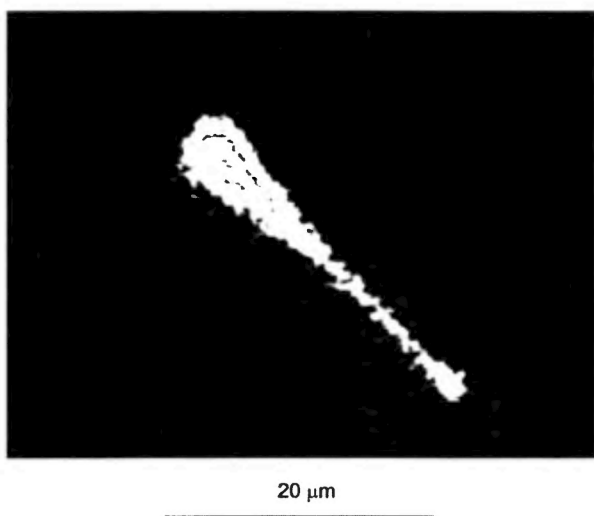
Zaangażowanie Paula w akceleratory elektro-  
nowe było czymś w rodzaju trwającego przez całe





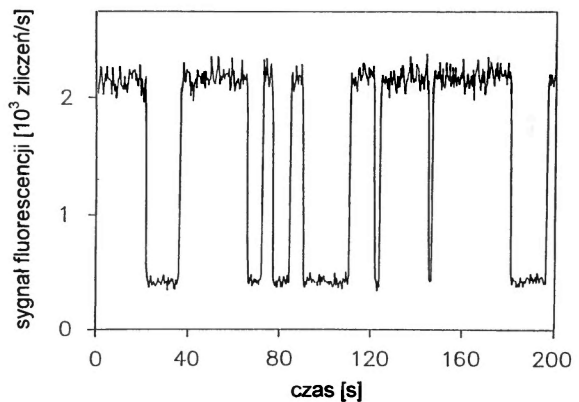
Rys. 5. a) Magnetyczny pierścień akumulacyjny dla powolnych neutronów i chłodzonych laserowo atomów obojętnych. b) Linie pola magnetycznego na przekroju torusa sekstupolowego.

życie romansu, rozpoczętego w czasach pierwszych betatronów. To on i jego współpracownicy z Bonn zbudowali pierwszy synchrotron elektryczny na kontynencie europejskim, a następnie kolejne akceleratory, odpowiadające aktualnym standardom danego okresu. Z urządzeń tych pochodzi bogactwo danych na temat produkcji pionów i wielu innych zjawisk. Ponadto grupa z Bonn wprowadziła fizykę cząstek do laboratoriów uniwersyteckich i w niemal naturalny sposób roz-



Rys. 6. Fotografia trajektorii oscylacyjnej pojedynczego, uwięzionego, lecz nie schłodzonego jonu  $Ba^+$  w zielonym świetle jego własnej, laserowo indukowanej fluorescencji. Liniowa orbita tworzy kąt ostry z linią obserwacji, tak że górny punkt zwrotny wydaje się lekko rozmyty [14].

szerzyła spektroskopię na zakres tych ogromnych energii. Po niedługim czasie promieniowanie synchrotronowe zaczęło już być wykorzystywane jako źródło światła. Pokolenia młodych fizyków wysokich energii zaczynały na tych urządzeniach karierę zawodową. Poza Instytutem w Bonn, Paul odcisnął też swe piętno na dużych laboratoriach fizyki wysokich energii, DESY i CERN-ie, w fazie ich kształtowania. Niektórzy wtajemniczeni uważają, że jest ono nadal wyczuwalne, być może poprzez żywe zaangażowanie sporej liczby (aczkolwiek malejącej z latami) byłych współpracowników Paula.



Rys. 7. Zależność od czasu natężenia laserowo indukowanej fluorescencji pojedynczego jonu  $Ba^+$ , przerywanej wzbudzeniami jonu światłem o długości fali  $1,76 \mu m$  do stanu metatrwałego  $D_{5/2}$  („makroskopowe przeskoki kwantowe”) [17].

Badania wiązek atomowych oraz jonów i elektronów w polach elektromagnetycznych są jakby drzewem w ogrodzie fizyki, które w ostatnim stuleciu wypuściło dwie potężne gałęzie. Począwszy od mikroskopu elektronowego, poprzez betatron i cyklotron, sztuka kontrolowania cząstek za pomocą pól zrodziła wielkie akceleratory, które pozwalają zbliżyć się do granicy mikrowskazów światła. Następstwem wiązek atomowych Sterna oraz doświadczeń Rabiego, Blocha i Purcella są wszechobecne metody rezonansowe, pomagające badać materię skondensowaną i uporządkowaną oraz zbliżać się do granicy złożoności. W pewnym punkcie tego rozwoju pojawił się laser. Dzieło Paula z pewnością stanowi część tych gałęzi.

Co przetrwało z działalności Paula jako nauczyciela akademickiego (rys. 8)? Ostatecznie nie napisał on ani żadnego podręcznika, ani mono-



Rys. 8. Wolfgang Paul podczas wykładu [29].

grafii. Przez 40 lat Paul utrzymywał swój związek z Uniwersytetem w Bonn, pomimo kuszących propozycji z tak prestiżowych placówek, jak Monachium czy Zurych, i angażował się z pasją we wprowadzanie najwyższych standardów nauczania młodych fizyków, jak również studentów innych nauk ścisłych, zwłaszcza w zakresie zajęć laboratoryjnych. Liczne rzesze studentów były oczarowane jego nauczaniem, wolnym od retorycznego splendoru, lecz pełnym fascynacji fizyką i charakterystycznego uroku. Nie był w żadnym wypadku wielkim mówcą – krasomównictwem wręcz gardził – lecz jego nauczanie było wspaniałe, gdyż otwarcie ujawniał swoje osobiste zaangażowanie i mimo woli przekazywał to, co pobudzało ciekawość, a przynajmniej zainteresowanie. Podobnie jak uwielbiał zdobywać, tak też lubił zdobywców. Około 120 doktorantów i znacznie więcej dyplomantów pracowało przez lata nad rozprawami pod jego bezpośrednim czy pośrednim kierownictwem; ok. 30 z nich jest obecnie profesorami fizyki, a co najmniej jeden – politykiem najwyższej rangi. Wielu z nich nadal żyje i działa, i wierzę, że większość nadal przekazuje kolejnym pokoleniom fizyków oraz szerszym kręgom fachowców przynajmniej część determinacji, entuzjazmu i niestrudzonej koncentracji na sprawach zasadniczych – w fizyce i poza nią – jaka cechowała Paula. Wszakże wielki Wolfgang Pauli powiedział kiedyś o nim: „moja część rzeczywistości w Bonn”.

Wolfgang Paul nie wahał się mówić i działać publicznie, jeżeli uważał to za niezbędne. Jego poczucie odpowiedzialności kazało mu podjąć wy-

zwanie w latach pięćdziesiątych; wówczas wraz z 17 kolegami wystąpił przeciwko polityce starań o wejście w posiadanie broni jądrowej. Jego służba społeczeństwu nie pozostała niezauważona. Przyznano mu doktoraty honorowe i członkostwa w towarzystwach naukowych, m.in. doktorat tutejszej Politechniki (Poznańskiej – przyp. tłum.), wicekanclerstwo orderu „Pour le Mérite” (rys. 9)



Rys. 9. Wicekanclerz orderu „Pour le Mérite” [29].

i ostatecznie Nagrodą Nobla. Z pewnością te zaszczyty czynią jego sławę żywą i powszechnie znaną. Oby towarzyszyło jej też coś z jego bezprezjencyjnego, realistycznego podejścia do pracy badawczej i dydaktycznej oraz życia akademickiego i publicznego.

Po przejściu na emeryturę w roku 1981, Paul został prezesem Fundacji von Humboldta (rys. 10). Przez ponad 10 lat działał na rzecz



Rys. 10. Wolfgang Paul i Reimar Lüst – dwaj prezesi Fundacji von Humboldta [30].

tej instytucji, która udziela stypendiów w Niemczech wybitnym naukowcom – młodym, jak również uznanym już – ze wszystkich stron świata oraz pomaga uczonym za granicą na wiele innych sposobów. Wielu z nich przyłącza się do studentów Paula, jego asystentów i kolegów w pielegnowaniu pamięci tego znakomitego fizyka o pełnej ciepła osobowości.

Tłumaczyła Danuta Stefańska  
Wydział Fizyki Technicznej PP  
Poznań

## Literatura

- [1] *DESY-Journal* 2, grudzień 1993, s. 25.
- [2] W. Paul, H. Steinwedel, *Z. Naturf.* 8a, 448 (1953).
- [3] N.C. Christoflos, U.S. Patent 2.736.799 (1950); E.D. Courant, M.S. Livingston, H.S. Snyder, *Phys. Rev.* 88, 1190 (1952).
- [4] W. Paul, O. Osberghaus, E. Fischer, *Forschungsber. d. Wirtschaft. Verkehrsministeriums NRW* 415 (1955).
- [5] E. Fischer, *Z. Phys.* 156, 1 (1959).
- [6] H. Friedburg, W. Paul, *Naturwiss.* 38, 159 (1951); *Z. Phys.* 130, 493 (1952).
- [7] H.G. Bennewitz, W. Paul, *Z. Phys.* 139, 489 (1954).
- [8] K.J. Kügler, W. Paul, U. Trinks, *Phys. Lett.* B72, 442 (1978).
- [9] H.G. Bennewitz, W. Paul, Ch. Schlier, *Z. Phys.* 141, 6 (1955).
- [10] J.P. Gordon, H.Z. Zeiger, C.H. Townes, *Phys. Rev.* 95, 282 (1954).
- [11] W. Neuhauser, M. Hohenstatt, P.E. Toschek, H.G. Dehmelt, *Phys. Rev. Lett.* 41, 233 (1978).
- [12] D.J. Wineland, R.E. Drullinger, F.L. Walls, *Phys. Rev. Lett.* 40, 1639 (1978).
- [13] W. Neuhauser, M. Hohenstatt, P.E. Toschek, H.G. Dehmelt, *Phys. Rev. A* 22, 1137 (1980).
- [14] Th. Sauter i in., *Europhys. Lett.* 7, 317 (1988).
- [15] E. Schrödinger, *Brit. J. Phil. Sci.*, t. III, sierpień 1952.
- [16] W. Nagourney, J. Sandberg, H.G. Dehmelt, *Phys. Rev. Lett.* 56, 2797 (1986).
- [17] Th. Sauter, R. Blatt, W. Neuhauser, P.E. Toschek, *Phys. Rev. Lett.* 57, 1696 (1986); *Opt. Commun.* 60, 287 (1986).
- [18] F. Diedrich, H. Walther, *Phys. Rev. Lett.* 58, 203 (1987).
- [19] M. Schubert, I. Siemers, R. Blatt, W. Neuhauser, P.E. Toschek, *Phys. Rev. Lett.* 68, 3016 (1992).
- [20] C. Monroe, D.M. Meekhof, B.E. King, D.J. Wineland, *Science* 272, 1131 (1996).
- [21] R. Huesmann, Ch. Balzer, W. Neuhauser, P.E. Toschek, praca przygotowana do druku.
- [22] B.-G. Englert, *Phys. Rev. Lett.* 77, 2154 (1996).
- [23] S. Wallentowitz, W. Vogel, I. Siemers, P.E. Toschek, *Phys. Rev. A* 54, 943 (1996).
- [24] D.J. Wineland, W.M. Itano, J.C. Bergquist, J.J. Bollinger, F. Diedrich, w: *Frequency Standards and Metrology*, red. A. DeMarchi (Springer-Verlag, Berlin 1989), s. 71 i 287.
- [25] J.I. Cirac, P. Zoller, *Phys. Rev. Lett.* 74, 4091 (1995).
- [26] C. Monroe, D.M. Meekhof, B.E. King, W. Itano, D.J. Wineland, *Phys. Rev. Lett.* 75, 4714 (1995).
- [27] Patrz np. C.H. Bennett, *Physics Today* 48, 24 (1995).
- [28] T. Pellizzari, Th. Beth, M. Grassl, J. Müller-Quade, *Phys. Rev. A* 54, 2698 (1996).
- [29] *AvH-Magazin*, nr 61, lipiec 1993, s. 45.
- [30] Patrz K. Dietz, *AvH-Magazin*, nr 51, sierpień 1988, s. 1.

## Uwagi o podstawach dydaktyki fizyki

Jerzy Warczewski

*Institut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Katowice*

---

### Remarks on the fundamentals of the didactics of physics

*Abstract:* It is pointed out that the didactics of physics, structure and methodology of physics and physics itself are inseparable. A proposal is made about the new curriculum of general physics. Relationship between the language of didactics of physics, the language of physics as well as the language of mathematics and its metalanguage(s) is discussed. The arguments are given for the didactics of physics as a science.

---

#### 1. Motto dydaktyki

Wielki pisarz rosyjski Izaak Babel, opisując w autobiograficznej książce swoje dzieciństwo spędzone w Odessie [1], wspomina lekcje gry na skrzypcach, które pobierał u pewnego profesora, sławnego wśród mieszczaństwa odeskiego z tego, że miał kilku uczniów – cudowne dzieci, które potem osiągnęły światową sławę jako wirtuozi skrzypiec. Wśród kolegów małego Izaaka Babela był najślynniejszy potem skrzypek XX w. Jascha Heifetz. Kiedyś, gdy mały Izaak przyszedł nieco wcześniej na swoją lekcję, ośmioletni wówczas, genialny Heifetz grał właśnie jakiś trudny i piękny utwór. Kiedy skończył, profesor po chwili zadumy wypowiedział znamienne słowa: „I ty, Jascha, będziesz kiedyś tak dobrze grał, że będziesz mógł uczyć innych”. Niech te, zapamiętane przez wielkiego pisarza słowa o wielkim skrzypku, będą naszym mottem dydaktyki. Oczywiście nie każdy może być Jaschą Heifetzem w swojej dziedzinie, ale niech te słowa stanowią przynajmniej punkt odniesienia w naszych rozważaniach o dydaktyce.

#### 2. Dydaktyka fizyki, struktura i metodologia fizyki oraz sama fizyka są nierozłączne

Dydaktyka jest dziedziną nauki zajmującą się metodami nauczania i uczenia się [2-4]. Słowo greckie „didaktikós” znaczy „umiejący uczyć”. „Umieć uczyć” można siebie, można innych, można siebie i innych. Jest to sztuka, ale z praktyki wynika, że ten może dobrze umieć uczyć innych, kto umie uczyć siebie, czyli kto umie sam się uczyć. Jest znamienne także, że – ucząc innych – możemy udoskonalić metody uczenia siebie. Zresztą odwrotne twierdzenie jest również słuszne. Wynika stąd, że naprawdę dobrym nauczycielem może być ten, kto nie tylko sam dużo się nauczył w danej dziedzinie, ale kto ciągle uczy się, pogłębiając swoją wiedzę i opanowanie przedmiotu. Ta ostatnia cecha jest cechą jednostek twórczych w danej dziedzinie i jeżeli nauczyciel jest właśnie taką jednostką twórczą, to tym bardziej może rozwinąć w procesie dydaktycznym talenty twórcze swoich uczniów.

To, co było tu powiedziane, dotyczy każdej dydaktyki, w szczególności dydaktyki fizyki (nauk fizycznych). Trzeba także wyraźnie zdać sobie sprawę z tego, że dydaktyka fizyki, struktura i metodologia fizyki oraz sama fizyka są nierozłączne [4]. Zasadniczym elementem dydaktyki fizyki jest język – język, którym porozumiewają się fizycy między sobą, język, którym nauczyciele przekazują swoim uczniom idee fizyki, a zatem język, który powinien posiadać walory dydaktyczne jako niezbędny warunek porozumienia [5-7]. Wszyscy fizycy powinni zabiegać o jego uniwersalność, jednoznaczność, komunikatywność, o jego kulturę. Oczywiście uniwersalność i jednoznaczność tego języka zapewnia w zasadzie matematyczna postać praw fizyki, jego komunikatywność i kulturę zaś powinna pielegnować dydaktyka, badając jednocześnie naukowo wszystkie jego własności i przekazując wyniki tych badań także w procesie dydaktycznym. Można zatem przypuścić (w pierwszym przybliżeniu), że język dydaktyki fizyki składa się zarówno z języka fizyki, jak też i metajęzyka fizyki, przy czym ten drugi służy do opisu naukowego tego pierwszego.

### 3. Przedmiot fizyki

Rudyard Kipling, angielski laureat Nagrody Nobla w dziedzinie literatury, powiedział kiedyś: „jest pięć tysięcy pytań gdzie, siedem tysięcy pytań jak i sto tysięcy pytań dlaczego”. Nie wymienił jeszcze pytań „kiedy”, ale przedmiotem fizyki jest formułowanie pytań „gdzie”, „kiedy” i „jak” w odniesieniu do zjawisk przyrody, a także odpowiadanie na nie, przy czym odpowiedzi na pytania „gdzie” i „kiedy” mają ograniczenia wynikające z zasady nieoznaczoności Heisenberga [4]. Jeżeli znajdują się w zakresie fizyki pytania „dlaczego”, to mają one jedynie charakter pomocniczy. Rola pytań „dlaczego” w fizyce jest związana w istocie rzeczy z hierarchią praw fizyki (praw natury). Mianowicie, rozwój fizyki ukazał, że wiele stwierdzeń odkrytych przez obserwacje i nazwanych początkowo przez fizyków prawami fizyki utraciło swoje fundamentalne znaczenie, ponieważ później zostały odkryte (przez obserwacje oraz pewne rozważania matematyczne) inne stwierdzenia, bardziej ogólne, z których można wyprowa-

dzić już tylko na drodze matematycznej („używając ołówka i kawałka papieru”) owe pierwiej wspomniane stwierdzenia. Takie wyprowadzenie może być traktowane jako odpowiedź na pytanie „dlaczego”, dotyczące jakiegoś określonego stwierdzenia, przy czym odpowiedź ta odwołuje się do bardziej ogólnego stwierdzenia i nic więcej.

### 4. Fundamentalne prawa i teorie fizyki oraz pewne ogólne jej charakterystyki

Studiując historię fizyki można dojść do wniosku, iż jest zasadą, że struktura fizyki jako nauki nieustannie się zmienia [8-21]. Niektóre stwierdzenia, znane jako prawa fizyki, dewaluują się w pewnym sensie, ponieważ nowe, bardziej ogólne stwierdzenia są odkrywane i tylko te ostatnie mogą być nazywane fundamentalnymi prawami fizyki, przynajmniej na jakiś czas, dopóki jeszcze bardziej ogólne i jeszcze bardziej fundamentalne stwierdzenia nie zostaną odkryte.

Trzeba tu rozróżnić dwie drogi, po których dochodzi się do sformułowania praw fizyki: 1) poprzez obserwację (prawidłowości) zjawisk, co zarazem, niejako *in statu nascendi*, weryfikuje te prawa (tak głównie robiono dawniej); 2) poprzez tworzenie teorii, których owocem są nowe stwierdzenia o przyrodzie, mogące uzyskać rangę praw fizyki dopiero po weryfikacji doświadczalnej (tak głównie dzieje się teraz).

Okazuje się, że jest stosunkowo niewiele fundamentalnych praw i teorii fizyki, a także pewnych ogólnych charakterystyk fizyki jako nauki, z których można wyprowadzić na drodze matematycznej wszystkie inne stwierdzenia dotyczące przyrody, również i te, które – raczej z powodu tradycji – wciąż nazywane są prawami fizyki.

Do fundamentalnych praw, teorii i charakterystyk fizyki (obecnie!) można zaliczyć: 1) relacje między prawami zachowania a symetriami (Noether); 2) prawa symetrii i przypadki ich niezachowania czy łamania, np. niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych lub łamanie symetrii translacyjnej w magnetycznych i krystalicznych strukturach modulowanych, kwazikryształach i politypach; 3) zasada najkrótszego czasu (Fermat) i zasada najmniejszego działania (Hamilton); 4) teoria czasoprzestrzeni i grawitacji (szczególna i ogólna teoria względności) Einsteina oraz mechanika i teoria grawitacji New-



tona; 5) zasady kwantowe mikroświata z ich probabilistyczną i statystyczną interpretacją; 6) elektrodynamika klasyczna (Maxwell) i kwantowa (Feynman); 7) model standardowy: chromodynamika kwantowa (oddziaływania silne) oraz teoria oddziaływań elektroslabych (tu mieści się także wspomniana wyżej elektrodynamika kwantowa Feynmana); 8) teoria chaosu; 9) teoria superstrun; 10) teoria wielkiej unifikacji i supersymetria; 11) rozróżnienie przeszłości i przyszłości: odwracalność praw fizyki i nieodwracalność zjawisk; 12) termodynamika i fizyka statystyczna; 13) zasada: „suma prawdopodobieństw wszystkich wzajemnie wykluczających się zdarzeń wynosi 1”;<sup>1</sup> 14) zasada: „energia jest zawsze dodatnia”; 15) zasada przyczynowości: „skutek nigdy nie może wyprzedzać przyczyny”; 16) zasada: „wszystkie prawa fizyki mają formę matematyczną”.

Wydaje się, że można by uznać opisany w rozdziale 3 przedmiot fizyki oraz powyższe 16 punktów jako przybliżenie tego, co nazwałbym kanonem współczesnej wiedzy fizycznej. W świetle tego, co było powiedziane wyżej, kanon ten jest przedmiotem ewolucji historycznej.

## 5. Przedmiot fizyki i przedmiot wiary różnią się<sup>1</sup>

Należy tu podkreślić jeszcze raz bardzo silnie, że odpowiedzi na pytania „dlaczego”, dotyczące fundamentalnych praw fizyki, nie istnieją, przynajmniej w dziedzinie fizyki. Należy także podkreślić, że wszystko, co wyżej powiedziano na temat fizyki, stosuje się również do wszystkich innych nauk przyrodniczych. Ale problem praw fundamentalnych pozostaje i w tym właśnie momencie może rozpocząć się wiara. Po pierwsze, można wierzyć, że rozwój fizyki prowadzi do zbioru absolutnie fundamentalnych praw fizyki albo po prostu do jednego, najbardziej ogólnego prawa. Można także wierzyć, niezależnie od tego, jakie będą te absolutnie fun-

damentalne prawa, ani też jaka będzie ich liczba, że Stwórca tych praw powinien istnieć, i w tym względzie fizyka nie jest sprzeczna z wiarą w Boga. Co więcej, można nawet wierzyć, że te absolutnie fundamentalne prawa mogłyby wyrażać bardzo wyraźnie swego Stwórcę i w ten sposób dawać w przyszłości „naukowy” dowód istnienia Boga. Już dzisiaj dla wielu fizyków tzw. zasada antropiczna (mówiąca, że warunki powstania życia we Wszechświecie wynikają z takich, a nie innych wartości wielu fundamentalnych stałych przyrody) jest niemalże takim dowodem [22]. Dotyczy to również faktu posiadania przez człowieka zdolności poznawczych daleko wykraczających poza potrzeby wynikające z procesu ewolucji a także faktu, że matematyka odgrywa tak wielką rolę w opisie przyrody (Wszechświat został zaprojektowany?). Z drugiej strony, z teorii kosmologicznej inflacji wynika, że nasz Wszechświat mógłby być jednym z wielu wszechświatów, różniących się między sobą wartościami stałych przyrody, i tylko w naszym Wszechświecie byłby zrealizowany – przypadkowo – taki komplet wartości stałych przyrody, który sprzyja istnieniu życia. Tak więc zasada antropiczna niekoniecznie musi wskazywać na istnienie Boga.

Jeżeli dodatkowo widzi się piękno zjawisk przyrody i piękno praw rządzących nimi, jak również bardzo głęboki sens i mądrość przyrody zarówno w ogólności, jak i w szczegółach, można nawet umocnić swoją wiarę, podobnie jak w przypadku kontemplacji piękna istniejącego w sztukach. Wielu spośród najwybitniejszych fizyków, także w naszych czasach, nie widziało żadnej sprzeczności między wiedzą fizyczną a wiarą w Boga. Jest tak po prostu dlatego, że przedmiot fizyki jest różny od przedmiotu wiary.

Powyższych kilka słów na temat relacji fizyka-wiara napisałem w związku z tym, iż jeszcze niedawno indoktrynowano całe pokolenia Polaków, że tzw. światopogląd naukowy wyklucza wiarę w istnienie Boga, ponieważ nauka (fizyka)

<sup>1</sup> Idee zawarte w niniejszym rozdziale (a także idee wyłożone powyżej w rozdziale 3 i 4) były przedstawione w pierwotnej formie w artykule autora pt. „Przedmiot fizyki i przedmiot wiary są różne”, wydrukowanym w języku greckim w teologicznym czasopiśmie greckim *Journal of the Orthodox Academy of Crete – Dialogoi Katallagis* (październik 1987, s. 55), i napisanym na zamówienie prof. Aleksandrosa Papadzerosa, redaktora naczelnego tego czasopisma i zarazem czołowego teologa greckiego Kościoła Prawosławnego. Profesora Papadzerosa poznałem podczas konferencji „Technology and Education”, która się odbyła w pałacu należącym do Akademii Prawosławnej na Krecie.



dowodzi, że Bóg nie istnieje. Było to oczywistym kłamstwem, bowiem w rzeczywistości nie ma (jak dotąd) żadnej ścisłej relacji między fizyką a wiarą, poza subiektywną przeciwieństwem sferą emocjonalną. Mówiąc prościej: nie ma dowodu naukowego ani na istnienie Boga, ani na jego nieistnienie [23]. Wydaje się, że nauczyciele fizyki powinni także zdawać sobie z tego sprawę.

## 6. Język matematyki jako język praw i teorii fizyki

Należy dodać, że wszystkie wyżej wspomniane prawa i teorie fizyki są wyrażone za pomocą wzorów matematycznych, w ten sposób dowodząc, że język matematyki – dzięki swej logicznej doskonałości – jest jedynie właściwym językiem praw i teorii fizyki. Jak wspomniano wyżej, każde stwierdzenie, które należy do dziedziny fizyki, może być wyprowadzone na drodze matematycznej z praw fundamentalnych, takie zaś wyprowadzenia mogą być traktowane jako dawanie odpowiedzi na pytania „dlaczego” przez odwoływanie się do bardziej fundamentalnych praw. Na przykład: „Dlaczego planety poruszają się wokół Słońca zgodnie z prawami Keplera?”. Odpowiedź: „Ponieważ prawa Keplera wynikają z praw mechaniki Newtona”. Inny przykład: „Dlaczego prawa optyki geometrycznej i falowej są słuszne?”. Odpowiedź: „Ponieważ można je wyprowadzić z praw elektromagnetyzmu Maxwella”, itd.

Język matematyki jest językiem praw i teorii fizyki nie tylko ze względu na wyżej wspomnianą uniwersalność i jednoznaczność, lecz także dlatego, że jest on jedynym językiem, w którym można w ogóle wyrazić prawa fizyki [2,9]. Prawa fizyki sformułowane w języku matematyki mówią, jak zachodzą zjawiska przyrody, a nie gdzie, ani kiedy, ani dlaczego. A zatem prawa fizyki są uniwersalne we Wszechświecie, natomiast nie objaśniają mechanizmu zjawisk. Język matematyki pełni także rolę metody, pozwalającej wiązać między sobą rozmaite stwierdzenia o przyrodzie, w szczególności rozmaite prawa. Fizyk musi jednak zawsze umieć znajdować właściwy sens fizyczny formuł matematycznych, przedstawiających prawa fizyki, np. nie może odczytywać prawa Ohma, że „opór jest wprost proporcjonalny do napięcia i odwrotnie proporcjonalny do natę-

żenia”, chociaż z punktu widzenia matematyki to jest w porządku [24]. Trzeba ukazywać w procesie dydaktycznym zarówno tradycję babilońską (obliczenia na pierwszym miejscu), jak i tradycję grecką (aksjomatyka na pierwszym miejscu) w matematyce i fizyce [8-21]. Fizyka jest nauką zarówno indukcyjną, jak i dedukcyjną. Indukcyjny aspekt fizyki polega na uogólnianiu stwierdzeń o przyrodzie prowadzącym do fundamentalnych praw fizyki, dedukcyjny aspekt zaś polega na wyprowadzaniu szczegółowych stwierdzeń o przyrodzie z fundamentalnych praw fizyki.

Można zatem powiedzieć, że język fizyki składa się z języka matematyki i meta-języka języka matematyki, przy czym ten drugi służy do opisu naukowego tego pierwszego, w szczególności z punktu widzenia sensu fizycznego formuł matematycznych wyrażających prawa fizyki (patrz powyższy przykład z prawem Ohma). Być może mamy tu do czynienia nie z jednym meta-językiem, lecz z całą hierarchią meta-języków języka matematyki.

## 7. Rodzaje dydaktyki fizyki i jej cel

Rozróżniamy wiele rodzajów dydaktyki fizyki [2-5,8,24], np.: dydaktyka wykładów, dydaktyka rozwiązywania zadań tekstowych, dydaktyka laboratorium, dydaktyka demonstracji zjawisk, dydaktyka seminarium (referowania), dydaktyka pisanie prac (np. sprawozdań z laboratorium, prac magisterskich, prac doktorskich, artykułów naukowych, monografii, podręczników), dydaktyka popularyzacji fizyki, dydaktyka kontroli wiadomości i umiejętności (np. testy), dydaktyka ćwiczeń z użyciem komputera.

Te różne rodzaje dydaktyki fizyki mają na celu wykształcenie u uczniów i studentów wielu rodzajów umiejętności oraz elementów wiedzy [24], takich jak np.: umiejętność rozumowania i wyrażania swoich myśli; umiejętność prawidłowego opisu zjawisk, ich rozumienie, w szczególności rozumienie, które parametry i w jakim zakresie ich zmienności opisują dane zjawisko, a także jakie muszą spełniać warunki odpowiednie parametry, aby zjawisko zaszło; znajomość definicji wielkości fizycznych; znajomość i rozumienie praw fizyki, w szczególności zakresu ich stosowalności, a także wynikania praw bardziej szczegółowych z bardziej ogólnych (np. praw mechaniki nierelatywistycznej

z praw mechaniki relatywistycznej), czy też rozumienie komplementarności praw mechaniki klasycznej i kwantowej; znajomość założeń teorii; znajomość rezultatów teorii i eksperymentu; znajomość metod pomiaru podstawowych stałych fizycznych; wycucie rzędu wielkości różnych parametrów opisujących zjawiska; umiejętność czytania formuł fizycznych ze względu na: a) sens fizyczny, np. analiza wymiarów, analiza znaków, wycucie, które wielkości są zależne od których; b) sens matematyczny, np. niesprzeczność, zgodność z odpowiednimi twierdzeniami, umiejętność dokonywania przejść granicznych i badania, do czego dąży dana formuła, gdy dany parametr zmierza do zera lub nieskończoności itd.; umiejętność wyprowadzania formuł i wyliczania wartości odpowiednich wielkości fizycznych; umiejętność dostrzegania sprzeczności lub niesprzeczności kompletu formuł, czy też umiejętność dostrzegania równoważności formuł, np. równoważności zapisu całkowego i zapisu różniczkowego równań Maxwella; umiejętność pracy w laboratorium; umiejętność pracy na komputerze.

Szczególnie ważną rolę w dydaktyce fizyki pełnią metody kontroli wiadomości i umiejętności [24-26]. Muszą one być obiektywne. Jednym z warunków obiektywności oceny jest unikanie tzw. pytań otwartych (np. „Co wiesz o prawach Maxwella?”) oraz formułowanie pytań w taki sposób, aby można było odpowiadać na nie w formie tzw. odpowiedzi bezpośrednich [25]. Takie warunki może spełniać w przypadku masowości kształcenia test [24-26], ale tylko wtedy, kiedy jest sensowny zarówno z punktu widzenia logiki [25], jak i fizyki. Jest to więc problem dla odpowiednich badań naukowych. Oczywiście w warunkach kształcenia indywidualnego, czy choćby w sytuacji, kiedy nauczyciel (profesor) miałby tylko kilku uczniów (studentów), dydaktyka mogłaby się stać bardziej wydajna (można by również rzec – luksusowa), metody kontroli zaś mogłyby polegać na licznych rozmowach i dyskusjach między nauczycielem a uczniami, a także na wspólnych eksperymentach w laboratorium, słowem: na wspólnej pracy naukowej.

W dobie obecnej bardzo wzrasta rola komputerów w dydaktyce fizyki (tak jak zresztą w samej fizyce). Chodzi tu nie tylko o symulację zjawisk, automatyzację eksperymentów czy też ana-

lizę danych doświadczalnych, lecz także o sieci komputerowe, przede wszystkim Internet, oraz o CD-ROM-y, na których są nagrane multimedialne podręczniki (z fizyki wciąż jest ich mało) i encyklopedie. Połączenie tekstu, obrazu, filmu dźwiękowego i animacji pozwala uczniowi (czy studentowi) zdobywać wiedzę w interaktywny sposób; nauka wówczas staje się zabawą. Należy także w miarę możliwości wykorzystywać programy naukowe i popularnonaukowe telewizji satelitarnej (np. program Space Night, nadawany przez BR-3 (Bayern)) oraz rodzimej.

Ważną sprawą – w Polsce wciąż nie w pełni docenioną – jest dokształcanie nauczycieli. Wydaje się, że w tej dziedzinie Wojewódzkie Ośrodki Metodyczne (WOM-y) powinny nawiązać znacznie bardziej ścisłą współpracę z wyższymi uczelniami. Dokształcanie nauczycieli przez ośrodki akademickie i WOM-y powinno się odbywać w sposób permanentny przez cały okres aktywności zawodowej każdego nauczyciela.

#### **8. Głęboka wiedza nauczyciela niezbędnym warunkiem efektywności dydaktyki fizyki**

Wykształcenie u uczniów i studentów tych różnych rodzajów umiejętności oraz elementów wiedzy w dziedzinie fizyki wymaga od nauczyciela, na każdym zresztą poziomie nauczania, podejścia naukowego we wszystkich wyżej wymienionych rodzajach dydaktyki fizyki, wymaga odpowiednio głębokiej wiedzy, gdyż tylko posiadając taką wiedzę nauczyciel może ją właściwie przekazać innym. Ta wiedza zresztą, na skutek interdyscyplinarności dydaktyki, musi wykraczać daleko poza ramy wyznaczone przez dziedzinę nauki, którą są nauki fizyczne. Musi ona w większym lub mniejszym stopniu obejmować również takie dyscypliny naukowe, jak m. in.: z dziedziny nauk matematycznych – matematykę, teorię informacji i informatykę, z dziedziny nauk technicznych – automatykę i robotykę, biocybernetykę i inżynierię biomedyczną, elektronikę i inżynierię materiałową, z dziedziny nauk chemicznych – biochemię, chemię, technologię chemiczną, z dziedziny nauk humanistycznych – filozofię (teorię poznania, logikę, metodykę i metodologię), historię (nauk przyrodniczych), semiotykę (semantykę), językoznawstwo, pedagogikę i psychologię (w szczególności psychologię procesów poznaw-

czych) czy wreszcie z dziedziny nauk medycznych – medycynę (w której wszystkie metody diagnostyczne i terapeutyczne dadzą się opisać w kategoriach pojęć i praw fizyki!). Znajomość elementów wyżej wymienionych (i innych) dyscyplin naukowych może być bardzo pomocna w procesie dydaktycznym w dziedzinie nauk fizycznych. Również wrażliwość na wszelkiego rodzaju sztuki i literaturę rozszerza horyzonty umysłowe nauczyciela i zapewne także pomaga mu w nauczaniu. Trzeba tu wyraźnie podkreślić, że wielcy fizycy, w szczególności laureaci Nagrody Nobla, odznaczali się i odznaczają bardzo szerokimi horyzontami umysłowymi i zainteresowaniami, co zresztą stanowi zapewne podstawę wysokiego poziomu dydaktycznego ich wykładów. Niechże oni (podobnie jak wspomniany na początku Jascha Heifetz) stanowią przykład (niestety, na ogół niedościgniony) i punkt odniesienia w dyskusjach o metodach i poziomie dydaktyki, kategorie zaś wyżej wymienionych (i innych) dyscyplin naukowych niech służą procesowi dydaktycznemu, także w pracach naukowych dotyczących dydaktyki nauk fizycznych. Trudne, w szczególności nowe, dziedziny fizyki, jak np. kosmologia czy nauka o nadprzewodnictwie, nastrożają specjalnych trudności dydaktycznych, które trzeba rozwiązać w sposób naukowy. Potrzeba nowych podręczników, w szczególności dla szkoły średniej. Chodzi tu o podręczniki nie z programami autorskimi, lecz o podręczniki fundamentalne, zawierające kanon współczesnej wiedzy fizycznej (patrz rozdz. 4). Oczywiście nic nie przeszkadza, aby były one napisane zrozumiale, żywo i atrakcyjnie. Nie trzeba tu dodawać, że napisanie takich podręczników wymaga ogromnej wiedzy i odpowiedniego podejścia naukowego. Takie podręczniki stają się wprost dziełami naukowymi, że przytoczymy przykład podręcznika akademickiego autorstwa Feynmana. Co do wyżej wymienionych rodzajów umiejętności i elementów wiedzy, które należy wykształcić u naszych uczniów i studentów, to nie są one dane raz na całe życie. Studenci i uczniowie muszą wciąż ćwiczyć się w nich i pogłębiać je, aby móc w swoim dalszym życiu prowadzić badania naukowe i z kolei uczyć innych. To dotyczy zresztą wszystkich fizyków na każdym etapie ich rozwoju i na każdym szczeblu ich kariery zawodowej.

Rodzaje umiejętności i elementy wiedzy, które przekazujemy w procesie dydaktycznym, formują,

albo przynajmniej powinny formować, przyszłego badacza i nauczyciela. On będzie już mówił językiem dydaktyki fizyki i w tym języku będzie nauczał, jeśli będzie potrzeba. W tym języku będzie wyrażał swoje myśli, opisywał zjawiska, formułował hipotezy i teorie, a także objaśniał wyniki swoich (i cudzych) badań. Widać zatem, że nieodłącznym elementem fizyki i zarazem motorem postępu jest opisywanie i wyrażanie w odpowiednim języku (w języku dydaktyki fizyki) tego, co obserwujemy, tego, co odkrywamy, tego, co wymyślamy, wreszcie tego, czego się sami nauczyliśmy.

## 9. Istota dydaktyki fizyki

Czymże zatem jest dydaktyka fizyki? Nie tylko nauczaniem jak formułować myśli, hipotezy, teorie, słowem – stwierdzenia o przyrodzie, lecz także samym formułowaniem tych myśli, hipotez, teorii czy stwierdzeń o przyrodzie. A to ostatnie robi przecież twórczy badacz przyrody, czyli fizyk. Robi to oczywiście nie tylko dla siebie, lecz także dla innych, ponieważ badania naukowe i ich wyniki muszą być wyrażone i opisane w języku zrozumiałym dla innych, w języku, który nazwaliśmy wyżej językiem dydaktyki fizyki; ich treść musi być po prostu przekazana innym.

Każdy twórczy fizyk z natury rzeczy jest – a właściwie musi być – dydaktykiem, gdyż to, co robi, co osiąga, musi przekazywać innym. Nie każdy zresztą zdaje sobie sprawę, że tak jest, a poza tym nie każdy umie to robić właściwie. Dydaktyka fizyki może sprawić, że nasi uczniowie i studenci nie tylko będą znali elementy fizyki, lecz także będą umieli je przekazywać w każdym aspekcie. Prawdziwa wiedza fizyczna zresztą zawiera w sobie umiejętność jej wyrażenia, jej sformułowania, jej wyłożenia. Ta umiejętność jest zarazem umiejętnością przekazu. Można zatem również rzec, że dydaktyka fizyki jest sztuką przekazu wiedzy fizycznej, stwierdzeń o przyrodzie, wyników naszych i cudzych badań, naszych i cudzych teorii, rozmyślań, naszych umiejętności eksperymentowania itd. Ta sztuka przekazu jest tak samo ważna jak wiedza fizyczna, jak sama fizyka, gdyż jest ona immanentnie związana z fizyką. Wiedza fizyczna istnieje – rozumując pragmatycznie – wtedy, kiedy ją przekazujemy, przekaz ten zaś jest motorem postępu. Jak dalece sztuka

przekazu może być dyscypliną twórczą, niech posłuży jako przykład z innej dziedziny fakt, że nie można odmówić siły twórczej pianinie Arturowi Rubinsteinowi, który nam przekazuje na koncercie dzieła np. Fryderyka Chopina.

Można próbować przedstawić język dydaktyki fizyki jako język naukowy, mający różne rejestry i poziomy, jako język nieodłączny od struktury i metodologii fizyki, jako język nieodłączny od samej fizyki, w szczególności nieodłączny od fizyki przedstawionej przy użyciu języka matematyki. Na przykład w odniesieniu do dydaktyki rozwiązywania zadań tekstowych można wyodrębnić język zadania oraz język rozwiązania zadania, wprowadzając ich rozmaite rejestry [5,6], które można zapisać również w pamięci komputera. Prócz rejestrów statycznych, porządkujących treść zadania i umożliwiających jej zapis w formie matematycznej, kluczową rolę w rozwiązywaniu zadania odgrywa rejestr dynamiczny [5], gdyż to w nim właśnie odbywa się kojarzenie formuł matematycznych, wyrażających treści fizyczne związane z zadaniem, wyprowadzanie tych formuł (jeśli to konieczne) i wreszcie kompletowanie tych formuł jako równań do liczby równej liczbie niewiadomych w zadaniu. Tu warto dodać, że wydaje się możliwe zastosowanie komputera do realizacji procesu rozwiązania zadania również w tym rejestrze.

Jak wspomniano wyżej, język dydaktyki fizyki to złożenie języka fizyki i metajęzyka języka fizyki, język fizyki zaś to złożenie języka matematyki i metajęzyka języka matematyki. Innymi słowy, język dydaktyki fizyki to złożenie języka matematyki, metajęzyka języka matematyki (m.in. interpretującego z punktu widzenia sensu fizycznego formuły matematyczne wyrażające prawa fizyki) oraz metajęzyka języka fizyki (m.in. wyjaśniającego przedmiot, strukturę i metodologię fizyki, a także opisującego zjawiska przyrody w kategoriach matematycznie sformułowanych praw fizyki). Relacja między tymi dwoma metajęzykami jest zapewne bardzo ścisła. Należy tu bowiem w konsekwencji przyjąć, że wspomniany wyżej metajęzyk języka fizyki składa się z metajęzyka języka matematyki oraz z metajęzyka metajęzyka języka matematyki, przy czym ten ostatni jest metajęzykiem wyższego stopnia w hierarchii niż metajęzyk języka mate-

matyki; ta hierarchia odnosi się do języka matematyki jako tzw. języka przedmiotowego. Może mieć ona w rzeczywistości więcej stopni metajęzyków, które mogłyby odpowiadać wspomnianym wyżej owym hipotetycznym rejestrom i poziomom języka dydaktyki fizyki. Język dydaktyki fizyki zatem składa się z języka matematyki oraz z hierarchii metajęzyków języka matematyki, przy czym hierarchia ta ma co najmniej dwa stopnie (ale raczej należy ich oczekiwać więcej). Możliwe jest też, że ta hierarchia metajęzyków języka matematyki tworzy jeden rozbudowany metajęzyk języka matematyki, ponieważ u podstaw wszystkiego, co się mówi o fizyce, tkwią prawa fizyki, a one przecież mają formę matematyczną. W takim przypadku można by praktycznie uznać, że język dydaktyki fizyki jest tożsamy z językiem fizyki. Właśnie w języku dydaktyki fizyki dobry fizyk-nauczyciel pojmuje i opisuje przyrodę oraz przekazuje swoją wiedzę i jej ograniczenia swoim uczniom.

Do badań dotyczących różnych rodzajów dydaktyki fizyki, w szczególności do badań wspomnianej wyżej hierarchii metajęzyków języka matematyki (lub też owego rozbudowanego metajęzyka języka matematyki), musimy oczywiście stosować te same rygorystyczne standardy naukowości, jakie zwykle stosujemy do bardziej tradycyjnych badań naukowych.

## 10. Propozycje dotyczące programu wykładu z fizyki ogólnej

Program ten powinien opierać się na kanonie współczesnej wiedzy fizycznej (patrz rozdz. 4), tj. jasno określać przedmiot fizyki oraz obejmować pełny zbiór fundamentalnych praw, teorii i charakterystyk fizyki. Zarówno dla szkoły wyższej, jak i dla szkoły średniej mógłby obowiązywać w zasadzie ten sam program, ale wykład powinien odpowiednio różnić się stopniem popularyzacji. Obecnie bowiem istnieje potrzeba popularyzacji sformułowań wielu idei, praw i teorii należących do kanonu współczesnej wiedzy fizycznej, aby móc przekazać uczniom i studentom ten kanon przynajmniej w zamierzonym zarysie. Od wielu pokoleń przywykliśmy przecież do takiej popularyzacji w programie szkolnym, że wspomnę tu tylko o II zasadzie dynamiki Newtona, której szkolna, spopularyzowana wersja (formuła, że masa razy przyspieszenie równa się sile) różni się

dość znacznie od ścisłego sformułowania (równanie różniczkowe zwyczajne drugiego stopnia z warunkami początkowymi; nawiasem mówiąc, tylko to ścisłe sformułowanie pozwala na dyskusję o determinizmie mechaniki klasycznej). Oto kilka komentarzy do omawianego tu programu.

W wykładzie z fizyki ogólnej trzeba m.in. podkreślić rolę zasad zachowania i to zarówno tych ścisłych (wielkich), jak i przybliżonych (małych) [8-21]. Należy omówić lokalność i nielokalność zasad zachowania w związku z zasadą względności Einsteina [9,11]. Należy ukazać, że zmiany pewnych wielkości fizycznych mogą być ciągłe, innych zaś skwantowane, oraz że jedne wielkości fizyczne są źródłami pola, inne nie (przynajmniej na razie nie znamy tych pól). Trzeba wprowadzić pojęcie układu odizolowanego (zamkniętego), które jest nieodłączne od zasad zachowania. Wykład z fizyki ogólnej powinien również traktować o symetrii praw fizyki. Tu trzeba podać ogólną definicję symetrii, a także m.in. definicję symetrii czasowej, translacyjnej, odbić i obrotów, definicję sprzężenia ładunkowego, sformułowanie zasady względności, trzeba podkreślić nierozzerwalną więź przestrzeni i czasu, niezmienniczość praw fizyki względem zmiany skali, a także wspomnieć o przykładach asymetrii praw fizyki. Jedną z najbardziej frapujących właściwości przyrody jest związek między zasadami zachowania a symetriami. Powinien on znaleźć należyte miejsce w programie wykładu [16]. Fundamentalne twierdzenia matematyki niemieckiej E. Noether dotyczą właśnie tego związku. Podobnie jak prawa przyrody są korelacjami między zdarzeniami (zjawiskami), tak zasady symetrii są korelacjami między prawami przyrody [9].

Trzeba także omówić w wykładzie odwracalność i nieodwracalność procesów w przyrodzie. Zdarzenia naszego świata są nieodwracalne w tym sensie, że ich rozwój w jednym kierunku – chociaż możliwy i niesprzeczny z prawami fizyki – jest bardzo mało prawdopodobny. Nieodwracalność procesów przyrody jest właściwie pozorna, gdyż nie wynika z nieodwracalności podstawowych praw fizyki [9,11]. Fizyka współczesna opiera się na dwóch podstawach, mianowicie na relatywistycznym obrazie świata oraz na kwantowym obrazie

(mikro)świata. W wykładzie fizyki ogólnej należy zatem omówić podstawy mechaniki relatywistycznej, tj. doświadczenie Michelsona-Morleya, problem niezmienniczości równań Newtona i równań Maxwella względem transformacji Galileusza i Lorentza, lorentzowskie skrócenie długości, lorentzowskie wydłużenie czasu, składanie prędkości, równoważność masy i energii oraz grawitację w ogólnej teorii względności [19]. Trzeba również omówić podstawy mechaniki kwantowej, tj. przyczynowość, przypadek, prawdopodobieństwo, eksperymenty myślowe Feynmana, dualizm falowo-cząstkowy i zasadę nieoznaczoności Heisenberga [8-15,17-21]. Z punktu widzenia mechaniki kwantowej należy opisać przemianę adiabaticzną, ciepło właściwe, promieniowanie ciała doskonale czarnego, oscylator harmoniczny, atom wodoru [9]. Trzeba przedyskutować statystyki Bosego-Einsteina i Fermiego-Diraca, wspomnieć o fizyce kwantowej próżni, czy wreszcie poruszyć aspekty filozoficzne w fizyce, np. porównać deterministyczny charakter praw mechaniki klasycznej oraz indeterministyczny (statystyczny) charakter praw mechaniki kwantowej [8,9].

Wreszcie trzeba wyraźnie podkreślić, że doświadczenie jest nie tylko pierwszym, lecz także ostatnim i ostatecznym etapem poznania w tym sensie, że weryfikuje wszystkie nasze poglądy na świat, w szczególności wszelkie teorie i hipotezy dotyczące przyrody. Dlatego też cały kurs fizyki powinien być ilustrowany pokazami i opisami doświadczeń, a także pokazami i opisami praktycznych zastosowań fizyki. Oczywiście do tych pokazów należy wykorzystać także symulacje i animacje komputerowe oraz filmy wideo.

## 11. Wiedza o przyrodzie częścią składową kultury współczesnej

Trzeba sobie jasno zdać sprawę z tego, że fizyka, chemia, astronomia, geologia, biologia, medycyna i ich pochodne są działami jednej, wielkiej nauki o przyrodzie, która jest także fundamentem wszystkich nauk technicznych. Ta właśnie nauka o przyrodzie oraz wiedza przez nią zgromadzona tworzą nasz naukowy pogląd na świat. Rozwój nauki, w szczególności rozwój fizyki kwantowej, doprowadził do konieczności zmiany naszego poglądu na definicję nauki. Dzisiaj możemy bowiem mówić o wiarygodności nauki, która ist-

nieje, mimo że w jednych i tych samych warunkach mogą być różne rezultaty eksperymentu [9].

Biorąc powyższe pod uwagę, wydaje się, że zakres tego, co się nazywa kulturą jednostki i społeczeństwa, powinien być wzbogacony o wiedzę o zjawiskach przyrody, o prawach rządzących nimi, jak również o pięknie tych zjawisk i praw [27].

## 12. Dydaktyka fizyki jako nauka

Jak widać z powyższego, dydaktyka fizyki (nauk fizycznych) jest dyscypliną naukową tym bardziej, że można odnośnie do niej wyróżnić wszystkie najważniejsze aspekty, jakie posiada nauka [28-40], a przede wszystkim: aspekt historyczno-geograficzny (zbiór problemów poznawczych i praktycznych oraz metod ich stawiania i rozwiązywania kształtował się w odniesieniu do dydaktyki fizyki przez wieki i to w różnych krajach Europy różnie; zaś stosunkowo od niedawna również w obu Amerykach, Australii i na innych kontynentach); aspekt statyczny (gromadzona wiedza oraz metodologia umiejętności praktycznych); aspekt dynamiczny (działalność pracowników naukowych); aspekt treściowy (uporządkowanie zasobów wiedzy, abstrakcje, idealizacje); aspekt metodologiczny (dydaktyka fizyki obejmuje metodologię i tworzy system metod); aspekt strukturalny (dydaktyka fizyki doskonale mieści się w strukturze nauki właśnie jako dyscyplina naukowa w ramach dziedziny nauki „nauki fizyczne”); aspekt językowy (bada się omówiony wyżej język dydaktyki fizyki); aspekt aksjologiczny (w dydaktyce etyka może odgrywać szczególną rolę); aspekt systemowy (dydaktyka fizyki może być uwikłana w sprawy polityki, gospodarki i ideologii); aspekt psychologiczny (psychologia nauki interesuje się twórczością naukową, motywacją naukowca, jego formacją psychologiczną, typologią, rozróżniając takie typy naukowców jak: teoretyk, empiryk, systematyk, organizator, krytyk, przyczynkarz, pomocnik, katalizator, nauczyciel, popularyzator; typy te reprezentują sposób uczestnictwa w nauce, przy czym każdy z nich może być twórczy. Dydaktyka fizyki – aby być skuteczną – musi zawierać w sobie elementy psychologii nauki); aspekt socjologiczny (dydaktykę fizyki rozwijają wysoko kwalifikowane kadry także w pracy zespołowej); aspekt organizacyjny (dy-

daktyka fizyki rozwijana jest zarówno w organizacjach państwowych, jak i społecznych lub prywatnych); aspekt ideologiczny (dydaktyka może być – niestety – także wykorzystywana przez aparat władzy, zwłaszcza władzy totalitarnej); aspekt polityczny (dydaktyka bywa powiązana z władzami państwowymi, z parlamentem, z centralnymi instytucjami administrującymi organizacjami naukowymi); aspekt ekonomiczny (ewentualne finansowanie pewnych poczynań dydaktyki fizyki mogących przynieść korzyści materialne).

Pozostał jeszcze aspekt prawny, który w odniesieniu do dydaktyki fizyki pozostawia w naszym kraju wiele do życzenia. Nie ma tu bowiem obowiązujących procedur zdobywania stopni naukowych i przyznawania tytułu naukowego. Nie ma także – jak dotąd – zadowalających kryteriów, które by pozwoliły na rzetelną ocenę dorobku naukowego pracownika nauki, a zwłaszcza porównanie osiągnięć naukowców z różnych dziedzin nauki. Konieczne jest zatem uzyskanie przez dydaktykę fizyki w naszym kraju statusu prawnego dyscypliny naukowej. Jest to tym bardziej ważne, że jedną z głównych przyczyn kryzysu dydaktyki fizyki w Polsce jest właśnie brak tego statusu [41].

## Literatura

- [1] I. Babel, *Sochinenia (Khudozhestviennaya Literatura, Moskva 1991.*
- [2] J. Warczewski, „Moja koncepcja nauczania fizyki na przełomie XX i XXI wieku”, w: *Dydaktyka i Metodologia fizyki, Dylematy nauczania fizyki*, t. 1 (Wydawnictwo WOM, Kraków 1994), s. 84.
- [3] J. Warczewski, „Aspects and Requirements of Natural Science Education in the XX1st Century”, w: *Proc. Int. Conf. Advances in Modern Natural Sciences INTERNAS '97*, June 24-27, 1997, Kaluga, Russia, s. 10.
- [4] J. Warczewski, „Dydaktyka fizyki, struktura i metodologia fizyki oraz sama fizyka są nierozłączne”, w: *Materiały XXXIV Zjazdu Fizyków Polskich* (Katowice 1997), s. 184.
- [5] J. Warczewski, „O rejestrze dynamicznym języka rozwiązania zadania tekstowego z fizyki”, *Perspektywy kształcenia nauczycieli fizyki*, Problemy Studiów Nauczycielskich, zesz. 10 (Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków 1997), s. 100.
- [6] J. Warczewski, „Solving the Problems in Physics. On the Solution Language and its Registers”, w: *Colloque A.I.R.P.E.*, Université de l'Etat à Mons, Belgique (1984).



- [7] J. Warczewski, „Kinds of the didactics of physics and their language”, w: *EPS 10 Trends in Physics, 10th General Conference of the European Physical Society*, September 9-13, 1996, Sevilla, Spain, s. 169.
- [8] R. Feynman, R. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki*, t. 1-3 (PWN, Warszawa 1963).
- [9] R. Feynman, *The Character of Physical Law* (London 1965).
- [10] L.D. Landau, A.I. Kitaigorodsky, *Physics for Everyone*, Book 1-4 (Moscow 1984).
- [11] R.E. Peierls, *Prawa przyrody* (PWN, Warszawa 1963).
- [12] W. Heisenberg, *Fizyka a filozofia* (Książka i Wiedza, Warszawa 1965).
- [13] W. Heisenberg, *Część i całość* (PIW, Warszawa 1987).
- [14] S.W. Hawking, *Krótką historia czasu* (Zysk i S-ka, Poznań 1996).
- [15] D. Bohm, *Przyczynowość i przypadek w fizyce współczesnej* (Książka i Wiedza, Warszawa 1961).
- [16] V.P. Vizgin, *Razvitje vzaimosvyazi principov inwariantnosti z zakonami sokhraneniya v klassiceskoj fizike* (Moskwa 1972).
- [17] L. de Broglie, *La physique nouvelle et les quanta* (Flammarion, Paris 1960).
- [18] M. von Laue, *Historia fizyki* (PWN, Warszawa 1960).
- [19] A. Einstein, *The meaning of relativity* (Princeton University Press, 1955).
- [20] C.F. von Weizsäcker, J. Juilfs, *Fizyka współczesna* (PWN, Warszawa 1963).
- [21] R. Penrose, *Makroświat, mikroświat i ludzki umysł* (Prószyński i S-ka, Warszawa 1997).
- [22] W. Wayt Gibbs, „Poza granicami fizyki”, *Świat Nauki*, październik 1998, s. 11.
- [23] W. Tatariewicz, *Historia filozofii*, t. 1-3 (PWN, Warszawa 1961).
- [24] J. Warczewski, „Przykład testowej kontroli wiadomości z fizyki na wyższych uczelniach technicznych”, *Technologia Kształcenia* 8, 99 (1976).
- [25] T. Kubiński, *Wstęp do logicznej teorii pytań* (PWN, Warszawa 1971).
- [26] J. Warczewski, „On the Application of the Logical Theory of Questions to the Examination Tests in Physics”, *Proc. World Congress in Education*, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada (1981), s. 464.
- [27] J. Warczewski, „The knowledge of the fundamental laws of physics – an indispensable element of our contemporary culture”, *Proc. Int. Conf. Technology and Education*, Kolymbari Chania, Greece (1987), s. 33.
- [28] M. Weber, *Polityka jako zawód i powołanie* (Niezależna Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1989), s. 40.
- [29] T. Kuhn, *Dwa bieguny: tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych* (PIW, Warszawa 1985).
- [30] S. Amsterdamski, *Nauka a porządek świata* (PWN, Warszawa 1983).
- [31] S. Kamiński, *Nauka i metoda, pojęcie nauki i klasyfikacja nauk* (Towarzystwo Naukowe KUL, Lublin 1992).
- [32] T. Kotarbiński, *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk* (Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1961).
- [33] J. de Solla Price, *Mała nauka – wielka Nauka* (PWN, Warszawa 1967).
- [34] K.R. Popper, *Logika odkrycia naukowego* (PWN, Warszawa 1977).
- [35] L. Fleck, *Powstanie i rozwój faktu naukowego* (Wydawnictwo Lubelskie, Lublin 1986).
- [36] K.R. Popper, *Wiedza obiektywna. Ewolucyjna teoria epistemologiczna* (PWN, Warszawa 1992).
- [37] J. Goćkowski, M. Sikora, *Modele nauki* (Poznań 1993).
- [38] T. Pszczołowski, „Nauka”, *Nowa Encyklopedia Powszechna PWN*, t. 4 (PWN, Warszawa 1996), s. 406.
- [39] K. Ajdukiewicz, *Logika pragmatyczna* (PWN, Warszawa 1975).
- [40] K. Ajdukiewicz, *Język i poznanie* (PWN, Warszawa 1985).
- [41] J. Warczewski, „Czy dydaktyka fizyki będzie wreszcie uznana prawnie jako dyscyplina naukowa? O dydaktyce fizyki”, *Biuletyn Informacyjny Centralnego Ośrodka Metodycznego Studiów Nauczycielskich w WSP w Krakowie*, nr 13/14, 52 (1999).

## Postęp w syntezie najcięższych jąder\*

Adam Sobiczewski

*Instytut Problemów Jądrowych im. A. Soltana, Warszawa*

---

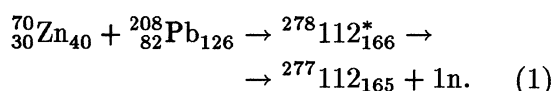
### Progress in the synthesis of heaviest nuclei

**Abstract:** Synthesis of two isotopes of the new element 114, performed in Dubna by irradiation of two isotopes of plutonium:  $^{242,244}\text{Pu}$  by heavy isotope of calcium:  $^{48}\text{Ca}$ , is shortly described.

---

#### 1. Wstęp

Pierwiastek 112 otrzymany został w Instytucie Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadcie (Niemcy) w lutym 1996 r. [1]. W *Postęпах Fizyki* wyniki tej syntezy opisane zostały w pracy [2], a szczegółowy opis eksperymentu, w jakim syntezę takiej się obecnie dokonuje – w artykule [3]. Pierwiastek ten zsyntetyzowany został w reakcji



Jest to przykład tzw. reakcji chłodnej, w której energia wzbudzenia jądra złożonego (w tym wypadku  $^{278}\text{112}$ ), powstającego przez połączenie się jądra tarczy z jądrem pocisku, jest stosunkowo mała (ok. 10 MeV), wystarczająca do wyemitowania zaledwie jednego neutronu (1n). Pochodzi to z użycia jako tarczy bardzo silnie związanych jąder  $^{208}\text{Pb}$ . Przekrój czynny, charakteryzujący prawdopodobieństwo zajścia tej reakcji wyniósł 1 pb (pikobarn,  $10^{-36}$  cm<sup>2</sup>). Próba syntezy pierwiastka 113 w bardzo podobnej reakcji (jedynie przy zastąpieniu  $^{208}\text{Pb}$  sąsiednim nuklidem  $^{209}\text{Bi}$ ), podjęta w 1998 r. przez tę samą grupę, nie

powiodła się [4]. Pozwoliła jedynie ocenić przekrój czynny na ten proces jako mniejszy od 0,6 pb.

W Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych (ZIBJ) w Dubnej do syntezy najcięższych jąder stosuje się ostatnio jako pociski silnie związane jądra ciężkiego izotopu wapnia:  $^{48}\text{Ca}$ , a tarcze dobiera się zależnie od tego, co chcemy osiągnąć. Są to z reguły tarcze dużo cięższe od ołowiu  $^{208}\text{Pb}$ , dużo słabiej od niego związane i o większym nadmiarze neutronów. Prowadzi to do reakcji „średnio gorących”, w których jądro złożone jest silniej wzbudzone (energia wzbudzenia wynosi ok. 30 MeV) niż w reakcji chłodnej i pozwala na wyemitowanie przez nie ok. 3 neutronów. W reakcjach „gorącej” syntezy zaś, gdy nie tylko jądra tarczy, ale i pocisków są słabo związane, energia jądra wzbudzonego jest większa (ok. 45 MeV) i wystarcza do wyemitowania ok. 5 neutronów. Reakcje z użyciem  $^{48}\text{Ca}$  jako pocisków pozwalają na uzyskanie najcięższych jąder o bardzo dużej liczbie neutronów. Dla przykładu, wytworzony w Darmstadcie w 1996 r. izotop pierwiastka 112:  $^{277}\text{112}$  [1] ma 165 neutronów, podczas gdy wytworzony na początku 1998 r. w Dubnej izotop  $^{283}\text{112}$  [5] ma ich o 6 więcej.

---

\*Skrócona wersja referatów wygłoszonych 15 kwietnia 1999 r. w Instytucie Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego w Krakowie oraz 12 maja 1999 r. w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego.

W grudniu 1998 r. doniesiono z Dubnej o syntezie pierwiastka 114 (izotop  $^{289}\text{114}$ ) [6], a w kwietniu 1999 r. – o wytworzeniu izotopu  $^{287}\text{114}$  tego pierwiastka [7].

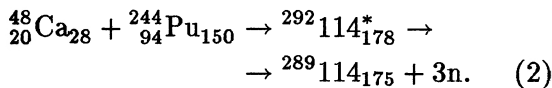
Celem niniejszego artykułu jest zapoznanie Czytelników z treścią tych doniesień.

## 2. Wyniki

Oba izotopy pierwiastka 114 otrzymane zostały w Dubnej, w Laboratorium Reakcji Jądrowych im. G.N. Florowa, przy użyciu tamtejszego akceleratora ciężkich jonów U400. Izotop cięższy wytworzony został we współpracy z grupą amerykańską z Laboratorium im. Lawrence'a w Livermore (Kalifornia), a lżejszy – z grupą międzynarodową, obejmującą fizyków z Niemiec, Słowacji, Włoch i Japonii.

### 2.1. Izotop $^{289}\text{114}$

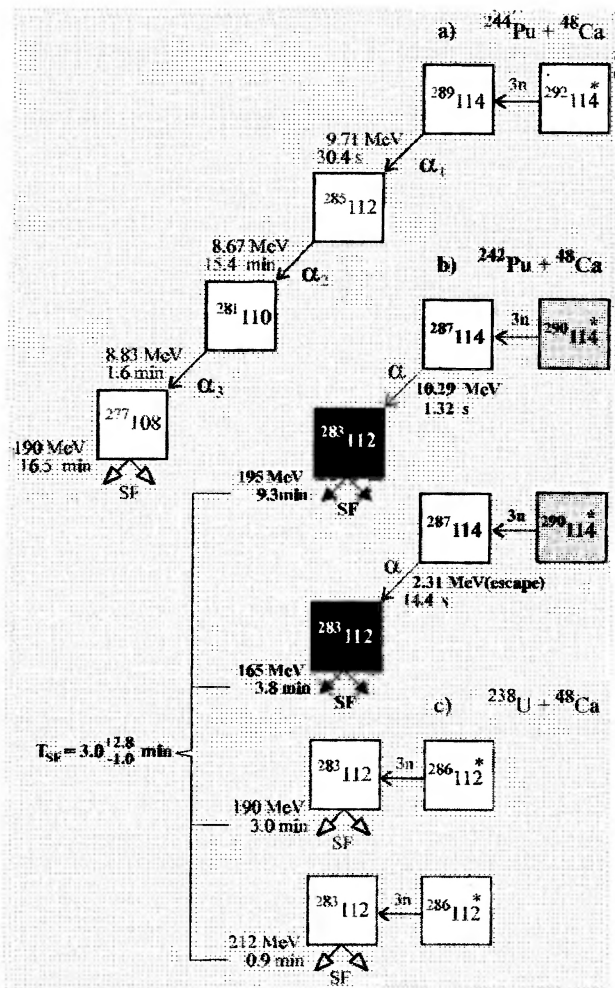
Izotop ten został otrzymany w reakcji



Eksperyment trwał 40 dni w ciągu listopada i grudnia 1998 r. Przyspieszane były 5-krotnie zjonizowane atomy wapnia ( ${}^{48}\text{Ca}^{+5}$ ) do energii 236 MeV. Średnie natężenie wiązki wynosiło  $4 \times 10^{12}$  atomów/s, a całkowita dawka w ciągu całego eksperymentu wyniosła  $5,2 \times 10^{18}$  atomów. Zaobserwowano jeden przypadek łańcucha genetycznego (tj. czasowej sekwencji wydarzeń zachodzących w tym samym miejscu detektora – por. np. [3]). Łańcuch składał się z 4 wydarzeń: 3 rozpadów  $\alpha$  oraz jednego samorzutnego rozszczepienia, kończącego łańcuch. Zmierzone energie kinetyczne kolejnych cząstek  $\alpha$  wyniosły odpowiednio: 9,71 MeV; 8,67 MeV; 8,83 MeV, a czasy życia odpowiednich jąder: 30,4 s; 15,4 min; 1,6 min. Czas życia ostatniego jądra, które uległo rozszczepieniu, wyniósł 16,5 min. Dane te przedstawione są na rys. 1a. Wszystkie te zmierzone czasy są bardzo długie. Dla jąder  $^{285}\text{112}$  i  $^{281}\text{110}$  są one o 5–6 rzędów wielkości większe od czasów zmierzonych uprzednio dla izotopów o 8 neutronów lżejszych, tj. dla jąder  $^{277}\text{112}$  [1] i  $^{273}\text{110}$  [8]. Świadczyłoby to o zbliżaniu się do zamknięcia silnej powłoki neutronowej przy liczbie neutronów  $N = 184$ , przewidzianej teoretycznie w latach sześćdziesią-

tych, przy użyciu realistycznych potencjałów jednocząstkowych.

Dużym problemem, utrudniającym identyfikację łańcucha, jest to, że żadne z jego ogniw nie było znane wcześniej. Jest to cena, jaką się płaci za duży skok w liczbie nukleonów (12) w stosunku do najcięższego jądra  $^{277}\text{112}$ , dla którego taki jednoznacznie identyfikowany (przez aż 4 lub 5 jąder lżejszych) łańcuch występował [1]. Ten skok, bardzo ciekawy ze względu na nowość niemal wszystkiego, co zostało zaobserwowane, wyprowadza nas jednak na „ziemię” zupełnie nieznaną. Nieznane wcześniej były wszystkie jądra zaobserwowanego łańcucha i nieznane wciąż są jądra z najbliższego jego otoczenia.

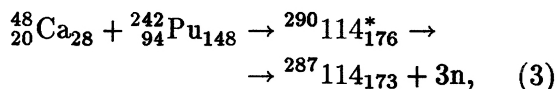


Rys. 1. Łańcuchy genetyczne otrzymane przy syntezie jądra  $^{289}\text{114}$  (a), jądra  $^{287}\text{114}$  (b), i jądra  $^{283}\text{112}$  (c) [7].

Obserwacja tylko jednego przypadku jądra  $^{289}\text{114}$ , przy znanej (podanej powyżej) dawce pocisków, oznacza, że przekrój czynny na zajście reakcji (2) wynosi ok. 1 pb.

2.2. Izotop  $^{287}_{114}$ 

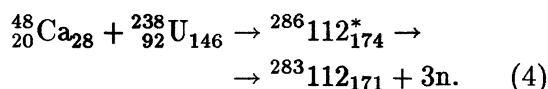
Ten izotop wytworzony został w reakcji



tj. analogicznej do reakcji (2), tylko z użyciem jako tarczy  $^{242}\text{Pu}$  zamiast  $^{244}\text{Pu}$ . Eksperyment trwał 32 dni w ciągu marca i kwietnia 1999 r., w warunkach (energia i natężenie wiązki jonów  $^{48}\text{Ca}$ ) bardzo zbliżonych do warunków opisanych powyżej, w jakich wytworzono izotop  $^{289}_{114}$ . Zaobserwowano dwa przypadki łańcucha genetycznego, składającego się z jednego rozpadu  $\alpha$  i jednego samorzutnego rozszczepienia, kończącego łańcuch. W jednym przypadku zmierzona energia kinetyczna cząstki  $\alpha$  wyniosła 10,29 MeV, a czas życia jądra – 1,32 s. Czas życia jądra-córki ( $^{283}_{112}$ ), które uległo rozszczepieniu wyniósł 9,3 min (a więc bardzo długi), a całkowita energia kinetyczna fragmentów rozszczepienia (zaobserwowanych w koincydencji) – 195 MeV. W przypadku drugim, całkowita energia kinetyczna cząstki  $\alpha$  nie została zmierzona (cząstka ta uciekła z detektora, pozostawiając w nim tylko część swojej energii kinetycznej). Czas życia jądra wyniósł 14,4 s, a jądra-córki, które uległo rozszczepieniu – 3,8 min. Pomiar całkowitej energii kinetycznej fragmentów rozszczepienia dał 165 MeV. Wyniki te podane są na rys. 1b. Dla przekroju czynnego na zajście reakcji (3) otrzymano wartość ok. 2,5 pb.

Korzystną okolicznością jest to, że obserwowana w Dubnej w 1998 r. rozszczepieniowa aktywność o czasie życia kilku minut była interpretowana jako samorzutne rozszczepienia jądra  $^{283}_{112}$  [5]. W ten sposób nuklid  $^{283}_{112}$  otrzymany był na dwóch drogach, co wzmacnia w pewnym stopniu argumentację o poprawności interpretacji wyników obu eksperymentów [5] i [7], mimo że rozszczepienie dużo słabiej identyfikuje jądro, niż rozpad  $\alpha$ , przy którym dokładnie mierzona energia kinetyczna cząstki  $\alpha$  jest bardzo charakterystyczna dla jądra.

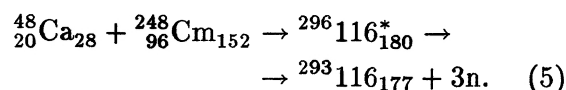
Ta minutowa aktywność, zaobserwowana w 1998 r. [5], otrzymana była w reakcji



Zaobserwowane zostały dwa przypadki. Otrzymane dla nich wyniki zilustrowane są na rys. 1c. Przekrój czynny wyniósł 5 pb.

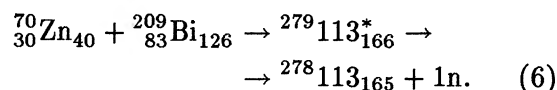
## 3. Dalsze perspektywy

W związku z opisanymi trudnościami interpretacyjnymi można oczekiwać, że bardzo interesujące eksperymenty dubieńskie, prowadzące znacznie dalej ku jądrom cięższym niż to było dotychczas, będą miały dalszy ciąg, mający na celu potwierdzenie poprawności interpretacji wyników (identyfikacji otrzymanych jąder) i poznanie jąder sąsiednich. Jedną z możliwości, proponowaną przez samych autorów dubieńskich [9], byłaby synteza pierwiastka 116 w reakcji



Można bowiem zauważyć, że jeśli jądro  $^{293}_{116}$  wyemituje cząstkę  $\alpha$ , czego się spodziewamy, to dostaniemy znowu, ale tym razem na innej drodze, jądro  $^{289}_{114}$  (i cały jego łańcuch genetyczny), otrzymane w reakcji (2). Przeprowadzenie reakcji (5) byłoby więc nie tylko odkryciem nowego pierwiastka 116, ale także otrzymaniem na innej drodze łańcucha genetycznego z rys. 1a, a tym samym istotnym wzmocnieniem argumentacji za poprawnością jego identyfikacji w opisanym powyżej eksperymencie syntezy pierwiastka 114.

W Instytucie GSI w Darmstadtce trwają wciąż prace nad podniesieniem efektywności układu eksperymentalnego, by móc zsyntetyzować pierwiastek 113 [10]. Byłby on otrzymany w reakcji chłodnej syntezy



Do prac nad syntezą najcięższych pierwiastków powraca także, po długiej przerwie, Laboratorium Lawrence'a w Berkeley, w którym w dotychczasowej historii tych pierwiastków odkryto najwięcej pierwiastków transuranowych. Niewykluczone, że zostaną tam powtórzone eksperymenty dubieńskie.

Równoległe z badaniami doświadczalnymi trwają również prace teoretyczne nad jądrami najcięższymi. Obok metod makroskopowo-mikroskopowych (np. [11-13]) stosowane są ostatnio także metody samozgodne typu Hartree'ego-Focka

(np. [14]) czy relatywistycznego średniego pola (np. [15]).

Postępują także badania chemiczne (por. np. [16]). Ponieważ do tych badań potrzebne są znacznie dłuższe czasy życia (powyżej ok. 1 s) niż do badań fizycznych, najcięższym pierwiastkiem, dla którego udało się dotychczas poznać niektóre własności chemiczne jest pierwiastek 106 (seaborg, Sg). Jest możliwe, że badany będzie w niedalekiej przyszłości pierwiastek 107 (bohr, Bh).

Pragnę podziękować autorom opisanych eksperymentów, a szczególnie Profesorowi Yu.Ts. Oganessianowi, za dyskusję ich szczegółów.

[Dodane przy korekcie: Po napisaniu tego artykułu otrzymaliśmy wiadomość z Berkeley, że przy naświetlaniu ołowiu  $^{208}\text{Pb}$  jądrami kryptonu  $^{86}\text{Kr}$  zaobserwowano tam trzy przypadki długiego łańcucha genetycznego, złożonego z 6 rozpadów  $\alpha$ . Łańcuchy interpretowane są jako rozpad izotopu  $^{293}118$ , a zmierzone wielkości dobrze zgadzają się z przewidywaniami teoretycznymi. Bliższe szczegóły podamy w najbliższym zeszycie *Postępów Fizyki – A.S.*]

## Literatura

- [1] S. Hofmann i in., *Z. Phys. A* **354**, 229 (1996).
- [2] A. Sobiczewski, *Postępy Fizyki* **47**, 495 (1996).
- [3] P. Armbruster, S. Hofmann, A. Sobiczewski, *Postępy Fizyki* **46**, 431 (1995).
- [4] S. Hofmann, *Acta Phys. Pol. B* **30**, 621 (1999).
- [5] Yu.Ts. Oganessian i in., *Eur. Phys. J. A* (1999), w druku.
- [6] Yu.Ts. Oganessian i in., *Phys. Rev. Lett.* (1999), posłane do druku.
- [7] Yu.Ts. Oganessian i in., *Nature* (1999), posłane do druku.
- [8] Yu.A. Lazarev i in., *Phys. Rev. C* **54**, 620 (1996).
- [9] Yu.Ts. Oganessian, wiadomość prywatna (1999).
- [10] S. Hofmann, wiadomość prywatna (1999).
- [11] R. Smolańczuk, J. Skalski, A. Sobiczewski, *Phys. Rev. C* **52**, 1871 (1995).
- [12] R. Smolańczuk, *Phys. Rev. C* **56**, 812 (1997).
- [13] A. Staszczak, Z. Łojewski, A. Baran, B. Nerlo-Pomorska, K. Pomorski, *Proc. 3rd Int. Conf. on Dynamical Aspects of Nuclear Fission*, Casta-Papiernicka (Słowacja) 1996, red. J. Kliman, B.I. Pustylnik (JINR, Dubna 1996), s. 22.
- [14] S. Ćwiok, J. Dobaczewski, P.-H. Heenen, P. Magierski, W. Nazarewicz, *Nucl. Phys. A* **611**, 211 (1996).
- [15] G.A. Lalazissis, M.M. Sharma, P. Ring, Y.K. Gambhir, *Nucl. Phys. A* **608**, 202 (1996).
- [16] A. Bilewicz, *Wiadomości Chemiczne* (1999), w druku.

---

---

## ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

---

---

### Szkoła i Sympozjum Akustooptyki

Siódma Międzynarodowa Wiosenna Szkoła Akustooptyki i jej Zastosowań, połączona z 3 Sympozjum Osiągnięć Akustooptyki (AA-O '98), odbyła się w dniach 18–22 maja 1998 r. w Wojskowym Centrum Rekreacyjnym „Jantar” w Juracie, tym samym, w którym odbyła się Szkoła piąta w 1992 r. i szósta w 1995 r.

Wiosenne Szkoły są organizowane co 3 lata począwszy od 1980 r. przez Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Gdańskiego (główny organizator prof. Antoni Śliwiński) we współpracy z Polskim Towarzystwem Akustycznym oraz Komitetem Akustyki PAN i są sponsorowane (od 1992 r.) przez KBN, MEN i przez Polską Sekcję SPIE (Międzynarodowego Towarzystwa Inżynierii Optycznej). Sympozja Osiągnięć Akustooptyki (AA-O) rozpoczęły się w Paryżu w 1996 r. jako coroczne spotkania Europejskiego Klubu Akustooptyki. Zgodnie z decyzją Klubu (podjętą na 2 Sympozjum w St Petersburgu w 1997 r.) 3 Sympozjum (AA-O '98) zostało zorganizowane razem z 7 Szkołą Akustooptyki przez Uniwersytet Gdański wspólnie z Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET – Bagneux, Francja) i było sponsorowane przez Europejskie Towarzystwo Optyczne (EOS).

Program połączonych spotkań był tak ułożony, że pierwsze 2 dni obejmowały prace zebrane w ramach AA-O '98; prace te zostały opublikowane jako oddzielny zeszyt wydany przez EOS w serii *Topical Meetings Digest Series 21* (1998).

Pełne teksty referatów i prac przedstawionych na połączonym spotkaniu zostały opublikowane w *SPIE Proceedings „Acoustooptics and Applications III”* (red. A. Śliwiński, B.B.J. Linde, P. Kwiek), Bellingham, USA, t. 3581, s. 1–408 (1998).

Połączone spotkanie zgromadziło ogółem 74 uczestników z 15 krajów. Przedstawiono 22 referaty plenarne (na zaproszenie), 25 referatów na podstawie prac własnych i 18 plakatów.

Na początku spotkania odbyła się sesja plenarna, poświęcona pamięci prof. Billa D. Cooka, uczonego amerykańskiego, zmarłego w 1997 r., który uczestniczył w 6 Wiosennej Szkole w Juracie w roku 1995, a znany jest środowisku akustooptyków jako jeden z twórców parametru Kleina-Cooka  $Q$ , powszechnie używanego w opisie problemów akustooptyki.

Tematyka spotkania obejmowała głównie fizyczne i techniczne aspekty oddziaływania światła oraz ultradźwięków w cieczech i ciałach stałych, ale część prac była poświęcona zagadnieniom fotoakustyki i mikroskopii akustycznej. Wykłady i prace dotyczyły problemów mechanizmów oddziaływania w zjawiskach refrakcji, dyfrakcji, modulacji i polaryzacji światła przechodzącego przez falę ultradźwiękową, jak również zastosowań wynikają-

cych z takiego oddziaływania. Przedstawiono również wybrane zagadnienia ze spektroskopii akustooptycznej i fotoakustycznej, a także zastosowania urządzeń akustooptycznych, takich jak deflektory, modulatory, filtry i inne procesory stosowane w optyce zintegrowanej, zagadnienia obróbki sygnałów, nowe materiały akustooptyczne, wizualizacja akustooptyczna i holograficzna, interferometria laserowa, tomografia akustooptyczna, metody fotoakustyczne i fototermiczne oraz ich zastosowania do badań materiałowych. Interesującą grupę stanowiły prace, które są związane z mikroskopią akustyczną i różnymi metodami badania np. kości czy innych materiałów biologicznych.

Na koniec spotkania zorganizowano dyskusję okrągłego stołu.

Następna, 8 Międzynarodowa Szkoła Akustooptyki i jej Zastosowań ma być zorganizowana w 2001 roku.

*Stanisław Zachara*

Instytut Fizyki Doświadczalnej UG  
Gdańsk

### SGS '98

W dniach 22–25 września 1998 r. w hotelu „Narcyz” w Ustroniu odbyło się pod auspicjami Sekcji Nauki o Powierzchni oraz Sekcji Cienkich Warstw Polskiego Towarzystwa Próżniowego I Międzynarodowe Seminarium „Semiconductor Gas Sensors – SGS '98”. Pomysłodawcą Seminarium oraz przewodniczącym Komitetu Naukowego i Organizacyjnego był J. Szuber, a głównym organizatorem – Zakład Fizyki Powierzchni Półprzewodników Instytutu Fizyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Przewodniczącym Międzynarodowego Komitetu Doradczego był W. Goepel z Uniwersytetu w Tybindze (Niemcy) – redaktor naczelny 9-tomowej serii monografii *Sensors – A Comprehensive Survey*.

Seminarium było pierwszym międzynarodowym, tematycznym spotkaniem specjalistów zajmujących się badaniami naukowymi z zakresu fizyki i technologii oraz zastosowań półprzewodnikowych czujników (sensorów) gazowych. Czujniki gazowe (m.in. półprzewodnikowe) służą do detekcji gazów toksycznych w układach monitoringu środowiska gazowego i opierają się na pomiarze zmian przewodnictwa elektrycznego (w obszarze przypowierzchniowym) cienkich lub grubych warstw materiałów półprzewodnikowych w obecności gazów aktywnych/toksycznych. Ogółem w Seminarium udział wzięło 70 osób, w tym blisko 50 uczestników zagranicznych z Białorusi, Finlandii, Francji, Hiszpanii, Izraela, Niemiec, Rosji, Rumunii, Ukrainy, Węgier i Włoch, oraz ponad 20 uczestników z Polski.



W ramach kilku sesji tematycznych wygłoszono łącznie 25 referatów na zaproszenie (w większości przeglądowych) na temat aktualnie prowadzonych badań doświadczalnych i teoretycznych w ośrodkach zagranicznych i krajowych.

Przedmiotem kilku sesji tematycznych pierwszego dnia Seminarium były główne kierunki w badaniach oraz zastosowaniach półprzewodnikowych czujników gazowych. Referaty przeglądowe przedstawili: W. Goepel z Uniwersytetu w Tybindze, C.-D. Kohl z Uniwersytetu w Giessen (Niemcy), V. Lantto z Uniwersytetu w Oulu (Finlandia), R. Lalauze z Państwowej Szkoły Górniczej w Saint-Etienne (Francja), G. Martinelli z Uniwersytetu w Ferrarze (Włochy) oraz W. Gołowanow z Uniwersytetu w Odessie.

Drugi dzień Seminarium zdominowała tematyka półprzewodnikowych materiałów tlenkowych. Referaty dotyczące najnowszych kierunków w technologii wytwarzania oraz kontroli własności cienkowarstwowych i grubowarstwowych tlenków półprzewodnikowych  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , oraz związków mieszanych wygłosili: J. de Agapito z Uniwersytetu w Madrycie, J. Morante z Uniwersytetu w Barcelonie, R. Ionescu z Instytutu Badań Materiałów w Bukareszcie, G. Faglia z Uniwersytetu w Brescii (Włochy), F. Reti z Politechniki w Budapeszcie, R. Larciprete z Centrum ENEA we Frascati (Włochy) oraz T. Rantala z Uniwersytetu w Oulu (Finlandia).

Najnowsze kierunki w technologii i badaniach półprzewodnikowych materiałów organicznych, w tym zwłaszcza ftalocyjanin metali przejściowych, były przedmiotem obrad trzeciego dnia Seminarium, w trakcie którego referaty wygłosili: A. de Haan z Politechniki w Mons (Belgia), A. Pauly z Uniwersytetu w Clermont-Ferrand (Francja), L. Ottaviano z Uniwersytetu w Aquili (Włochy), G. Pachomow z Uniwersytetu w Niżnym Nowgorodzie oraz W. Bała i J. Łukaszewicz z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

W końcowej części Seminarium obrady zdominowała tematyka najnowszych koncepcji teoretycznych w badaniach półprzewodnikowych czujników gazowych, które przedstawili: V. Brynzari z Uniwersytetu w Kiszyniowie (Mołdawia) i T. Pisarkiewicz z AGH, oraz tematyka nowych metod badawczych tych czujników (J. Dziuban z Politechniki Wrocławskiej, J. Mizsei z Politechniki w Budapeszcie oraz J. Szuber z Politechniki Śląskiej).

W trakcie Seminarium odbyła się również sesja plakatowa, w trakcie której przedstawiono ponad 30 komunikatów z ostatnich prac własnych, oraz międzynarodowe warsztaty nt. „Modeling of Semiconductor Gas Sensors” zorganizowane z inicjatywy W. Goepela, z udziałem obecnych na Seminarium wybitnych specjalistów z zakresu półprzewodnikowych czujników tlenkowych ze wszystkich najważniejszych europejskich ośrodków naukowych zajmujących się tą tematyką. W ramach tego spotkania podjęto próbę określenia głównych kierunków badań półprzewodnikowych czujników gazowych, które są aktualnie prowadzone w świecie, oraz które należy rozwijać w najbliższych latach, a także próbę podziału zadań badaw-

czych z tej dziedziny pomiędzy główne ośrodki naukowe w Europie. Efektem tego spotkania jest przygotowywany aktualnie duży wspólny projekt badawczy z tej tematyki w ramach V Ramowego Programu Badawczego Unii Europejskiej.

Organizatorzy wydali specjalny zeszyt z programem i streszczeniami przedstawionych referatów i komunikatów. Pełna treść referatów wygłoszonych na zaproszenie oraz komunikatów (recenzowanych) zostanie natomiast opublikowana w materiałach Seminarium, w specjalnym numerze *Electron Technology*, czasopisma w języku angielskim wydawanego przez Instytut Technologii Elektroenergetycznej w Warszawie.

Seminarium, finansowane częściowo z opłat konferencyjnych wnoszonych przez uczestników, a częściowo z dotacji Komitetu Badań Naukowych, stało się okazją do wymiany informacji, doświadczeń i pomysłów, forum do szerokiej dyskusji na temat aktualnie prowadzonych badań z tej tematyki w Europie, oraz umożliwiło prezentację swoich osiągnięć naukowych, zwłaszcza młodym pracownikom naukowym. Stało się ponadto okazją do nawiązania i zacieśnienia kontaktów osobistych. W powszechnej opinii uczestników, w tym 3 członków komitetu redakcyjnego światowego czasopisma *Sensors and Actuators B*, Seminarium dobrze wypełniło lukę w systemie organizowanych w świecie konferencji naukowych z tej tematyki i zgodnie ze wstępnymi ustaleniami będzie organizowane cyklicznie co 2 lata, z udziałem specjalistów ze wszystkich ważniejszych ośrodków światowych. Planowane jest również wydawanie materiałów konferencyjnych kolejnych seminariów z tego cyklu w specjalnych numerach czasopisma *Sensors and Actuators B*.

Jacek Szuber

Instytutu Fizyki PŚI  
Gliwice

## Dielectric and Related Phenomena '98

Piąta z kolei międzynarodowa konferencja „Dielectric and Related Phenomena – DRP '98” odbyła się w dniach 24–27 września 1998 r. w hotelach „Zagroń” i „Włókniarz” w Szczyrku. Organizatorem był ponownie Instytut Włókienniczy Filii Politechniki Łódzkiej w Bielsku-Białej, tym razem przy współpracy Instytutu Fizyki i Instytutu Polimerów PŁ. Komitetowi organizacyjnemu przewodniczył prorektor PŁ ds. Filii, prof. Andrzej Włochowicz. Honorowym przewodniczącym Rady Naukowej konferencji był prof. Andrew Jonscher z Uniwersytetu w Londynie, kierownictwo naukowe sprawował prof. Jacek Ulański z PŁ, a obowiązki sekretarza Komitetu Organizacyjnego pełniła niżej podpisana. Honorowy patronat nad konferencją objął wojewoda bielski, mgr Andrzej Sikora.

Konferencje z serii DRP są organizowane cyklicznie co 2 lata od 1990 roku (Krynica, Zakopane, Szczyrk) jako interdyscyplinarne forum wymiany myśli, osiągnięć i doświadczeń związanych z szeroko pojętym tematem „dielektryki”. Konferencje te, promujące kontakty naukow-

ców ze Wschodu i Zachodu, są postrzegane jako ogólnoeuropejskie, cieszące się dużą popularnością i wysokim poziomem naukowym spotkania specjalistów z różnych dziedzin nauki od chemii i fizyki poprzez inżynierię materiałową do biologii włącznie – zarówno teoretyków, jak i praktyków. Zakres tematyczny tegorocznej konferencji obejmował: teorię relaksacji, charakterystykę oddziaływań dielektrycznych, dielektryki typu „smart”, struktury polimerowo-ceramiczne, optyczne materiały nieliniowe, zjawiska relaksacji dielektrycznej w polimerach, rozładowania w dielektrykach, polimery ciekłokrystaliczne, ciekłe kryształy, materiały biologiczne i farmaceutyczne, starzenie się izolatorów, rozładowania gazowe, włókna sztuczne, nowe metody doświadczalne, dielektryczny monitoring reakcji chemicznych oraz inne zastosowania. Na konferencję nadesłano 162 prace, których streszczenia wydano w formie książkowej i wręczono uczestnikom podczas obrad. W trakcie 14 sesji tematycznych renomowani naukowcy z Anglii, Francji, Izraela, Holandii, Niemiec, Polski, Rosji, Szwecji i Włoch wygłosili 21 wykładów plenarnych. Ponadto przedstawiono 25 komunikatów ustnych oraz ponad 100 prac w postaci plakatów.

W tegorocznej konferencji wzięło udział ok. 140 osób, a więc prawie dwukrotnie więcej niż w poprzedniej. Wielu z nich to stali bywalcy tego międzynarodowego forum, które zdobyło już dużą renomę, lecz w tym roku pojawiło się bardzo dużo młodych badaczy, dla których możliwość spotkania i bezpośredniej dyskusji z międzynarodowymi sławami w tej dziedzinie stanowiła nie lada magnes. Połowa uczestników pochodziła z zagranicy; reprezentowali znane w całym świecie ośrodki badawcze: od Portugalii do Japonii, i od Szwecji do Włoch, Izraela, Egiptu oraz Grecji. Zorganizowanie konferencji DRP '98 w Polsce, w centrum Europy umożliwiło wielu zapaleńcom, zwłaszcza z krajów byłego Związku Radzieckiego, osobisty kontakt z przedstawicielami z „Zachodu”, co przy ogromnych trudnościach finansowych tamtejszych uczelni stanowi barierę nie do pokonania – nawet przyjazd do Polski dla wielu, bez pomocy finansowej ze strony

organizatora (dotacje) był nie do zaakceptowania. Dzięki sponsorom: JM Rektorowi PŁ, Komitetowi Badań Naukowych, Fundacji im. Stefana Batorego, US Air Force European Office of Aerospace Research and Development oraz US Army Research Development and Standardization Group (Wlk. Brytania) w konferencji wzięło udział ponad 20 naukowców z krajów Europy Środkowo-Wschodniej. Wszyscy wyrażali swą wdzięczność za umożliwienie im takiego bezpośredniego kontaktu. Obrady przy tak dużej liczbie referatów toczyły się od wczesnych godzin rannych, a dyskusja „okrągłego stołu” czy sesja plakatowa zamykały spotkania w późnych godzinach nocnych. Mimo tak intensywnej pracy, uczestnicy – choć bardzo zmęczeni – wyrażali swoje zadowolenie z możliwości uczestnictwa w konferencji i brania aktywnego udziału w dyskusjach kończących poszczególne wystąpienia. Kontakty nawiązane w rozmowach i gorących sporach dla wielu stały się źródłem nie tylko prywatnych znajomości, ale i współpracy, oraz inspiracją do dalszej działalności naukowej.

Konferencja prowadzona była w języku angielskim i wszelkie opracowania wydano również w tym języku. Nad poziomem naukowym konferencji czuwał międzynarodowy komitet.

Podobnie jak z poprzedniej konferencji, pełne teksty zgłoszonych na konferencję DRP '98 prac, zostały wydane drukiem w USA przez SPIE – The International Society for Optical Engineering, Bellingham.

Jako ciekawostkę warto podkreślić, że w programie konferencji podczas jej trwania nie nastąpiły żadne zmiany czy przesunięcia, wszyscy zgłoszeni referenci dojechali i wygłosili swe wykłady zgodnie z planem, a przy tak dużych konferencjach nie jest to częstym zjawiskiem, co podkreślali uczestnicy konferencji.

*Elżbieta Targosz-Wrona*  
Politechnika Łódzka  
Filia w Bielsku-Białej

### Galileusz

James Reston Jr.: *Galileusz*, z jęz. angielskiego przełożył Adam Szymanowski, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 1998, s. 396.

Książka ta, pozująca na biografię Galileusza, jest spóźnioną próbą zarobienia pieniędzy przez Autora i Wydawcę na kontrowersji, związanej z „rehabilitacją” Galileusza w 1992 r. Sądząc z treści i stylu, jest ona przeznaczona dla czytelników sensacyjnych i plotkarskich pismek. Autor jest z zawodu dziennikarzem, który pewnego dnia postanowił napisać coś o historii i wybrał sobie temat „Galileusz”. Przez następne trzy lata, jak sam o tym pisze w zakończeniu książki, korzystał z pomocy różnych uprzejmych ludzi, którzy uczyli go języka włoskiego, gościli we Włoszech, wpuszczali do bibliotek i archiwów, pokazywali ciekawe miejsca. Przytoczona na końcu książki bibliografia jest imponująca i jej część została w tekście rzeczywiście wykorzystana. Niestety, Autor nie pozbył się typowego dziennikarskiego skrzywienia zawodowego, które każe mu w każdym temacie poszukiwać akcji i sensacji, zwracać uwagę na scenierię, zachowania i wygląd zewnętrzny ludzi, a przy tym unikać głębszego wchodzenia w jakikolwiek temat, bo to nudne – dla niego samego i dla spodziewanych czytelników. Tymi tematami, którymi oczywiście należało się zająć przy okazji biografii Galileusza, są matematyka, fizyka i rola Galileusza w ich rozwoju. Niestety, na żaden z tych tematów Autor nie ma nic do powiedzenia. Jego podejście do zagadnienia dobrze ilustruje kilka cytatów z „Podziękowań” na końcu książki: 1) [Ojciec Josef Metzler] „Pozwolił mi nawet zobaczyć pilnie strzeżony oryginalny protokół rozprawy Galileusza”; 2) „Z Rzymu udałem się do Florencji, żeby spędzić parę dni w tamtejszej Bibliotece Narodowej i w Instytucie Historii Nauki”; 3) „W Padwie poznałem także dr. Thomasa B. Sattle'a, który przez trzydzieści lat prowadził badania nad Galileuszem i zajmuje się teraz odtwarzaniem niektórych z jego wczesnych doświadczeń”.

Brzmi to imponująco, ale:

1. W książce nie ma żadnego śladu po tym „zobaczeniu”. Nie ma ani jednej fotokopii z protokołów, a są one dostępne, ponieważ sam widywałem je w innych książkach i artykułach. Cytaty z protokołów zostały oczywiście odpisane z innych, publicznie dostępnych źródeł (są one dostępne także w Polsce) i nie trzeba było zawracać głowy kustoszowi archiwum w Watykanie.

2. Czytelnicy *Postępów Fizyki* na pewno mają własne doświadczenia z pracą w bibliotekach i wiedzą, ile można zrobić po „spędzeniu paru dni” w bibliotece. Autor nie pisze, co właściwie tam robił.

3. Książkę o Galileuszu powinien oczywiście napisać dr Sattle. W książce Restona nie ma żadnej wzmianki o doświadczeniach Galileusza – żadnych opisów, ilustra-

cji, reprodukcji jego oryginalnych rysunków. Nie jest więc jasne, po co Mr Reston „poznał” dra Sattle'a i po co o tym poznaniu napisał.

W ostatnim zdaniu „Preludium” Autor pisze: „Ja jednak, patrząc na życie Galileusza, będę się starał uchwycić moment, kiedy narodziła się historia nowożytna”. Ta pompacyjna deklaracja nie została zrealizowana nawet w przybliżeniu. Jak się wydaje, rzeczywistym (i częściowo zrealizowanym, ale w złym stylu) celem książki był protest przeciwko niegodziwości, jaką Kościół wyrządził Galileuszowi w 1633 r. i raz jeszcze w roku 1992, gdy pod płaszczykiem „rehabilitacji” przemycił potworne oskarżenie swojej ofiary i samousprawiedliwienie. Ten cel można by było zaakceptować, gdyby Autor miał do powiedzenia coś rzeczywiste nowego i pouczającego. W opisie wydarzeń z XVII w. Autor nie dorównuje jednak ani erudycją, ani bogactwem dokumentacji, ani nawet talentem literackim de Santillanie, który opisał to wszystko już 40 lat wcześniej (patrz niżej). Natomiast o pracy komisji powołanej przez Jana Pawła II nie dowiadujemy się niczego poza tym, że istniała i że źle wykonała swoją robotę, co jest zgodne z prawdą, ale było mało odkrywcze już w momencie ukazania się amerykańskiego wydania recenzowanej książki (1994).

W tej historii same fakty i cytaty z dokumentów mówią mocno i jednoznacznie – wystarczyłoby uporządkować je i dodać objaśnienia okoliczności historycznych. Autor tymczasem wielokrotnie apeluje do emocji czytelnika, zaprzęgając chętnie do pomocy technikę zapożyczoną z teatrzyków kukielkowych, w których postać negatywna musi być też brzydka albo straszna z wyglądu, a pozytywna – ładna i sympatyczna. Oto charakterystyczne przykłady. Na s. 152 książkę Federico Cesi, założyciel Accademia dei Lincei, niestrudzony pogromca średniowiecznej ciemnoty, entuzjasta nauki i obrońca Galileusza, postać bardzo pozytywna, opisany jest tak: „Miał miłą, niemal niewieściami, owalną twarz, cienkie fantazyjne wąsy i kozią bródkę, ciemne brwi i bystre, sceptyczne spojrzenie”. Na s. 340 arcybiskup Sieny, Ascanio Piccolomini, który zapewnił Galileuszowi gościnę i troskliwą opiekę po wyroku z 1633 r., to „przystojny arcybiskup, elegancki, smukły mężczyzna przed czterdziestką”. Na drugim biegunie jest kardynał Vincenzo Maculano, sędzia Inkwizycji prowadzący sprawę Galileusza: „wysoki, szczupły pięćdziesięcioletni mężczyzna o pomarszczonej, stępszonej twarzy, pośrodku której sterczał wielki bulwiasty nos. Kardynał miał małe usta, obwisłe uszy i przenikliwe, głęboko osadzone oczy”. Te opisy z powodzeniem i pożytkiem mogłyby zostać zastąpione reprodukcjami portretów. Również Jan Paweł II jest zaliczony do postaci negatywnych, więc musiał ujawnić jakąś wadę – i, jak łatwo zgadnąć, „powtarzał (...) swoim ciężkim polskim akcentem”.

Największy żal mam do Autora o to, że zupełnie zignorował doświadczenia mechaniczne Galileusza i jego

prace na temat mechaniki. To właśnie dzięki nim Galileusz stał się ojcem nowoczesnej nauki, a jego pomysłowość i przenikliwość jeszcze dzisiaj wprawiają w zachwyt i zdumienie każdego człowieka, który rozumie fizykę na poziomie liceum. Wiem, że brakuje bezpośrednich źródeł dotyczących tego tematu, ale przecież Autor „poznał” dra Sattle’a – czemu więc nie wykorzystał chociaż części jego zbieranych od 30 lat wyników? Dla pana Restona działalność naukowa Galileusza jest tylko mało ważnym tłem, którego istnienie zdawkowo sygnalizuje czytelnikowi w nie więcej niż 10 zdaniach rozrzuconych po książce, takich jak: „[Sarpì] z samym Galileuszem pracował nad cyrklem wojskowym, prawami fizyki, a później odkryciami związanymi z teleskopem” (s. 102) oraz „[Galileusz] zajął się mechaniką, wielokrażkami, magnesem, temperaturą, szybkością pozorną i ruchem ciał ciężkich, bezwładnością i zasadą swobodnego opadania” (s. 106). Treść ostatniej książki Galileusza, jego głównego dzieła (*Rozprawy i dowodzenia matematyczne w zakresie dwóch nowych umiejętności*), jest „omówiona” na 1/3 strony (s. 351). Nieco łaskawiej traktuje Autor wynalazki Galileusza, ale w ich opisach (też bardzo zdawkowych) raz po raz wychodzi na jaw jego ignorancja i lekceważenie fizyki. Groteskowo zwięzły opis urządzenia do nawadniania pól (s. 68) nie daje żadnego wyobrażenia o jego działaniu. Na s. 120 Autor pisze, że Galileusz zabrał ze sobą do Wenecji „dziesięciokrotnie przybliżającą lunetę”, a na s. 121: „Bardzo charakterystyczne dla Galileusza jest to, że (...) przeceńnię możliwości przyrządu, twierdząc, że okręty odległe o osiemdziesiąt kilometrów było widać jak z odległości ledwie ośmiu”. Jaka jest granica ignorancji Autora, po przekroczeniu której tekst przestaje nadawać się do druku w XX-wiecznej Ameryce i Polsce? Przy takim podejściu nie znający tematu czytelnik musi uwierzyć Autorowi na słowo, że Galileusz stał się „znany z niezależności myślenia” (s. 93), bo książka nie opisuje procesu dochodzenia do tego statusu.

Dzieło pana Restona mówi w zasadzie wyłącznie o wydarzeniach z życia prywatnego Galileusza: kontaktach z rodziną, spotkaniach z przyjaciółmi, staraniach o posady, wielostronnej korespondencji, rozmowach z władcami i duchownymi o nauce i jej upowszechnianiu, no i oczywiście o procesie przed sądem Inkwizycji. Nawet w tym zakresie Autor pozwala sobie miejscami na zbyt daleko idącą swobodę w operowaniu materiałem historycznym, graniczącą z nierzetelnością. Na jakiej podstawie (można nawet zapytać: jakim prawem?) oskarża Galileusza, że był hipochondrykiem i symulantem (s. 145, 223 i kilka innych miejsc)? Skąd wziął materiał do rekonstrukcji stanu psychicznego papieża Urbana VIII, gdy ten obmyślał zemstę po wydaniu *Dialogu* Galileusza (s. 306)? Na s. 184 Autor pisze o motywacji Jana Pawła II do powtórnego otwarcia sprawy Galileusza: „Jeszcze jako Karol Wojtyła (...) często spotykał się z wierzącymi naukowcami, którzy uskarżali się na religijne cenzurowanie badań naukowych”. Miało to dziać się w Polsce w latach siedemdziesiątych. Czy ktoś zna taki przykład? Na s. 215–19 Autor przyjmuje za pewnik, że podejrzany

dokument z 1616 r., na podstawie którego wytoczono Galileuszowi proces w roku 1633, nie jest falsyfikatem, i stwierdza autorytatywnie, że Galileusz widział ten dokument w 1616 r., ale potem o nim zapomniał. Jakie są podstawy do takiego twierdzenia? Jeżeli ta zagadka, nad którą głowiło się wielu historyków, naprawdę została już rozwiązana, to w książce o życiu Galileusza należało to rozwiązanie przedstawić. Mam jednak wrażenie, że Autor po prostu nie wie o tym problemie.

Jedną jeszcze wadą książki, o której trzeba tu wspomnieć, to brak wartościowych ilustracji. Książka tego typu powinna być ilustrowana rysunkami objaśniającymi problemy fizyczne, nad którymi pracował Galileusz, reprodukcjami portretów głównych postaci, reprodukcjami oryginalnych notatek i rysunków Galileusza, kopiami fragmentów dokumentów. Nie są to wymagania niemożliwe do spełnienia, bo widywaliśmy chyba wszyscy takie ilustracje w innych książkach i w czasopiśmie. Książka Mr Restona zawiera tylko jedną kopię fragmentu notatek Galileusza (bez objaśnienia ich treści, s. 131). Poza tym zawiera sporządzone na komputerze rysunki trzech gwiazdozbiorów (dlaczego akurat tych – nie wiadomo, s. 128–130), dość bezsensowny rysunek Jowisza i jego trzech księżyców, również sporządzony na komputerze (s. 130, nie wiadomo, co ma on objaśniać, bo wszystkie obiekty ustawione są na jednej prostej, bez zachowania skali wielkości ani odległości) oraz kuriozum (s. 141) – odręczny bohomas nieznanego autora, naśladujący szkice Saturna zrobione przez Galileusza. Z tych akurat ilustracji można było, a nawet należało, zrezygnować.

Jakości tłumaczenia nie mogłem sprawdzić systematycznie, ponieważ amerykański oryginał książki jest niedostępny w polskich bibliotekach (informacja z Katalogu Centralnego Biblioteki Narodowej; to nawet dobrze, bo szkoda wydawać pieniądze na coś takiego). W kilku miejscach widać niezręczności terminologiczne (np. na s. 50 – „szybkość opadania nie zależy od ciężaru czy masy”), ale mogą one pochodzić od samego Autora. To samo dotyczy zniekształconej pisowni niektórych nazwisk, np. Roberto Bellarmino jest systematycznie nazywany po amerykańsku: Bellarmin. Natomiast niewątpliwym przewinieniem Tłumacza jest niekonsekwentne używanie lub nieużywanie spolszczeń nazw geograficznych oraz imion i nazwisk ludzi. Przykład: na s. 154 mamy w jednym zdaniu „Janikulum” (jest to spolszczona łacińska nazwa wzgórza, które po włosku nazywa się Gianicolo) oraz „Porta San Pancrazio” (dlaczego nie „Brama Św. Pankracego”?). Inne przykłady: Franciszek Ksawery (s. 238) i Francesco Ingolio (s. 257), Kosma Medyceusz (s. 19) i Giovanni de Medici (s. 158). Na s. 245 Tłumacz chyba nie wiedział, że „Campidoglio” to włoska nazwa Kapitolu.

W podsumowaniu stwierdzić należy, że omawiana książka jest zbędnym dodatkiem do literatury światowej. Łamie ona zasadę, która zawsze wydawała mi się oczywista: jeśli pisze się biografię człowieka, który stał się wielki i nieśmiertelny dzięki swoim dziełom, nie wolno ignorować treści tych dzieł i ich wpływu na naszą kulturę i cywilizację. Jest chyba oczywiste, że nie ma prawa pi-



sać monografii o wielkim pisarzu ktoś, kto nie przeczytał żadnej jego książki. Ta sama zasada dotyczy klasyków nauki. Niestosowne było więc wydanie tej książki po polsku w serii nazywającej się „Na ścieżkach nauki”.

W literaturze światowej są poważne książki o Galileuszu i jego pracach; są one wymienione w bibliografii podanej w omawianej książce. Przykłady: S. Drake, *Galileo at Work: His Scientific Biography*, M.A. Finocchiaro, *The Galileo Affair: A Documentary History*, G. de Santilana, *The Crime of Galileo* (tę książkę znam – czyta się ją „jednym tchem”, chociaż jest to poważna rozprawa historyczna), V. Viviani, *Racconto storico della Vita di Galileo*. Jeśli więc Wydawnictwo Prószyński i S-ka naprawdę chce się przysłużyć popularyzacji nauki, niech rozważy wydanie chociaż jednej z tych książek. Niestety, ryzyko handlowe będzie wtedy większe niż w przypadku plotkarskiej paplaniny.

Andrzej Krasieński

Centrum Astronomiczne PAN  
im. Mikołaja Kopernika  
oraz Szkoła Nauk Ścisłych  
Warszawa

## Metody doświadczalne fizyki ciała stałego

Andrzej Oleś: *Metody doświadczalne fizyki ciała stałego*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998, s. 518.

„Piękno fizyki przejawia się zarówno w oryginalności i elegancji metod doświadczalnych, jak i w logice oraz dalekowzroczności przewidywań teorii” – tymi słowami rozpoczyna swoją monografię Autor, który jest wybitnym specjalistą w dziedzinie fizyki ciała stałego, w szczególności fizyki struktur magnetycznych. Jest on zafascynowany pięknem fizyki i niezwykle sugestywnie ukazuje je czytelnikowi, opisując ogromną liczbę rozmaitych metod doświadczalnych fizyki ciała stałego (monografia ma 518 stron!). Można by więc przypuścić, że książka ta ma budowę „ziarnistą”, przy czym każda opisana metoda doświadczalna jest takim pojedynczym „ziarnem”. Jednak te „ziarna” są uporządkowane przez Autora według rozmaitych kryteriów. Po pierwsze, forma każdego pojedynczego opisu jest ustalona. Opis ten mianowicie wyjaśnia podstawy fizyczne i ukazuje możliwości badawcze danej metody, zawiera przykłady ilustrujące jej dokładność oraz zakres stosowności, a także przedstawia i objaśnia schemat aparatury pomiarowej; przytoczone również liczne wykresy, rysunki i fotografie bardzo dobrze służą jasności wykładu. Po drugie, opisy metod są sklasyfikowane i zgrupowane według rozmaitych własności fizycznych ciała stałego. Prowadzi zatem Autor czytelnika w fascynującą wędrowkę po krainie metod badań własności fizycznych ciała stałego, opisując kolejno metody: badań strukturalnych, badania składu, badania powierzchni, implantacji i badania defektów struktury, pomiarów własności elektrycznych, wyznaczania struktury elektronowej, wyznaczania stanów elektronowych z uwzględnieniem polaryza-

cji spinów, pomiaru rozkładu gęstości pędu elektronów, badania dynamiki struktury, rezonansowe, badań z zastosowaniem laserów, makroskopowych i mikroskopowych badań magnetyków, badań własności sprężystych i termicznych.

Autor, ukazując czytelnikowi bogactwo i piękno rozmaitych rozwiązań eksperymentalnych, przybliża mu przy okazji na nowo – w sposób niekonwencjonalny – idee samej fizyki ciała stałego, gdyż słusznie uważa, że kiedy się mówi o jej metodach doświadczalnych, to nie sposób nie mówić o podstawowych jej ideach, które przecież leżą u podstaw tych metod. Trzeba przyznać, że Autor potrafił podać w sposób niezwykle harmonijny wiedzę o metodach doświadczalnych fizyki ciała stałego i wiedzę o samej fizyce. Szczególnie dużo miejsca poświęca metodom nowym (na razie mniej znanym!), co tylko zwiększa wartość książki jako monografii.

Omawiana książka, która nawiązuje do trzech wcześniejszych książek Autora z tej dziedziny, jest ich bardzo znaczącym rozszerzeniem, zarówno gdy chodzi o ogromne wzbogacenie i unowocześnienie materiału, jak też i o oryginalne ujęcie (elegancka i zwięzła forma opisów poszczególnych metod oraz bardzo trafna, naturalna ich klasyfikacja). Dzięki wyżej wspomnianym zaletom lektura tego wyjątkowego dzieła nie tylko nie nuży, lecz wręcz sprawia czytelnikowi wielką satysfakcję i przyjemność oraz przynosi niezaprzeczalny pożytek. Trzeba wyrazić uznanie Wydawnictwom Naukowo-Technicznym za wydanie tej książki, która od strony redakcyjnej i wydawniczej także jest bardzo udana. Zauważyłem niewiele błędów drukarskich i redakcyjnych, które należy usunąć w następnym wydaniu książki. Na przykład:

s. 15<sup>14</sup>: zamiast „jedności” powinno być „jedność”,  
s. 19<sup>8</sup>: zamiast „węglowodany” powinno być „węglowodory”,  
s. 29<sup>2</sup>: zamiast „krystalograficznie” powinno być „krystalograficzne”,  
str. 32, 34, 62 i 507: zamiast „Gunier” powinno być „Guinier” (nazwisko znanego krystalografa francuskiego),  
s. 32 i 507: zamiast „de Wolf” powinno być „de Wolff” (nazwisko znanego krystalografa holenderskiego),  
s. 44<sup>5</sup>: zamiast „płszczyzny” powinno być „płaszczyny”,  
s. 53<sup>1</sup>: zamiast „dyfrakcja” powinno być „metoda dyfrakcji”,  
s. 150<sup>1</sup>: w tytule par. 5.4.3 brakuje słowa „spinów”,  
s. 182<sup>12</sup>: zamiast „impedencji” powinno być „impedancji”.

Ośmielam się także zaproponować modyfikację tytułu rozdz. 10 (s. 9 i 273) z brzmienia „Metody badania dynamiki ciała stałego” na brzmienie „Metody badania dynamiki struktury ciała stałego”.

Reasumując, należy stwierdzić, że mamy do czynienia z dziełem wybitnym, napisanym przez znakomitego fizyka polskiego, mającego niezwykle dar dydaktyczny. Monografia ta będzie pełnić również rolę podręcznika, szczególnie dlatego, że przedstawia m.in. także podstawowe idee fizyki ciała stałego i ich organiczny związek z omawianymi metodami doświadczalnymi. W związku

z tym można ją gorąco polecić różnym grupom fizyków, począwszy od studentów, a skończywszy na pracownikach naukowych zarówno uniwersytetów, wyższych uczelni technicznych, instytutów naukowo-badawczych, jak i laboratoriów przemysłowych. Książka ta jest przeznaczona także dla wszystkich zainteresowanych fizyką, chemią, nauką o materiałach, inżynierią materiałową i dziedzinami pokrewnymi, również z pogranicza fizyki technicznej. Służyć będzie ona także szerokiemu ogółowi fizyków, jako lektura rozszerzająca horyzonty i wprost odświeżająca.

Jerzy Warczewski  
Instytut Fizyki UŚI  
Katowice

## Wstęp do dynamiki układów chaotycznych

G.L. Baker, J.P. Gollub: *Wstęp do dynamiki układów chaotycznych*, z jęz. angielskiego przełożył Krzysztof Stefański, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998, s. 260.

Tytuł książki dobrze oddaje jej charakter, stanowi ona bowiem wprowadzenie do chaosu deterministycznego i teorii układów nieliniowych. Może być z powodzeniem wykorzystywana przez studentów pierwszych lat studiów fizyki, matematyki i chemii, a może zainteresować także studentów biologii, ekonomii i niektórych kierunków technicznych. Część przedstawionego materiału może być dostępna dla uczniów szkół średnich o profilu matematyczno-fizycznym.

Lektura pierwszych rozdziałów podręcznika pozwala poznać pojęcia przestrzeni fazowej, przekrojów Poincarégo i widm mocy. Kolejny rozdział poświęcony jest dynamice okresowo wzbudzanego wahadła przy istnieniu tłumienia. Analiza tego prostego układu fizycznego ułatwia Autorom wprowadzenie istotnych pojęć, takich jak atraktor, basen przyciągania, czy diagram bifurkacyjny.

W dalszej części podręcznika znaleźć można m.in. definicje podkowy Smale'a, wymiaru fraktalnego, wykładnika Lapunowa, entropii dynamicznej. Przy ich wykorzystaniu Autorzy badają konkretne zagadnienia dynamiczne: odwzorowanie standardowe, odwzorowanie okręgu i odwzorowanie logistyczne. Wprowadzają też liczbę Feigenbauma i przedstawiają uniwersalne cechy odwzorowań jednowymiarowych.

Końcowe rozdziały poświęcone są badaniu szeregów czasowych, rekonstrukcji atraktorów i prostym metodom przewidywania stanów chaotycznych. Jako przykłady zastosowań teorii układów nieliniowych przedstawiono problemy chaosu w laserach, dynamice płynów oraz dynamice trzęsień ziemi. Krótko zaznaczono także związek chaosu deterministycznego z mechaniką statystyczną oraz wspomniano o zagadnieniu chaosu kwantowego.

Książka zawiera sporo pozycji literatury, podzielonej na dwie grupy. W pierwszej („Zalecana lektura”) znaleźć można artykuły opublikowane w pismach niespecjalistycznych (*Physics Today*, *Scientific American*, *American*

*Scientist*, *Science*, *Nature*) i pisane z myślą o szerszym gronie odbiorców. W drugiej części („Literatura”) zamieszczono odnośniki do wielu prac oryginalnych. Należy podkreślić duży wybór i aktualność literatury, która sprawia, że ten podręcznik nabiera także pewnych cech monografii przedmiotu. Pierwsze angielskie wydanie książki ukazało się w 1990 r. Tłumaczenia dokonano na podstawie II wydania z roku 1996, a cytowana literatura kończy się na roku 1995.

Pięć podstawowych rozdziałów książki zakończonych jest zadaniami i problemami dla czytelnika. Rozwiązania wybranych zadań znalazły się w „Dodatku” na końcu książki. Sporą zaletą jest załączona dyskietka z programem CHAOS II autorstwa G.L. Bakera. Program napisany jest w języku TrueBasic i działa na komputerach klasy PC, pracujących w systemie DOS. Mimo że program napisano po amatorsku (np. nietrudno jest go zawiesić), stanowić może sporą pomoc, zwłaszcza dla młodego czytelnika. Pozwala on m.in. na oglądanie przekrojów Poincarégo dla wzbudzanego wahadła, obliczanie widma mocy, tworzenie diagramu bifurkacyjnego, znajdowanie basenów przyciągania atraktora, obliczanie entropii i wykładnika Lapunowa dla kilku odwzorowań jednowymiarowych. Użytkownik programu może zmieniać parametry badanych układów, a aktywna praca z komputerem stanowi dobre uzupełnienie lektury podręcznika.

Książka została wydana starannie, a wyłożony materiał urozmaicony jest licznymi rysunkami. Część z nich została przygotowana za pomocą załączonego programu CHAOS II i może zostać odtworzona przez czytelnika na ekranie komputera. Oryginał angielski dobrze przełożono na język polski, a Tłumacz dobrze wywiązał się z konieczności wyszukiwania odpowiedników pewnych wyrażeń angielskich, które nie zadomowiły się jeszcze w polskiej literaturze przedmiotu.

O ile opis programu CHAOS II, zawarty w części „Dodatku B” książki, uważam za potrzebny i udany, to nie wydaje się celowe przedrukowanie w dalszej części „Dodatku” całej listy programu w języku BASIC. Większość czytelników nie będzie używać kopii tekstu źródłowego, zajmującego 40 stron, czyli ponad 15% objętości książki, a komplet tekstów źródłowych zamieszczono na dołączonej dyskietce z programem.

Na polskim rynku znajdują się już tłumaczenia co najmniej dwóch pozycji z tej dziedziny. Zarówno *Chaos deterministyczny* H.G. Schustera, jak i *Chaos w układach dynamicznych* E. Otta są bardziej zaawansowane i lepiej nadają się dla słuchaczy starszych lat studiów magisterskich i studiów doktoranckich. Z kolei recenzowana książka nie wymaga poważnego przygotowania matematycznego, przez co jest dostępna szerszemu gronu czytelników. Dlatego też cieszę się, że Wydawnictwo PWN wydało tę ciekawą książkę, i mogę ją polecić osobom rozpoczynającym swą przygodę z chaosem.

Karol Życzkowski  
Instytut Fizyki UJ  
Kraków



## Tęcze, glorie i halo

Robert Greenler: *Tęcze, glorie i halo, czyli niezwykle zjawiska optyczne w atmosferze*, z jęz. angielskiego przełożyła Monika Krzyżanowska, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 1998, s. 198.

Literatura poświęcona zjawiskom optycznym w atmosferze, dostępna w naszym rodzimym języku, jest dosyć skromna. Z uznaniem należy zatem przyjąć pojawienie się książki omawiającej „piękne zjawiska widoczne na niebie, których obserwacje nie wymagają specjalnej aparatury”, lecz niewątpliwie wymagają – jak pisze dalej we wstępie Autor – „spozostzegawczości”.

Z wymienionych w tytule zjawisk, najwięcej uwagi (około połowy objętości) poświęca Autor szczegółowemu omówieniu zjawisk halo, czyli załamaniom i odbiciom światła słonecznego i księżycowego w kryształach lodu w atmosferze. Uzupełniają je symulacje komputerowe wskazujące na kierunki dalszych poszukiwań oraz zwracające uwagę na szczegóły łatwe do pominięcia dla obserwatora nieuprzedzonego o ich istnieniu. Czytelnika, którego tak szczegółowe informacje mogą nie zainteresować, Autor już na początku (s. 33) uprzedza: „radzę przechodzić dalej, czytać to, co wydaje się interesujące”, a cały, nader obfity, materiał związany ze zjawiskami halo klasyfikuje w jednej tabeli (3-1, s. 109). Dzięki komputerowym symulacjom możliwa stała się, jak to Autor nazywa, „archeologia nieba”, czyli odtwarzanie starych rycin ilustrujących bardzo rzadko spotykane postacie zjawisk optycznych w atmosferze i ich powiązanie z formami kryształów lodu. Pozostałe cztery rozdziały zajmują się tęczą oraz rozpraszaniem i dyfrakcją światła, a także refrakcją atmosferyczną.

Wprowadzone w treści książki zagadki fotograficzne, stanowiące część barwnego materiału ilustracyjnego na oddzielnych kredowych wklejkach, z umieszczonymi na końcu książki wyjaśnieniami, pozwalają czytelnikowi ocenić zrozumienie treści i są także testem spozostzegawczości.

W każdym rozdziale dodane są na końcu przypisy, stanowiące cenny materiał dla czytelników zainteresowanych literaturą omawianych zagadnień. Oddzielnie podany jest spis literatury uzupełniającej o charakterze ogólnym.

Książka wydana jest starannie, tekst wzbogacają odpowiednie rysunki, ale wyraźnie brakuje ilustracji do „zielonego promienia” (s. 181). Tekst nie zawiera błędów, znalazłem tylko jeden: helakalne zamiast heliakalne w podpisie do rys. 3-30. Cały tekst nie odwołuje się zupełnie do aparatu matematycznego w opisie procesów fizycznych. Załamanie promieni słonecznych w kropliczce jest przedstawione na rysunku (s. 12), na którym zresztą brakuje „zaznaczonego na rysunku 1-1 grubą linią (tzw. promienia Kartezjusza)”; jest natomiast takie wyraźne oznaczenie tego krytycznego promienia kilka stron dalej (rys. 1-4).

Czytelnicy zainteresowani metodami stosowanymi w symulacjach komputerowych zostają tylko poinformowani, że „ogólne wyrażenie było dość skomplikowane” (s. 39), chociaż „opisane w tej książce zjawiska można wyjaśnić fizycznie za pomocą prostych modeli” (s. 155), z wyjątkiem pierścieni dyfrakcyjnych.

Tłumaczenie tekstu wydaje się poprawne, ale warto zwrócić uwagę na niekonsekwencje w terminologii. Forma kryształów lodu bywa najpierw ołówkowa (rys. 2-1), ale już dalej jest heksagonalna, by następnie powrócić (rys. 2-9 i 2-12) do ołówkowej, a potem znów (rys. 2-37) do heksagonalnej.

Obrazowe określenie „fluktuacje gęstości czynią powietrze grudkowatą [!] strukturą” (s. 136) jest dosyć zaskakujące. Tęcza może mieć wielkość wyznaczoną przez rozmiary kątowne (s. 14), ale już w następnym zdaniu przez promień kątowny, a jeszcze dalej (s. 15) znów rozmiary kątowne. W interferencji mogą występować łuki nadliczbowe albo interferencyjne (s. 19), lub ponownie nadliczbowe (s. 29). Czytamy też, że „chcąc znaleźć [białą tęczę] trzeba poszukać punktu przeciwslonecznego w kierunku przeciwnym niż słońce” (s. 22) oraz znajdujemy bardzo tajemnicze stwierdzenie (o fotografii tęczy w podczerwieni, s. 30): „zobaczyłem tęczę, która nie dostrzeżona rozpościerała się na niebie na długo przed pojawieniem się ludzi” (!).

Warto, mimo wymienionych usterek, sięgnąć po tę książkę, ponieważ na rynku wydawniczym jest niewiele pozycji związanych z fizyką atmosfery.

Ryszard Balcer

Instytut Geofizyki UW  
Warszawa

# KRONIKA

## PTF

### Liczba członków PTF i prenumeratorów PF

Podajemy stan członkostwa PTF i prenumeraty *Postępów Fizyki* w poszczególnych oddziałach w maju 1999 r. Kolejne trzy pozycje to: liczba członków, liczba prenumeratorów i odsetek prenumeratorów.

Oddział	L. czł.	L. pren.	%
Białystok	33	4	12
Bydgoszcz	25	9	36
Częstochowa	64	17	27
Gdańsk	121	25	21
Gliwice	47	18	38
Katowice	51	20	39
Kielce	43	10	23
Kraków	197	100	51
Lublin	120	32	27
Łódź	97	11	11
Opole	43	26	60
Poznań	132	53	40
Rzeszów	61	11	18
Słupsk	49	10	20
Szczecin	60	24	40
Toruń	86	86	100
Warszawa	389	70	18
Wrocław	167	57	34
Razem	1785	583	33

Jeśli któraś z liczb nie jest już aktualna, prosimy odpowiedni oddział o szybką informację do Biura Zarządu Głównego PTF i Redakcji *PF*.

Przypominamy, że oddziały, w których liczba prenumeratorów przekracza połowę liczby członków, mają prawo (podobnie jak prenumeratory – studenci) do 30% zniżki. Zwiększenie prenumeraty na bieżący rok jest jeszcze możliwe.

## Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymali w dniu 23 marca 1999 r.: Ryszard Błaszczyszyn (UWr), Zenon Bochyński (UAM), Wiesław Ignacy Gruszecki (UMCS), Piotr Jan Kwiek (UG), Witold Ryba-Romanowski (INTiBS, Wrocław); w dniu 12 kwietnia tytuł otrzymali: Jan Henryk Kalinowski (UW), Cze-

staw Kapusta (AGH), Jan Andrzej Kołaczek (UWr) i Maciej Andrzej Nowak (UJ).

*Rzeczpospolita*, 23 marca i 12 kwietnia 1999

## Nagroda Oddziału Elektroniki Kwantowej EPS

Nagrodę Oddziału Elektroniki Kwantowej Europejskiego Towarzystwa Fizycznego otrzymali w 1998 r. Władysław S. Letochow i Orazio Svelto.

Letochow (Instytut Spektroskopii, Troick, Rosja) został wyróżniony za pionierski i o głębokich konsekwencjach wkład do badań oddziaływania światła laserowego z materią. Letochow jest także autorem kilku monografii, m.in. przetłumaczonej na język polski (z wydania angielskiego) książki napisanej wspólnie z niezującym już obecnie W.P. Czebotajewem *Nieliniowa spektroskopia laserowa*.

Svelto (Politechnika w Mediolanie) otrzymał nagrodę za wybitne osiągnięcia w wytwarzaniu i badaniu ultrakrótkich impulsów laserowych oraz laserów z ciał stałych.

*Europhys. News* 30, nr 1 (1999)

B. W.

## Nauka a religia

Nagrodę Templetona Postępu w Religii otrzymał w 1999 r. Ian Barbour, fizyk jądrowy i teolog, za „swoje dążenia do zbliżenia nauki i religii z korzyścią dla obu dyscyplin”.

Barbour studiował fizykę na Uniwersytecie Chicagowskim, gdzie w 1949 r. uzyskał doktorat będąc uczniem i współpracownikiem Fermiego. Od ponad 30 lat Barbour bada oddziaływanie nauki i religii, w szczególności problemy moralne i etyczne wynikające z postępu technicznego.

Wysokość nagrody wynosi 1,24 miliona USD, z czego 1 milion Barbour postanowił przekazać Centrum Teologii i Nauk Przyrodniczych w Berkeley. Nagroda została ustanowiona w 1972 r. przez światowego inwestora sir Johna Templetona.

*Nature* 398, nr 6724 (1999)

B. W.

## CERN jeszcze bliżej przemysłu

Wiadomo, że ogromne wymagania co do tolerancji wyrobów przeznaczonych dla CERN-u od lat zmuszały przemysł do wprowadzania nowych i udoskonalania dawnych technologii. Obecnie CERN chce ułatwić młodym ludziom, doktorantom i osobom odbywającym w CERN-ie staże doktorskie, przechodzenie do przemy-

stwu i przedsiębiorczości. Utworzono wydział, który ma kierować przekazywaniem technologii i programami kształcenia młodych naukowców i inżynierów.

Przez laboratoria CERN-owskie przechodzi rocznie ok. 1000 młodych ludzi w ramach kształcenia doktoranckiego i podoktorskiego. Ponad połowa z nich natychmiast po zakończeniu szkolenia przechodzi do przemysłu, głównie jako informatycy. CERN umożliwi im teraz udział w dodatkowych kursach nt. przedsiębiorczości i praw dotyczących działalności intelektualnej, co ma zachęcić ich do tworzenia własnych przedsiębiorstw.

Postanowiono również prowadzić bardziej efektywną politykę patentową. Dotychczas CERN zgłaszał bardzo niewiele patentów i nie korzystał z zysków, jakie mogły z nich płynąć. Także rozdział licencji patentowych pomiędzy kraje członkowskie ma być bardziej równomierny.

*Nature* 398, nr 6725 (1999)

B. W.

### Pakistańskie Centrum Fizyki

Przy Uniwersytecie Quaid-i-Azam w Islamabadzie (Pakistan) powstało Narodowe Centrum Fizyki, którego dyrektorem został znany teoretyk Riazuddin. Centrum będzie stałym miejscem konferencji, szkół, sympozjów z fizyki, matematyki i dziedzin pokrewnych. Organizatorzy mają nadzieję, że będą mogli zachęcić do przyjazdów na okresy od tygodnia do roku wybitnych uczonych z całego świata, a także fizyków i matematyków pakistańskich, którzy wyemigrowali i pracują poza krajem.

Centrum pragnie także nawiązać stałą współpracę z ośrodkami międzynarodowymi, jak CERN czy Międzynarodowe Centrum Fizyki Teoretycznej (ICTP) w Triście.

Riazuddin był uczniem Abdusa Salama, doktorat uzyskał w 1959 r. w Cambridge, później pracował przez pewien czas w USA, w 1966 r. założył Instytut Fizyki Uniwersytetu w Islamabadzie.

*CERN Courier* 39, nr 2 (1999)

B. W.

### Pozostał po nim instytut, ulica i pokolenie fizyków

Dnia 20 grudnia 1998 r. minęło 30 lat od śmierci prof. Henryka Niewodniczańskiego – twórcy i pierwszego dyrektora Instytutu Fizyki Jądrowej (nazwanego w 1988 r. jego imieniem) oraz dyrektora Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Dla tych, którzy go znali, pamięć Profesora jest niezwykle droga. Upiływający czas sprawia jednak, że wielu młodych ludzi nie wie, kim on był, dlaczego został patronem zatrudniającego ok. 600 osób Instytutu, a jego imieniem nazwano jedną z krakowskich ulic. Im właśnie warto przedstawić sylwetkę Profesora.

Henryk Niewodniczański urodził się 10 grudnia 1900 r. w Wilnie. Studiował fizykę na Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie. Absolutorium uzyskał w 1924 r., a stopień doktora w czerwcu 1926 r. W 1927 r. wyjechał

na stypendium do Uniwersytetu w Tybindze, gdzie pracował pod kierunkiem prof. Waltera Gerlacha. Habilitował się w 1932 r. na USB. W 1934 r. otrzymał stypendium Fundacji Rockefellera w Uniwersytecie Cambridge, gdzie pracował w Royal Mond Laboratory pod kierunkiem odkrywcy jądra atomowego, lorda Ernesta Rutherforda. Następnie przeniósł się do Cavendish Laboratory, także kierowanego przez Rutherforda. W 1937 r. na dwa lata objął Katedrę Fizyki w Poznaniu, w czerwcu 1939 r. wrócił do Wilna, gdzie otrzymał Katedrę Fizyki Doświadczalnej. Od września 1939 r. prowadził wykłady na kompletach tajnego nauczania USB, równocześnie pracując jako magazynier w fabryce elektrotechnicznej. W 1945 r. wskutek ewakuacji z Wilna rozpoczął wykłady na Uniwersytecie i Politechnice we Wrocławiu oraz w Lublinie. We wrześniu 1946 r. został profesorem Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, gdzie rozwijał badania naukowe w zakresie fizyki doświadczalnej. Z czasem został kierownikiem zespołu wszystkich katedr fizyki UJ, z którego następnie powstał Instytut Fizyki UJ.

Profesor zainicjował i prowadził w IF UJ budowę małego cyklotronu C-48 (był to pierwszy cyklotron w Polsce). Mimo trudności uzyskał akceptację władz na lokalizację w Krakowie zakupionego w ówczesnym ZSRR cyklotronu U-120, który miał stanowić bazę założonego również przez niego w 1952 r. Ośrodka Fizyki Jądrowej PAN. W 1955 r. z Ośrodka PAN utworzył Profesor Instytut Fizyki Jądrowej (IFJ), noszący od 1988 r. jego imię.

Zajmował się optyką atomową (odkrył dipolowe promieniowanie magnetyczne w widmie ołowiu) i fizyką jądrową: rozpraszaniem sprężystym deuterionów na różnych jądrach, reakcjami zdzierania (strippingu), zjawiskiem „glorii”, spektroskopią na wiązkach akceleratorowych. Jest autorem 130 publikacji naukowych. W latach 1951–53 pełnił funkcję prorektora UJ.

Wychował wiele roczników fizyków krakowskich, wypromował 40 doktorów, był inicjatorem ich kierunków badawczych, wpoił zasady serdecznych i przyjacielskich kontaktów międzyludzkich, wytyczył kierunki badawcze, utworzył współpracę międzynarodową. Dawał poczucie bezpieczeństwa. Był świetnym organizatorem nauki – kierowane przez niego Instytuty: Fizyki UJ i założony w 1955 r. Instytut Fizyki Jądrowej, realizując jego koncepcje rozwinęły się w znane na świecie ośrodki naukowe.

Brał udział w zakładaniu Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej, był członkiem Rady Naukowej ZIBJ. Z jego inicjatywy powstał Oddział Spektroskopii Jądrowej i Radiochemii w Laboratorium Problemów Jądrowych tego Instytutu.

Był członkiem wielu towarzystw naukowych, jak: Towarzystwa Przyjaciół Nauk w Wilnie (1932), Towarzystwa Przyjaciół Nauk w Poznaniu (1937), Polskiej Akademii Umiejętności (1947), Towarzystwa Naukowego Warszawskiego (1951), Polskiej Akademii Nauk (1952), której od 1960 r. był członkiem Prezydium. Był także członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Société Française de Physique, Società Italiana di Fisica, American Physical Society, Komitetów PAN: Fizyki, Astronomii, Komitetów

tetu ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Jądrowej. Był również nagrodzony wieloma nagrodami państwowymi, m.in. Nagrodą Prezydenta Mościckiego, i odznaczony m.in. Krzyżem Komandorskim z Gwiazdą Orderu Odrodzenia Polski.

W trzydziestą rocznicę śmierci Profesora w kościele św. Jana Kantego odprawiona została msza św. w jego intencji, złożono kwiaty na jego grobie na cmentarzu Rakowickim. Instytut Fizyki Jądrowej uczcił ten dzień uroczystą sesją naukową, na którą przybyli córka i synowie Profesora z rodzinami oraz byli współpracownicy Profesora. Po powitaniu gości przez dyrektora IFJ prof. Andrzeja Budzanowskiego sesję poprowadził Przewodniczący Rady Naukowej IFJ prof. Andrzej Hryniewicz. Najpierw odbyło się odsłonięcie portretu Profesora pędzla artysty malarza Leszka Sobockiego. Odsłonięcia dokonał fundator portretu, najstarszy syn Profesora – Tomasz Niewodniczański razem z Leszkiem Sobockim. Dyrektor IFJ prof. Andrzej Budzanowski wygłosił referat pt. „Instytut wczoraj i dziś”. Następnie, opowiadając anegdoty i snując refleksje, wspominali Profesora jego uczniowie, należący do drugiego po Profesorze pokolenia fizyków: dr Ludwik Freindl, prof. Edward Kapuścik i prof. Rafał Broda. Sesję zamykał referat prof. Karola Musioła z Uniwersytetu Jagiellońskiego na temat odkrycia dipolowego promieniowania magnetycznego. Obecnie rozdawano esej o Profesorze Henryku Niewodniczańskim napisany przez prof. Andrzeja Hryniewicza i wydany przez IFJ specjalnie na jubileusz 30-lecia śmierci Profesora.

W części kularowej przybyłych bardzo licznie gości częstowano szampanem i kawą. Dla wielu obecnych czas się cofnął: znowu Profesor był wśród nich – młodych i pełnych entuzjazmu do fizyki, jakby to były urodziny Profesora, obchodzone przez pracowników założonego tylko co Instytutu.

Uroczystość została odnotowana przez radio i prasę krakowską.

Małgorzata Nowina Konopka

### Honorowe stypendia im. Aleksandra von Humboldta

Od paru lat Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej przyznaje wybitnym uczonym niemieckim Honorowe Stypendia Naukowe im. Aleksandra von Humboldta. Odbywa się to na podstawie porozumienia między FNP a Fundacją Humboldta. Stypendia te mają celu uhonorowanie osiągnięć naukowych oraz stymulowanie długookresowej współpracy pomiędzy polskimi i niemieckimi badaczami. Podobne porozumienia z Fundacją Humboldta ma 19 innych krajów. Kandydatury uczonych niemieckich do Honorowego Stypendium mogą być zgłaszane do FNP wyłącznie przez uznanych uczonych polskich. Stypendia, przyznawane na okres od 4 do 12 miesięcy, można wykorzystywać w kilkumiesięcznych turach w ciągu kolejnych 3 lat. Obecnie w ramach tego stypendium prowadzi w Polsce badania 3 fizyków: Fritz Haake, Walter Glöckle i Rainer Lieder.

★

Fritz Haake jest szeroko znanym niemieckim fizykiem teoretykiem, którego rozległy obszar zainteresowań obejmuje fizykę statystyczną, optykę kwantową, a także teorie układów nieliniowych i chaosu. Jego monografia *Quantum Signatures of Chaos* wydana przez wydawnictwo Springer w 1991 r. jest podstawową pozycją w literaturze kwantowego chaosu – nowej dziedziny fizyki teoretycznej. Pracując przez prawie 25 lat na wydziale fizyki Uniwersytetu w Essen prof. Haake stworzył tam ważny ośrodek fizyki teoretycznej, znany zarówno w Niemczech, jak i za granicą.

Haake od wielu lat utrzymuje częste kontakty z naukowcami z Polski. Wielokrotnie uczestniczył w konferencjach organizowanych w naszym kraju. Przyjmował u siebie kilku stypendystów Humboldta, a na długiej liście jego publikacji pośród współautorów znaleźć można fizyków z Gdańska, Torunia, Warszawy i Krakowa. Na wniosek grupy 14 fizyków z tych ośrodków otrzymał Honorowe Stypendium im. Humboldta na pracę w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Stypendium FNP umożliwi zorganizowanie kilku wizyt prof. Haakego w Polsce. Współ z fizykami polskimi zamierza on kontynuować badania nad granicą półklasyczną chaotycznych układów kwantowych przy uwzględnieniu dyssypacji. Celem projektu badawczego jest uogólnienie na ten przypadek teorii orbit periodycznych oraz zaproponowanie opisu parametrycznej dynamiki zespolonych wartości własnych operatora ewolucji układu kwantowego poprzez zespoły niehermitowskich macierzy losowych.

Karol Życzkowski

★

Walter Glöckle, profesor Uniwersytetu w Bochum, jest wybitnym fizykiem teoretykiem, którego spektrum zainteresowań obejmuje następującą problematykę: formalna teoria rozpraszania, reakcje jądrowe i spektroskopia jądrowa, oddziaływania nukleon-nukleon, układy kilkuatomowe, procesy elektromagnetyczne, relatywistyczna mechanika kwantowa, fizyka hiperjąderek oraz fizyka układów kilkunukleonowych. Do każdej z tych dziedzin wniósł on duży wkład, czego dowodem są liczne i wielokrotnie cytowane prace w międzynarodowych czasopismach naukowych oraz liczne zaproszenia na międzynarodowe, prestiżowe konferencje w celu przedstawienia wyników swoich prac na sesjach plenarnych. Lista publikacji Glöcklego obejmuje ok. 170 pozycji. Współpracuje on z wieloma grupami fizyków, zarówno teoretycznych, jak i eksperymentalnych w różnych ośrodkach naukowych w Europie, USA i Japonii. Szczególnie znaczący wkład wniósł prof. Glöckle w dziedzinę układów kilkunukleonowych. Jest on autorem znanej monografii *The quantum mechanical few-body problem*. W dowód uznania jego wkładu w rozwój tej dziedziny badań został w 1990 r. mianowany honorowym członkiem Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego.

## Ogólnopolskie Forum Dziekanów i Dyrektorów

Od wielu lat prof. Glöckle współpracuje z fizykami polskimi z Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Współpraca ta nie ogranicza się tylko do prac teoretycznych, lecz owocuje również wynikami eksperymentów przeprowadzanych przez krakowską grupę z Instytutu Fizyki UJ.

Henryk Witała

★

Honorowe Stypendium Naukowe im. Aleksandra von Humboldta dla prof. Rainera Michaela Liedera z Instytutu Fizyki Jądrowej w Centrum Badawczym w Jülich zostało przyznane na 12 miesięcy z możliwością zrealizowania w ciągu czterech lat. Pierwszy okres pobytu Liedera w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego miał miejsce pomiędzy 1 września a 30 listopada 1998. Kolejny pobyt planowany jest od 1.04 do 30.06.1999. Rainer Lieder jest znanym w świecie naukowcem, ekspertem od spraw związanych z badaniami w dziedzinie spektroskopii jądrowej (spektroskopia  $\gamma$  na wiązkach ciężkich jonów). W takich eksperymentach można uzyskiwać za pomocą reakcji jądrowych wzbudzenia wysokoenergetycznych stanów o dużym momencie pędu. Warszawski cyklotron (po przerwie modernizacyjnej) dostarcza odpowiednich wiązek jonów pozwalających na prowadzenie takich badań. Dla określenia własności takich wysokowzbudzonych jąder planowane są wspólne pomiary z użyciem układu wielodetektorowego. Układ ten, składający się z 6 detektorów  $\gamma$  (HPGe) w osłonach antykomptonowskich (sprowadzonych z KFA w Jülich) jest zainstalowany i funkcjonuje na jednym z jonowodów cyklotronu U-200P. W ramach przyznanego (i zakończonego) grantu KBN układ został rozbudowany i uzupełniony o 30-elementowy filtr krotności cząstek naładowanych (SiBall), odpowiednią elektronikę, układ automatycznego napełniania ciekłym azotem, komory tarczowe, komory diagnostyczne oraz dodatkowo o system do renowacji detektorów HPGe (system annealingu).

Planowane są wspólne eksperymenty zmierzające m.in. do: 1) badania struktury stanów wysokospinowych w lekkich izotopach Gd w celu poszukiwania pasm dipolowych odpowiadających deformacji jąder typu spłaszczonego (kształt dysku); 2) badania struktury jąder w obszarze zbliżonym do podwójnie magicznej cyny  $^{100}\text{Sn}$  w celu określenia wartości oddziaływań szczytkowych dla testów modelu powłokowego w tym obszarze; 3) poszukiwania efektu zakończenia pasma poziomów wzbudzonych (band termination) w różnych obszarach jąder.

Badania te są prowadzone razem z naukowcami z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW, Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, Instytutu Problemów Jądrowych w Świerku, KFA Jülich, Uniwersytetu Śląskiego oraz Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów UW. Eksperymenty te są komplementarne do również wspólnych badań prowadzonych przy pomocy wielodetektorowego europejskiego układu pomiarowego EUROBALL.

Jan Kownacki

Dziekani i dyrektorzy zebrani na III Spotkaniu Dziekanów Wydziałów Fizyki i Dyrektorów Instytutów Fizyki w Poznaniu w dniach 6–7 lutego 1999 r. powołali nieformalną organizację pod nazwą: Ogólnopolskie Forum Dziekanów Wydziałów Fizyki i Dyrektorów Instytutów Fizyki.

1. Celem Forum jest utworzenie działającej w sposób ciągły platformy współpracy w dziedzinie kształcenia studentów fizyki i prowadzenia badań naukowych, finansowania nauki, wymiany zagranicznej studentów i pracowników, udziału w międzynarodowych programach badawczych, współdziałania z instytucjami rządowymi odpowiedzialnymi za edukację i naukę – MEN i KBN.

2. Do Forum mogą przystąpić dziekani wydziałów fizyki i dyrektorzy instytutów fizyki z każdej polskiej uczelni prowadzącej studia w ramach kierunku: fizyka.

3. Forum wybiera spośród swoich członków przewodniczącego i zastępcę przewodniczącego. Ich kadencja trwa 1 rok – zaczyna się 1 września i kończy się 31 sierpnia.

W roku 1999 kadencja trwa od 7 lutego do 31 sierpnia 1999 roku.

4. Posiedzenia Forum odbywać się będą przynajmniej dwa razy w roku w uczelni, która wyrazi chęć zorganizowania takiego spotkania. W posiedzeniach Forum uczestniczą dziekani i dyrektorzy lub wyznaczeni przez nich prodziekani i wicedyrektorzy oraz osoby zaproszone przez przewodniczącego.

5. Przystąpienie do Forum następuje po złożeniu na ręce przewodniczącego Forum deklaracji podpisanej przez dziekana lub dyrektora.

6. Forum rozpoczyna działalność 7 lutego 1999 r.

Pierwszym Przewodniczącym Forum został dziekan Wydziału Fizyki UAM dr hab. Wojciech Nawroć, prof. UAM.

W dniach 20–21 marca odbyło się kolejne spotkanie Forum praktycznie w całości poświęcone sprawie udziału wyższych uczelni w realizacji reformy edukacji narodowej. Przewodniczący Forum zaprosił na to spotkanie osoby z różnych ośrodków akademickich, które od lat zajmują się sprawami edukacji i które w krótkich wystąpieniach przedstawiły swoje opinie. Między innymi omawiane były problemy związane z kształceniem nauczycieli, adekwatnym do wymogów zreformowanego systemu szkolnictwa. Dyskutowano, jak wydziały fizyki powinny się włączyć w kształcenie nauczycieli przedmiotu: przyroda, jak mogą pomóc nauczycielom zdobywać nowe kwalifikacje wymuszone przez reformę. Z niepokojem wszyscy przyjęli informację o kolejnej redukcji godzin fizyki w szkołach i znikaniu treści fizycznych w programach nauczania o przyrodzie.

W wyniku spotkania sformułowane zostało stanowisko Forum w sprawie udziału środowiska fizyków w kształtowaniu reformy edukacji. Zostało ono jednoomyślnie przyjęte przez obecnych.



## STANOWISKO

*Forum Dziekanów Wydziałów Fizyki  
i Dyrektorów Instytutów Fizyki  
w sprawie udziału środowisk fizyków  
w kształtowaniu reformy edukacji*

*podjęte na spotkaniu w dniach 20–21 marca 1999 roku*

*Forum Dziekanów Wydziałów Fizyki i Dyrektorów Instytutów Fizyki na spotkaniu w Poznaniu w dniach 20 i 21 marca 1999 r. dostrzegło konieczność aktywniejszego włączenia się środowiska fizyków w kształtowanie reformy edukacji w Polsce.*

*W reformowanych w ostatnich latach systemach edukacyjnych wielu krajów europejskich, takich jak Wielka Brytania, Holandia czy Norwegia, widoczna jest troska o przekazanie uczniom podstawowych treści fizycznych. Jest to wyrazem świadomości, że wiedza z fizyki jest jednym z podstawowych składników kultury naukowej społeczeństwa. Nie możemy tego powiedzieć o reformowanym systemie edukacyjnym w Polsce, który po raz kolejny obniża liczbę godzin przeznaczonych na lekcje fizyki.*

*Forum przyjęło następujące stanowisko:*

*1. Niezbędne jest tworzenie na wydziałach fizyki wyższych uczelni podyplomowych studiów dla nauczycieli biologii, chemii, fizyki i geografii, przygotowujących ich do nauczania przyrody w szkole podstawowej.*

*2. Wydziały fizyki powinny rozważyć możliwość włączenia się w proces kształcenia nowych nauczycieli przyrody.*

*3. Uważamy, że licencjat z biologii, chemii, fizyki i geografii daje niezbędną kulturę naukową, która po pewnym rozszerzeniu wiedzy merytorycznej umożliwia nauczanie przyrody w szkole podstawowej.*

*4. Fizycy powinni włączyć się aktywnie w opracowywanie podstaw programowych dla liceów. Należy zadbać o to, by projekty podstaw programowych były konsultowane z Forum jako reprezentantem środowiska fizyków wyższych uczelni.*

*5. Trzeba zadbać o to, by sprawdziany po szkole podstawowej i gimnazjum zawierały znaczące treści fizyczne.*

*6. W przygotowywanym systemie „nowa matura” powinna się znaleźć fizyka jako jeden z możliwych przedmiotów maturalnych.*

*7. Należy dążyć do rozwinięcia zagadnień z fizyki znajdujących się w obowiązującej już podstawie programowej przyrody w szkole podstawowej.*

*8. Należy dążyć do zwiększenia w gimnazjum liczby godzin z fizyki do 6 kosztem godzin do dyspozycji dyrektora szkoły.*

*Szerokie zaangażowanie środowiska fizyków pozwoli nadać reformowanemu systemowi edukacji właściwy kształt z pożytkiem dla przyszłych pokoleń.*

*Przewodniczący Forum  
dr hab. W. Nawrociak, prof. UAM*

*Forum zobowiązało swego przewodniczącego zarówno do jak najszerzego nagłośnienia stanowiska w środowisku fizyków, jak i do zapoznania z nim decydentów.*

*Katarzyna Chałasińska-Macukow*

## Światło o prędkości rowerzysty

Czytelnicy *Postępów* zetknęli się już z tzw. stanami ciemnymi (ostatnio była o nich mowa w wykładach noblowskich Claude'a Cohena-Tannoudjiego w zeszycie 1/99 oraz Stevena Chu w zeszycie 3/99). Są to stany układu: atom + pole promieniowania (tj. atomu „ubranego” w fotony), dla których – w wyniku destruktywnej interferencji amplitud przejść – prawdopodobieństwo absorpcji (a więc i emisji) światła wynosi zero (stąd ich nazwa). Wykorzystanie stanów ciemnych jest jedną z metod pozwalających na chłodzenie atomów poniżej energii odrzutu atomu, związanej z emisją fotonu.

Układ atomów w stanie ciemnym ma też ciekawe właściwości dyspersyjne. Ponieważ nie występuje absorpcja, to ośrodek atomowy – w normalnych warunkach silnie pochłaniający światło – staje się przezroczysty. Zjawisko to nazywa się wymuszoną elektromagnetycznie przezroczystością. Impuls światła o częstości dopasowanej do częstości przejścia atomowego przechodzi przez taki ośrodek bez zmiany kształtu, ale z prędkością, która może znacznie różnić się od prędkości światła w próżni. To zmniejszenie prędkości impulsu staje się niezwykle silne w warunkach ekstremalnych: dla układów bardzo chłodnych i bardzo gęstych.

Prędkość grupowa impulsu, wyznaczająca czas jego przejścia przez ośrodek, jest w przybliżeniu proporcjonalna do natężenia światła wytwarzającego stany ciemne, a odwrotnie proporcjonalna do koncentracji atomów. Dla atomów silnie ochłodzonych, a więc o małej prędkości ruchu cieplnego, szerokość dopplerowska jest bardzo mała, w związku z czym do wytworzenia stanów ciemnych wystarczy światło o niewielkim natężeniu. W miarę chłodzenia atomów rośnie też koncentracja chmury atomów, a więc działają oba czynniki dające zmniejszenie prędkości grupowej.

W liście do *Nature*, opublikowanym w lutym 1999 r., Lene Vestergaard Hau z Instytutu Rowlanda w Cambridge (Massachusetts, USA) i jej współpracownicy donoszą o doświadczeniu, w którym zmierzono prędkość grupową impulsu, wynoszącą 17 m/s, a więc ok. 20 milionów razy mniejszą od prędkości światła w próżni. Obrazowo mówiąc, jest to prędkość szybko jadącego rowerzysty!

Wiązka atomów sodu została najpierw spowolniona metodą chłodzenia zeemanowskiego, następnie atomy umieszczono w pułapce magnetoptycznej, by wreszcie ochłodzić je przez parowanie do temperatury odpowiadającej przejściu do kondensatu Bosego-Einsteina i poniżej tej temperatury. Prędkość 17 m/s zmierzono dla najniższej uzyskanej temperatury, równej 50 nK, w której chmura atomów była niemal czystym kondensatem Bosego-Einsteina. Rozmiar chmury był rzędu 0,1 mm, a czas przejścia impulsu przez ośrodek – kilka mikrosekund (długość impulsu wynosiła 2,5  $\mu$ s). Impuls wychodzący z ośrodka był nieznacznie osłabiony w stosunku do impulsu wejściowego, lecz w nieobecności wiązki wytwarzającej stany ciemne chmura miałaby współczynnik przepuszczalności rzędu  $\exp(-110)$ !



Autorzy mają nadzieję, że dzięki dalszym ulepszeniom układu doświadczalnego uda im się uzyskać jeszcze mniejsze prędkości grupowe impulsu, być może nawet rzędu centymetra na sekundę. Jest to prędkość porównywalna z prędkością dźwięku w kondensacie Bosego-Einsteina, co pozwala się spodziewać, że przejściu impulsu przez kondensat może wówczas towarzyszyć wzbudzenie w ośrodku fononów.

*Nature* 297, nr 6720 (1999)

M. Ł.

### Tanie zwierciadło „doskonałe”

Zwierciadła metalowe odbijają światło o dużym zakresie częstości, padające pod wszelkimi kątami (odbicie wszechkierunkowe), pochłaniają jednak część padającego promieniowania. Istnieją wprawdzie zwierciadła złote, pochłaniające jedynie bardzo niewielki ułamek promieniowania, te są jednak bardzo kosztowne, co uniemożliwia stosowanie ich, gdy potrzebna jest duża powierzchnia odbijająca. Wielowarstwowe zwierciadła dielektryczne odbijają praktycznie bez strat światło z wąskiego obszaru widmowego, charakterystycznego dla danej kombinacji dielektryków, ale tylko przy prawie prostopadłym kierunku padania.

Ostatnio w MIT opracowano zwierciadło łączące cechy zwierciadeł metalicznych (wszechkierunkowość) i dielektrycznych (odbicie bez strat). Jest to periodyczny układ dziewięciu naprzemiennych warstw polistyrenu (każda o grubości  $1,65 \mu\text{m}$  i współczynnika załamania  $n = 1,6$ ) i telluru ( $0,8 \mu\text{m}$  i  $n = 4,6$ ). Zwróćmy uwagę, że współczynniki załamania tych dwóch materiałów bardzo się od siebie różnią. Tak utworzone zwierciadło „doskonałe” odbija bez strat promieniowanie w obszarze  $10\text{--}15 \mu\text{m}$  padające ze wszystkich kierunków, jest stosunkowo mało czułe na polaryzację, a przede wszystkim jest nieporównanie tańsze niż zwierciadło złote. Zdaniem autorów, dobierając właściwie materiały warstw i ich grubości będzie można uzyskiwać wszechkierunkowe odbicie również w innych obszarach widma.

Tego rodzaju zwierciadła mogą znaleźć zastosowanie wszędzie tam, gdzie trzeba uzyskać dużą powierzchnię odbijającą, np. w ekranach termicznych, światłowodach czy optycznych wnękach rezonansowych.

*Science* 282, nr 5394 (1998)

B. W.

### Odkurzacz kosmiczny

Na satelicie obserwacyjnym, który został wystrzelony w końcu lutego 1999 r. i ma okrążyć Ziemię przez 3 lata, znajduje się przyrząd do badania śmieci kosmicznych. Przyrząd ten, nazywający się SPADUS (space dust) ma mierzyć masę, prędkość i trajektorie obiektów zbyt małych, by mogły być obserwowane z Ziemi. Chodzi oczywiście o to, że zderzenia z niektórymi z nich mogą być niebezpieczne dla sztucznych satelitów.

SPADUS został zaprojektowany w Uniwersytecie Chicagowskim i będzie mógł odróżniać „śmiecie ko-

smiczne” wytworzone przez działalność ludzką od pyłów pochodzących z komet i innych obiektów naturalnych.

*Nature* 398, nr 6722 (1999)

B. W.

### Popularyzacja nie musi unikać wzorów matematycznych

W czasopiśmie *Nature* z 11 lutego 1999 r. Len Fisher, fizyk z Uniwersytetu w Bristolu, opowiada, jak wzbudził olbrzymie zainteresowanie publiczności i entuzjazm dziennikarzy wyjaśniając, jakie korzyści mamy z praw fizyki, by w sposób właściwy maczać herbatnik w kawie czy herbacie. Maczanie (zwyczaj obrzydliwy i nie wszędzie akceptowany towarzysko) powoduje znaczne wzmocnienie wydobywającego się z ciasteczka zapachu.

Herbatnik jest porowaty, między grudkami ciasta są w nim łączące się ze sobą puste kanały. Gdy go maczamy, zjawisko włoskowatości powoduje, że płyn wciągany jest tymi kanałami, podobnie jak bibuła wciąga (a raczej niegdyś wciągała) kleks z atramentu. Przykrym problemem dla nałogowców maczania jest to, że zwilżona część herbatnika staje się bardzo miękka, szczególnie gdy herbata czy kawa są gorące. Herbatnik to w zasadzie suche grudki skrobi sklejone cukrem. Gorący płyn rozmięcza grudki skrobi i rozpuszcza cukier. Maczany herbatnik staje się tak miękki, że rozpada się pod własnym ciężarem.

Jak fizyk poradzi sobie z tym problemem? Jak powinien maczać herbatnik, by część jego pozostała sucha, a więc wytrzymała mechanicznie, i mogła utrzymać ciężar miękkiej części? Zamiast trzymać herbatnik przy zamaczaniu pionowo, jak to zwykle robią laicy, fizyk chwyta za brzeg ciasteczka i wprowadza go do napoju pod bardzo małym kątem, tak aby tylko spodnia powierzchnia była zwilżana, a górna pozostawała sucha.

Pokaz maczania herbatników odbył się na konferencji prasowej w Londynie, wzbudził entuzjazm dziennikarzy nie tylko brytyjskich, zainteresowały się także radio i telewizja australijska oraz południowoafrykańska. Fisher, tłumacząc proces maczania, wprowadził równanie Washburna, opisujące przepływ kapilarny w materiale porowatym:

$$L^2 = \gamma Dt / 4\eta,$$

gdzie  $t$  jest czasem potrzebnym, by płyn o lepkości  $\eta$  i napięciu powierzchniowym  $\gamma$  przeniknął na głębokość  $L$ . Stosując to równanie Fisher mógł na pokazie przewidywać, jak długo można dany rodzaj herbatników maczać zanim się rozpadną. To tak zafascynowało dziennikarzy, że wielu z nich telefonowało później do niego, by sprawdzić, czy właściwie zanotowali równanie.

Zwykle wydawcy popularnych tekstów wymagają od autorów, by unikali wyrażeń matematycznych. Skąd więc takie powodzenie w odbiorze tego równania? Fisher sądzi, że społeczeństwo uważa naukowców za następców dawnych magów, posiadających klucze do wiedzy niedostępnej zwykłym śmiertelnikom. Dziennikarzom wydało się, że posiadli jeden z tych kluczy i stąd ten ich entu-

zjazm. Może więc w popularyzacji nie należy tak bardzo unikać równań.

*Nature* 397, nr 6719 (1999)

B. W.

### Biblioteczny skandal

Uniwersytet Keele w Newcastle (Staffordshire) sprzedał w lecie 1998 r. tzw. kolekcję Turnera – ok. 1400 rzadkich książek i druków z dziedziny fizyki i matematyki, którą przed 30 laty ofiarował Uniwersytetowi urzędnik państwowy Charles Turner. Było wśród nich 8 książek z biblioteki Izaaka Newtona z jego uwagami na marginesach, karta z jego notatek do wykładów (po łacinie) o tęczu, pierwsze drukowane wydanie *Elementów* Euklidesa (1482), trzy pierwsze wydania *Principiów* Newtona, prace Kartezjusza, Galileusza, a z dzieł późniejszych – książki lorda Kelvina, Maxwella, Helmholtza, Cauchy'ego. Wszystko to sprzedano za 1 milion funtów. Biblioteka uniwersytecka chce uzyskane ze sprzedaży pieniądze przeznaczyć na zakup podręczników dla studentów i na komputeryzację katalogu.

Fakt sprzedaży kolekcji wykrył John Dennis z Brytyjskiego Towarzystwa Historii Matematyki, gdy na jesieni 1998 r. chciał obejrzeć tę kolekcję. Oburzenie wśród naukowców, historyków i bibliotekarzy brytyjskich jest ogromne. Tym większe, że mimo złożonego Uniwersytetowi zapewnienia przez kupującego „anonimowego zbieracza”, iż kolekcja pozostanie nienaruszona w Wielkiej Brytanii, już jedna z tych książek pojawiła się na licytacji w Nowym Jorku, a tytuły kilku innych odnaleziono w katalogach księgarzy. Wściekłość krytyków tej sprzedaży wzbudza szczególnie fakt, że Uniwersytet Keele nie podał do publicznej wiadomości zamiaru sprzedaży kolekcji. Bibliotekarze z Biblioteki Brytyjskiej, Towarzystwa Królewskiego i Trinity College w Cambridge twierdzą, że nic o tym zamiarze nie wiedzieli i że zdobycie 1 miliona funtów na zakup tak cennej kolekcji nie stanowiłoby dla nich problemu nie do rozwiązania.

*Phys. Today* 52, nr 4 (1999)

B. W.

### Sacharow w Internecie

Centrum Historii Fizyki Amerykańskiego Instytutu Fizyki udostępniło w Internecie zbiór danych biograficznych o Andrzeju Sacharowie (1921 – 1989), przygotowany przez Genadiego Gorelika: „Andrei Sakharov: Soviet Physics, Nuclear Weapons, and Human Rights”. Można to znaleźć na stronie [www.aip.org/history/sakharov](http://www.aip.org/history/sakharov).

B. W.

### Bjoern Wiik (1937 – 1999)

W dniu 26 lutego 1999 r. zmarł w wypadku Bjoern H. Wiik, dyrektor generalny Niemieckiego Ośrodka Synchrotronu Elektronowego DESY w Hamburgu. Przyczynąjąc gałęzie drzewa w swoim ogrodzie koło domu w małej wiosce Appel/Nordheide pod Hamburgiem spadł z dra-

biny na ziemię z wysokości kilku metrów. Doprowadzony przez syna do domu, stracił przytomność i już jej nie odzyskał mimo pomocy lekarskiej.

Międzynarodowa społeczność naukowa straciła jednego ze swych najwybitniejszych przedstawicieli. Fizycy polscy stracili bliskiego przyjaciela i współpracownika, profesora honorowego Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, członka zagranicznego Polskiej Akademii Nauk.



Bjoern Wiik

Bjoern Wiik urodził się 17 lutego 1937 r. w Bruvik, w Norwegii. Szkołę średnią ukończył w Bergen. W latach 1956–65 studiował fizykę na Politechnice w Darmstadcie (RFN), gdzie uzyskał stopień doktora za pracę w dziedzinie doświadczalnej fizyki jądrowej (1965). Zatrudniony początkowo w Instytucie Technicznej Fizyki Jądrowej w Darmstadcie (1964–65), w latach 1965–72 jako Research Associate w Stanfordzie (Kalifornia, USA) prowadził badania w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych, najpierw w Laboratorium Fizyki Wielkich Energii (HEPL), a następnie w Stanfordzkim Ośrodku Akceleratora Liniowego (SLAC) w Stanfordzie. Zatrudniony od 1972 r. w Niemieckim Ośrodku Synchrotronu Elektronowego DESY w Hamburgu (RFN), od roku 1976 jako „wiodący uczony” (Leitender Wissenschaftler), uczestniczył w eksperymencie TASSO przy akceleratorze PETRA zderzającym przeciwbieżne wiązki elektronów i pozytonów. Odegrał kluczową rolę w jednym z największych osiągnięć fizyki wielkich energii – odkryciu gluonów (gluonowego promieniowania hamowania). Na konferencji w Bergen (1979) pokazał pierwszy przypadek o charakterystycznej

strukturze „trójdzietowej” świadczącej o udziale gluonu w anihilacji elektronu z pozytonem. W 1981 r. został profesorem fizyki na Uniwersytecie Hamburgskim. W latach 1981–92 kierował projektem HERA: budową i uruchomieniem unikatowego akceleratora zderzającego przeciwbieżne wiązki elektronów/pozytonów z protonami. Profesor Wiik był członkiem Norweskiej Akademii Nauk (Norwegian Academy of Science and Letters and of Technical Science), Norweskiego Królewskiego Towarzystwa Naukowego, Amerykańskiej Akademii Nauk (American Academy of Arts and Sciences) oraz Polskiej Akademii Nauk. W 1995 r. został laureatem Nagrody Fizyki Wielkiej Energii Europejskiego Towarzystwa Naukowego.

Bjoern Wiik odegrał istotną rolę w udziale polskich ośrodków naukowych w Krakowie i w Warszawie w projekcie HERA; w latach osiemdziesiątych wielokrotnie odwiedzał Kraków i Warszawę, zapraszając polskich fizyków, inżynierów i techników na długoterminowe pobyty w DESY do uczestnictwa w konstrukcji i uruchamianiu akceleratora HERA. Ich udział w projekcie HERA został oceniony wysoko przez kierownictwo projektu i dyrekcję DESY. Krakowskie i warszawskie ośrodki naukowe uczestniczyły aktywnie w budowie wielkich detektorów, H1 i ZEUS, w ramach międzynarodowych współprac przy akceleratorze HERA. Od 1992 r. zbierają one i analizują dane doświadczalne dotyczące głęboko nieelastycznego rozpraszania elektronów/pozytonów na protonach.

1 marca 1993 profesor Wiik został dyrektorem generalnym DESY (Vorsitzender des DESY-Direktoriums – przewodniczący Rady Dyrekcji DESY). Przyszłość DESY widział w budowie wielkiego urządzenia do badań przyrodniczych: liniowego akceleratora TESLA (TeV Superconducting Linear Accelerator) przeciwbieżnych wiązek (o energii 250 GeV) elektronów i pozytonów wraz ze zintegrowanymi źródłami promieniowania synchrotronowego czwartej generacji działającymi na zasadzie lasera na swobodnych elektronach. Zgodnie z projektem, elementami

przyspieszającymi elektrony i pozytony mają być wnęki nadprzewodzące, wykonane z czystego niobu (działające w temperaturze 1,8 K). Projekt wymaga m.in. intensywnych badań nad technologią budowy takich wnęk na skalę masową, techniką uzyskiwania wiązek promieniowania synchrotronowego na zasadzie lasera na swobodnych elektronach, konstrukcją nowych źródeł elektronów i wielu innych. Do udziału w tych pracach prof. Wiik zaprosił fizyków polskich z Krakowa i z Warszawy. Dla omawiania projektu TESLA składał liczne wizyty w Polsce wygłaszając referaty na seminariach i konferencjach w Krakowie i w Warszawie oraz prowadząc konsultacje z kierownictwem Polskiej Akademii Nauk i Państwowej Agencji Atomistyki. Rozmowy te doprowadziły do podpisania umów z Prezesem PAN oraz Prezesem PAA o współpracy naukowej i technicznej między PAN i PAA a DESY dotyczącej udziału Polski w bieżących pracach związanych z projektem TESLA (1995, 1996 i 1998) i zmierzających w przyszłości do pełnego udziału Polski w tym projekcie. Dałoby to uczonym polskim różnych specjalności możliwość udziału w badaniach przy użyciu najbardziej zaawansowanego technicznie urządzenia badawczego XXI w.

Bjoern Wiik złożył swoją ostatnią wizytę w Polsce w styczniu 1999 r. podczas międzynarodowej konferencji w Krakowie (Cracow Epiphany Conference).

Jego koledzy i współpracownicy z DESY napisali we wspomnieniu pośmiertnym: „Straciliśmy nie tylko uznanego w świecie uczonego, ale też dobrego kolegę i wybitnego dyrektora. Dzięki jego wizji przyszłości i strategicznym planom naukowym, w połączeniu z jego tolerancją i osobistym ciepłem, Bjoern H. Wiik stworzył nowe i fascynujące możliwości dla międzynarodowej społeczności uczonych i dla przyszłości DESY”.

Takim pozostanie w naszej pamięci.

Janusz A. Zakrzewski

---

---

## 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).

### 1999

5 – 12 lipca 1999, Supraśl

#### **13th Int. School of Condensed Matter Physics: Physics and Chemistry of Modern Materials**

Inst. Fizyki Uniw. w Białymstoku; prof. L. Dobrzyński, IF UwB, Lipowa 41, 15-424 Białystok, tel.: (85) 7457216, fax: (85) 7457223, adr.el.: ludwik@alpha.uwb.edu.pl.  
ang.

7 – 9 lipca 1999, Warszawa

#### **Int. Symp. Plasma '99 – Research and Applications of Plasma**

Sekcja Fizyki Plazmy Komitetu Fizyki PAN, Centrum Badań Kosmicznych PAN, Inst. Problemów Jądrowych; Kom. Org. Plasma '99, CBK PAN, Bartycka 18A, 00-716 Warszawa, fax: (22) 403131, adr.el.: plasma99@cbk.waw.pl, Internet: www.cbk.waw.pl/plasma99.

P, O: 110 USD, ang.

11 – 16 lipca 1999, Warszawa

**24th Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases**

Inst. Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy; J. Wołowski, IFPiLM, Hery 23, 00-908 Warszawa, skr. poczt. 49, tel. (22) 6859605 lub 6857096, fax: (22) 6668372, adr.el.: icpig99@ifpilm.waw.pl, Internet: ifpilm.waw.pl/icpig99/ICPIG\_99.html. O: 350–400 USD, ang.

1 – 11 września 1999, Krzyż

**26th Mazurian Lakes School of Physics: Nuclear Physics at the Turn of the Century; Problems, Ideas, Techniques**

Inst. Problemów Jądrowych; K. Delegacz, IPJ, Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel.: (22) 7180583, fax: (22) 7793481, adr.el.: kasia@fuw.edu.pl. ang.

13 – 17 września 1999, Krynica-Zdrój

**Int. Conf. on Liquid Crystals**

Wojskowa Akademia Techniczna i Polskie Towarzystwo Wzrostu Kryształów; dr Jerzy Zieliński, Inst. Fizyki Technicznej WAT, Kaliskiego 2, 01-489 Warszawa, tel.: (22) 6859559 lub (22) 6859076, fax: (22) 6859109, adr.el.: zielj@wat.waw.pl. P, ang.

20 – 23 września 1999, Białystok

**XXXV Zjazd Fizyków Polskich**

Oddział Białostocki PTF; prof. Andrzej Maziewski, IF UwB, Lipowa 41, 15-424 Białystok, tel.: (85) 7457228, fax: (85) 7457222, adr.el.: ptf@alpha.uwb.edu.pl, Internet: wwwzft.uwb.edu.pl/if/PTF.html.

20 – 23 września 1999, Pułtusk

**Interferometry '99**

Polska Sekcja SPIE i Inst. Mikromechaniki i Fotoniki PW; prof. Małgorzata Kujawińska, IMF PW, Chodkiewicza 8, 02-525 Warszawa, tel.: (22) 6608602 lub (22) 6608489, fax: (22) 6608601, adr.el.: zto@mp.pw.edu.pl. P, O: 350 USD, studenci 250 USD, ang.

21 – 24 września 1999, Ustroń

**I Int. Seminar on Semiconductor Surface Passivation – SSP '99**

Inst. Fizyki Pol. Śląskiej; dr hab. Jacek Szuber, IF PŚI, Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, tel.: (32) 2372057, fax: (32) 2372216, adr.el.: ssp99@tytan.matfiz.polsl.gliwice.pl. A: 31.5.99, P, U: 75, O: 250 USD, ang.

22 – 25 września 1999, Wrocław

**EOS topical meeting on Physiological Optics**

Europejskie Tow. Optyczne i Politechnika Wrocławska; dr Henryk Kasprzak, IF PWr, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3203613 lub (71) 3202592, fax: (22) 3283696, adr.el.: pho@rainbow.if.pwr.wroc.pl, Internet: www.if.pwr.wroc.pl/POG/ang.

27 września – 1 października 1999, Świnoujście

**6th Symp. on Laser Technology**

Politechnika Szczecińska, Politechnika Warszawska, Wojskowa Akademia Techniczna; prof. W. Woliński, Inst. Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel.: (22) 6254786, fax: (22) 6288740, adr.el.: wwolinski@imio.edu.pl. P, ang.

14 – 16 października 1999, Krasnobród

**Technology and Applications of Lightguides**

Pracownia Technologii Światłowodów UMCS oraz Politechnika Lubelska; prof. Jan Rayss, PTŚ UMCS, pl. M. Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin, tel.: (81) 5375573, fax: (81) 5333348, adr.el.: koper@hermes.umcs.lublin.pl.

20 – 22 października 1999, Warszawa

**Int. Conf. Biological Optics for Medicine**

Sekcja Polska SPIE i Inst. Optyki Stosowanej; mgr Mariusz Szyjer, IOS, Kamionkowska 18, 03-805 Warszawa, tel.: (22) 8184497 lub (22) 8102589, fax: (22) 8133265, adr.el.: iosto@atos.warman.com.pl.

Z: 15.6.99, A: 15.9.99, P, O: 140 zł, ang., pol, ros.

**2000**

12 – 17 czerwca 2000, Jaszowiec

**V Int. School and Symp. on Synchrotron Radiation in Natural Science**

Inst. Fizyki Jądrowej; Wojciech Kwiatek, IFJ, Zakład Spektroskopii Jądrowej, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, tel.: (12) 6370222 w. 235, fax: (12) 6371881, adr.el.: synchrotron@castor.if.uj.edu.pl.

26 – 28 czerwca 2000, Wrocław

**XIII Konferencja „Nauczanie fizyki w wyższych szkołach technicznych”**

Inst. Fizyki Pol. Wrocławskiej i Polskie Towarzystwo Fizyczne; prof. Ewa Dobierzewska-Mozrzyńska, IF PWr, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3202020 lub (71) 3202787, fax: (71) 3283696, adr.el.: kon2000@rainbow.if.pwr.wroc.pl.

Z: 30.11.99, O: 350 zł.

---

---

## SPROSTOWANIE

---

---

W artykule pt. „II Ogólnopolski Konkurs na Doświadczenie Pokazowe z Fizyki” (PF nr 2/1999) przedstawiłem zdobywców drugich nagród, zatrudnionych w UJ i AGH, jako „pracowników uczelnianych zakładów dydaktyki fizyki”. W rzeczywistości dr Teresa Jaworska-Gołąb pracuje w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego Instytutu Fizyki UJ. Gorąco przepraszam laureatkę i czytelników PF.

Andrzej Zięba



---

---

## WARUNKI PRENUMERATY

---

---

Cena prenumeraty krajowej w 1999 r. wynosi 15,00 zł za pół roku, 30,00 zł za rok. Prenumeratę można zamówić za pośrednictwem:

### I. RUCH-u

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

### II. ZARZĄDU GŁÓWNEGO PTF

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

### III. ODDZIAŁÓW PTF

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

---

---

## INFORMACJE DLA AUTORÓW

---

---

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

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

---

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

### INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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

---

## SPIS TREŚCI

K. Zalewski – Z pogranicza fizyki cząstek i fizyki statystycznej .....	169
S. Siekierski – Efekty relatywistyczne w chemii .....	175
<b>RÓŻNE</b>	
A. Hryniewicz – Dyktat stałych Przyrody .....	182
<b>WSPOMNIENIA – ROCZNICE</b>	
P.E. Toschek – Dzieło Wolfganga Paula: jego znaczenie dzisiaj i w przyszłości .....	187
<b>DYDAKTYKA FIZYKI</b>	
J. Warczewski – Uwagi o podstawach dydaktyki fizyki .....	194
<b>NOWOŚCI NAUKOWE</b>	
A. Sobiczewski – Postęp w syntezie najcięższych jąder .....	204
<b>ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI</b> .....	208
<b>RECENZJE</b> .....	211
<b>KRONIKA</b> .....	216

## CONTENTS

K. Zalewski – At the border between particle and statistical physics .....	169
S. Siekierski – Relativistic effects in chemistry .....	175
<b>MISCELLANEA</b>	
A. Hryniewicz – Under the rule of fundamental constants .....	182
<b>RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES</b>	
P.E. Toschek – Wolfgang Paul's work: its significance for today and for the future .....	187
<b>PHYSICS TEACHING</b>	
J. Warczewski – Remarks on the fundamentals of the didactics of physics .....	194
<b>SCIENTIFIC NEWS</b>	
A. Sobiczewski – Progress in the synthesis of heaviest nuclei .....	204
<b>MEETINGS AND CONFERENCES</b> .....	208
<b>REVIEWS</b> .....	211
<b>CHRONICLE</b> .....	216

**WKRÓTCE**

- *Piotr J. Durka – Elektroencefalogram i adaptacyjne przybliżenia sygnałów*
- *Pierre-Gilles de Gennes o błędach fizyków*
- *Fizyka szyb samochodowych*
- *Michael Weiden o spinowym stanie Peierlsa*
- **ZESZYT DODATKOWY: MATERIAŁY ZJAZDU FIZYKÓW POLSKICH W BIAŁYMSTOKU**