

PTF

DWUMIESIĘCZNIK
POŚWIĘCONY
UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY
FIZYCZNEJ

POSTĘPY FIZYKI

TOM 44
ZESZYT 6
1993

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

- Prezes: Prof. dr HENRYK SZYMCZAK
- Wiceprezysi: Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN
Prof. dr JERZY NIEWODNICZAŃSKI
- Sekretarz Generalny: Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI
- Skarbnik: Dr LUCJAN ZEMŁO
- Członkowie Zarządu: Prof. dr EWA DOBIERZEWSKA-MOZRZYMAS
Dr ZOFIA GOŁĄB-MEYER
Prof. dr STEFAN POKORSKI
Dr EDMUND ŚNIADEK
Doc. dr ANDRZEJ WIĘCKOWSKI
Mgr MARIA ZABOROWSKA-KUŚMIEREK

Redaktorzy naczelni czasopism PTF

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

Przewodniczący Oddziałów Towarzystwa

- | | |
|---------------------------------------|---|
| Prof. dr MICHAŁ ŚWIĘCKI (Białystok) | Doc. dr BAZYLI BOŃCZAK (Łódź) |
| Dr ALEKSANDRA WRONKOWSKA (Bydgoszcz) | Dr hab. JÓZEF MUSIEŁOK (Opole) |
| Dr hab. ZYGMUNT BAŃ (Częstochowa) | Prof. dr STANISŁAW K. HOFFMANN (Poznań) |
| Prof. dr CZESŁAW SZMYTKOWSKI (Gdańsk) | Prof. dr RYSZARD KĘPA (Rzeszów) |
| Dr TOMASZ GOSLAR (Gliwice) | Dr HENRYK WREMBEL (Słupsk) |
| Prof. dr WIESŁAWA ZAREK (Katowice) | Prof. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin) |
| Dr MAREK PAJEK (Kielce) | Prof. dr ANDRZEJ BIELSKI (Toruń) |
| Prof. dr ANDRZEJ SZYTUŁA (Kraków) | Prof. dr IRENEUSZ STRZAŁKOWSKI (Warszawa) |
| Prof. dr STANISŁAW HAŁAS (Lublin) | Prof. dr ZYGMUNT GALASIEWICZ (Wrocław) |

ADRES ZARZĄDU

00-681 Warszawa, ul. Hoża 69
tel./fax 21 26 68
adres elektroniczny: ptf@fuw.edu.pl

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 44, ZESZYT 6
1993

Zeszyt dofinansowany
przez Komitet Badań Naukowych

Wydano pod patronatem
Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 1993

RADA REDAKCYJNA

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

KOMITET REDAKCYJNY

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

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

Korespondenci Oddziałów PTF:

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

Krystyna Siwek-Wilczyńska

*Institut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytet Warszawski
Warszawa*

Janusz Wilczyński

*Institut Problemów Jądrowych
im. A. Sołtana
Świerk*

Mechanizmy reakcji w zderzeniach jądro-jądro przy niskich i średnich energiach*

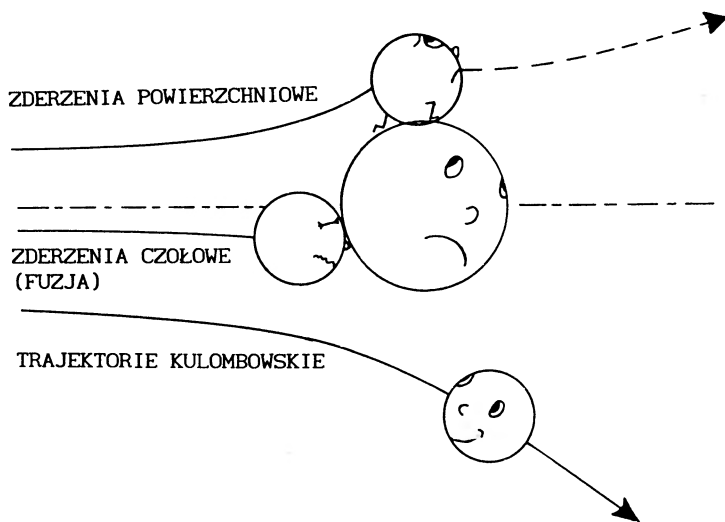
Reaction mechanisms in nucleus-nucleus collisions at low and intermediate energies

Abstract: A retrospect of some selected aspects of the mechanism of nucleus-nucleus collisions studied over the period of the last twenty years is presented. Special attention is given to the mechanism of complete and incomplete fusion as well as to deep-inelastic reactions and the mechanism of dissipation of kinetic energy in these reactions.

Początki badań reakcji jądrowych wywoływanych przez ciężkie jony przypadają na lata pięćdziesiąte. Potrzeba przyśpieszania pocisków cięższych niż cząstka α wynikła głównie z chęci dokonania syntezy coraz cięższych pierwiastków transuranowych. Pierwsze kompleksowe badania mechanizmu reakcji jądrowych z ciężkimi jonami zostały opublikowane przez Kaufmanna i Wolfganga [1] w 1960 r. Rysunek 1, wzięty z ich pracy [1], ilustruje w nieco humorystycznej formie trzy

*Referat wygłoszony w dniu 28 listopada 1992 r. w Warszawie podczas uroczystości wręczenia Nagrody PTF im. Wojciecha Rubinowicza za rok 1992.

podstawowe typy procesów zachodzących w zderzeniach ciężkojonowych przy energiach rzędu 10 MeV/nukleon, a więc trochę przewyższających barierę oddziaływania jądowego: a) reakcje syntezy jądowej; b) reakcje powierzchniowe; c) reakcje zachodzące bez kontaktu (oddziaływania) jądowego.



Rys. 1. Podstawowe typy zderzeń jądro-jądro przy niskich i średnich energiach [1]

Reakcje syntezy jądowej z udziałem ciężkich jonów, mimo iż prowadziły do znanych już wcześniej procesów powstawania jądra złożonego, stworzyły nowe perspektywy badawcze. Wymieńmy tu takie możliwości jak:

- synteza nieznanymi przedtem ciężkich jąder oddalonych od najcięższych istniejących w przyrodzie pierwiastków o kilkanaście jednostek ładunku;
- produkcja egzotycznych jąder zarówno neutronowo-nadmiarowych jak i neutronowo-deficytowych bardzo oddalonych od ścieżki stabilności;
- uzyskiwanie układów złożonych o bardzo wysokich wartościach momentu pędu (tą drogą wytworzono m.in. szybko wirujące jądra superzdeformowane);
- wytwarzanie wysokich energii wzbudzenia w układach złożonych i związane z tym możliwości badania własności gorącej materii jądowej.

Najwięcej nowych zjawisk i procesów zaobserwowano w klasie reakcji powierzchniowych. Należy tu wymienić: reakcje wielonukleonowego przekazu (transferu) lub wymiany; reakcje głęboko nieelastyczne; reakcje z udziałem trzech (lub większej liczby) fragmentów w stanie końcowym. Wspomniane wyżej dwie podstawowe klasy reakcji, reakcje syntezy i reakcje powierzchniowe, przy niskich energiach są wyraźnie rozgraniczone. Przy wyższych energiach występuje w zasadzie

ciągłe przejście od jednego do drugiego typu reakcji.

Doświadczenia wykonywane na początku lat siedemdziesiątych (np. [2,3]) sugerowały, że przy energiach powyżej 10 MeV/nukleon następuje gwałtowny wzrost przekroju czynnego na reakcje typu powierzchniowego kosztem malejącego przekroju czynnego na reakcje syntezy. Te obserwacje doprowadziły do sformułowania koncepcji krytycznego momentu pędu [4]. Rozpatrując bilans sił w ruchu względnym dwóch jąder poruszających się po trajektoriach stycznych można postulować, że reakcja syntezy nie zachodzi, gdy siły odpychające (odśrodkowa i kulombowska) są łącznie większe niż siła przyciągania jądrowego. Wyznaczenie wielkości krytycznego momentu pędu stało się możliwe dzięki oszacowaniu siły przyciągania jądrowego jako „siły kontaktowej” [4] obliczonej na gruncie modelu kropkowego. Krytyczną wartość momentu pędu $l = l_{cr}$ można było wyznaczyć z równości

$$\frac{\hbar^2 l_{cr}^2}{\mu(R_1 + R_2)^3} + \frac{Z_1 Z_2 e^2}{(R_1 + R_2)^2} = 4\pi\gamma \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \quad (1)$$

gdzie μ oznacza masę zredukowaną układu, R_1 i R_2 promienie jąder, a γ – współczynnik napięcia powierzchniowego materii jądrowej.

Ograniczenie reakcji syntezy przez krytyczną wartość momentu pędu redukuje przekrój czynny na syntezę (σ_{fus}) w stosunku do całkowitego przekroju czynnego na reakcję (σ_R):

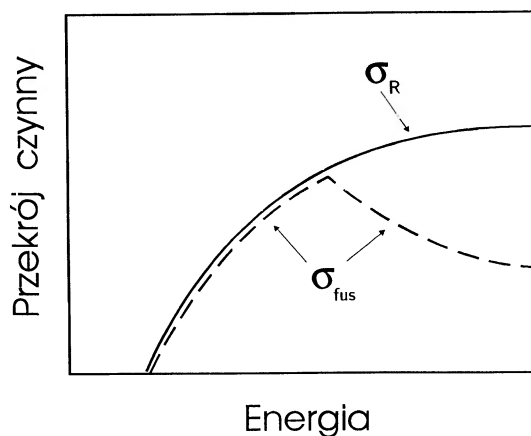
$$\sigma_R \cong \pi \lambda^2 \sum_{l=0}^{l_0} (2l + 1), \quad (2)$$

$$\sigma_{fus} \cong \pi \lambda^2 \sum_{l=0}^{\min(l_0, l_{cr})} (2l + 1), \quad (3)$$

gdzie λ jest długością fali de Broglie'a ($\lambda^2 = \hbar^2/2\mu E$) a l_0 jest maksymalną wartością momentu pędu (w przybliżeniu tzw. ostrego obcięcia), przy której zachodzi jeszcze oddziaływanie jądrowe. Przy energiach, dla których $l_0 > l_{cr}$

$$\sigma_{fus} \cong \frac{\pi \hbar^2}{2\mu E} l_{cr}^2, \quad (4)$$

a więc przy stałej wartości l_{cr} (co widać ze wzoru (1)), σ_{fus} maleje z energią jak $1/E$. Różnicę między σ_R i σ_{fus} (zob. rys. 2) można prawie w całości przypisać reakcjom, w których w kanale wyjściowym powstają dwa jądra. Mówimy więc o przekroju czynnym na reakcje dwuciałowe (σ_{bin}), mając jednak na uwadze fakt, iż produkty tych reakcji mogą być wzbudzone i ulegać rozpadowi.



Rys. 2. Ilustracja zależności energetycznej przekroju czynnego na reakcję (σ_R) i przekroju czynnego reakcji syntezy (σ_{fus})

Naszkirowany tutaj prosty model konkurencji pomiędzy reakcjami syntezy i reakcjami dwuciałowymi był stopniowo uściślany i udoskonalany. Koncepcja siły kontaktowej [4] została wykorzystana dla konstrukcji kilku wersji potencjału oddziaływania jądro-jądro opartych na modelu kropłowym [5-7]. Równocześnie, bardziej precyzyjnie formułowano opis procesu absorpcji prowadzącej do syntezy jądrowej – wprowadzając na drodze fenomenologicznej siły dysypacyjne [8,9]. Rozwiązywanie klasycznych równań ruchu z zastosowaniem realistycznego potencjału oddziaływania jądro-jądro i sił dysypacyjnych [9-12] pozwoliło lepiej zrozumieć problem konkurencji pomiędzy reakcjami syntezy a reakcjami dwuciałowymi. Porównanie przewidywań modelowych z danymi doświadczalnymi wykazało, że poprawny opis zderzeń jądro-jądro wymaga wprowadzenia deformacyjnych stopni swobody, szczególnie istotnych w wyjściowym kanale reakcji [10]. Stosunkowo najprostszemu i najbardziej wszechstronnemu opisowi dynamiki zderzeń jądro-jądro na gruncie klasycznych równań ruchu oferują modele opracowane przez Feldmeiera [11] oraz Błockiego i wsp. [12].

Jednym z podstawowych pytań stawianych od początku badań reakcji ciężkojonowych była kwestia mechanizmu dysypacji energii. Obecnie powszechnie akceptowany jest pogląd, że główną przyczyną dysypacji energii kinetycznej w ruchu względnym dwóch jąder jest przekaz lub wymiana nukleonów. Ten pogląd bierze swój początek z pracy Siemensa i wsp. [13], którzy pokazali, że jeśli w reakcji $A(a, b)B$ n nukleonów przechodzi z jądra a do A , a m nukleonów przechodzi odwrotnie z jądra A do a , to w sytuacji gdy ruch względny jąder zachodzi po trajektoriach stycznych – następuje spowolnienie ruchu względnego opisane w

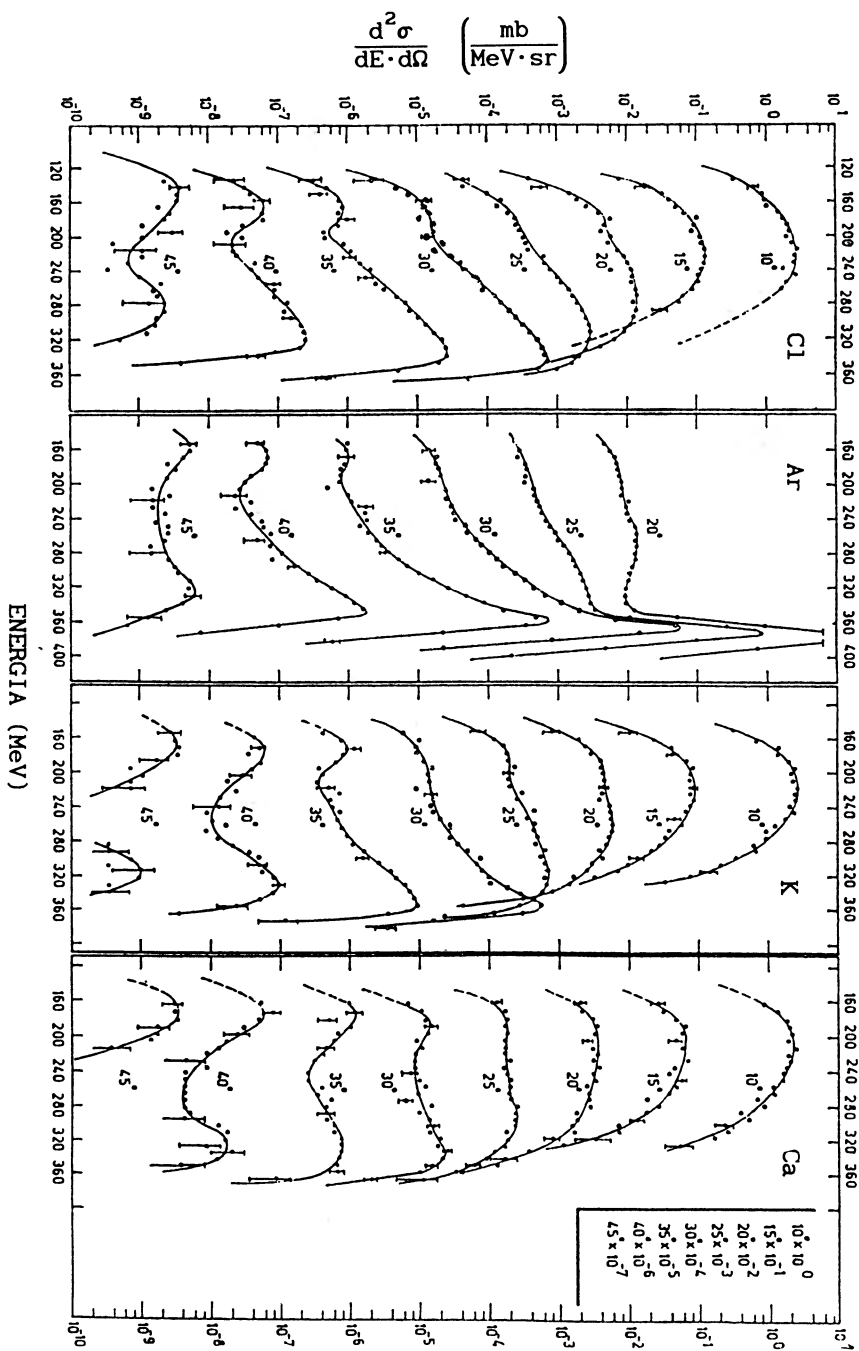
przybliżeniu wzorem

$$v_f = v_{in} \left(1 - \frac{n}{B} - \frac{m}{b} \right), \quad (5)$$

gdzie v_f i v_{in} są prędkościami odpowiednio tuż po i tuż przed wymianą nukleonów. Siemens i wsp. [13] pragnąc wyjaśnić wartości tzw. optymalnego ciepła reakcji Q rozważali jedynie przekaz netto, a więc minimalny przekaz odpowiadający obserwowanym produktom reakcji. Mechanizm opisywany wzorem (5) można jednak rozszerzyć na większą liczbę wymian nukleonów przy zachowaniu przekazu netto. Weźmy przykład reakcji $^{232}\text{Th}(^{40}\text{Ar}, ^{41}\text{K})^{231}\text{Ac}$. Mamy tu do czynienia z przekazem netto tylko jednego protonu do cząstki bombardującej ($n = 0$, $m = 1$). Może jednak zachodzić dodatkowa wymiana i par protonów lub neutronów, w wyniku której powstają te same jądra końcowe ^{41}K i ^{231}Ac , ale liczby $n = i$ oraz $m = 1 + i$ są odpowiednio większe, wskutek czego prędkość końcowa v_f w wyrażeniu (5) maleje ze wzrostem i . Można zatem przypuszczać, że w rozpatrywanej tu przykładowo reakcji jądro końcowe ^{41}K może mieć energię kinetyczną w całym zakresie od energii odpowiadających reakcjom kwazielastycznym do najniższych energii równych w przybliżeniu barierze kulombowskiej, a więc odpowiadających całkowitej dysypacji dostępnej energii kinetycznej.

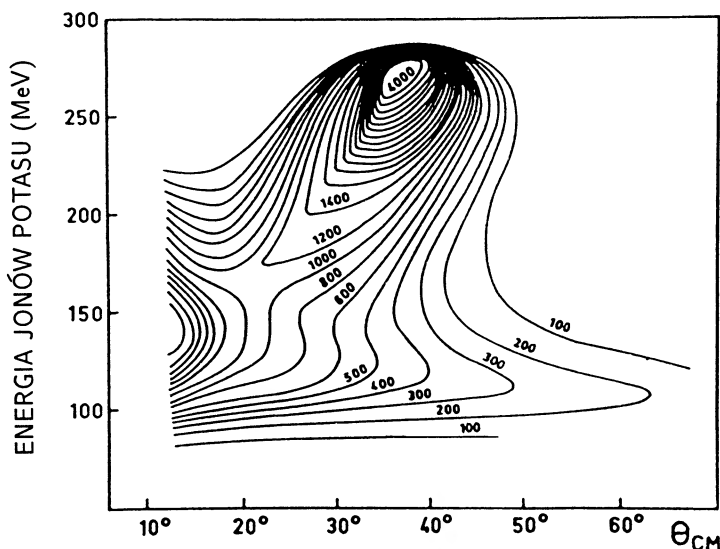
Wyniki eksperymentalne [14] ilustrujące nasz wybrany przykład reakcji $^{232}\text{Th}(^{40}\text{Ar}, ^{41}\text{K})$ są pokazane na rys. 3, w trzeciej kolumnie. Nieoczekiwanym w owym czasie (praca [14] pochodzi z 1973 r.) efektem było występowanie, w pewnym zakresie kątów, wyraźnie dwugarbnych widm energetycznych produktów reakcji. W przypadku niskoenergetycznych maksimów widocznych na rys. 3 cała dostępna energia kinetyczna (powyżej bariery kulombowskiej) ulega dysypacji. Dlatego reakcje te nazwano reakcjami głęboko nieelastycznymi lub całkowicie tłumionymi.

Rysunek 4 pokazuje dwuwymiarową mapę przekroju czynnego w funkcji kąta rozproszenia θ_{CM} (wziętego w układzie środka masy) i energii kinetycznej produktów reakcji, skonstruowaną na podstawie diskutowanego powyżej widma energetycznego w reakcji $^{232}\text{Th}(^{40}\text{Ar}, \text{K})$. Takie przedstawienie wyników pozwoliło wyjaśnić dwugarbny kształt widm i zrozumieć w głównych zarysach przebieg reakcji głęboko nieelastycznych. Rysunek 5 daje prostą interpretację mapy przekroju czynnego przedstawionej na rys. 4. Interpretacja ta oparta jest na założeniu ścisłej korelacji pomiędzy momentem pędu (lub parametrem zderzenia), wielkością straconej energii kinetycznej oraz kątem rozproszenia: wraz z malejącym parametrem zderzenia rośnie dysypacja energii, a więc maleje energia kinetyczna obserwowanych jonów K, a równocześnie zwiększa się przyciągający potencjał jądrowy



Rys. 3. Widma energetyczne kilku różnych produktów reakcji $^{40}\text{Ar} + ^{232}\text{Th}$ przy energii jądra bombardującego (^{40}Ar) 10 MeV/nukleon [14]

co powoduje odchylenie trajektorii jonów K w kierunku wiązki, a nawet jeszcze dalej, w stronę kątów ujemnych – poza kierunek wiązki. Właśnie te najbardziej odchylone trajektorie (bliskie „orbitowania”) tworzą drugą (głęboko nieelastyczną) gałąź na mapie przekroju czynnego, a więc są odpowiedzialne za występowanie drugiego (niskoenergetycznego) maksimum w widmach energetycznych.

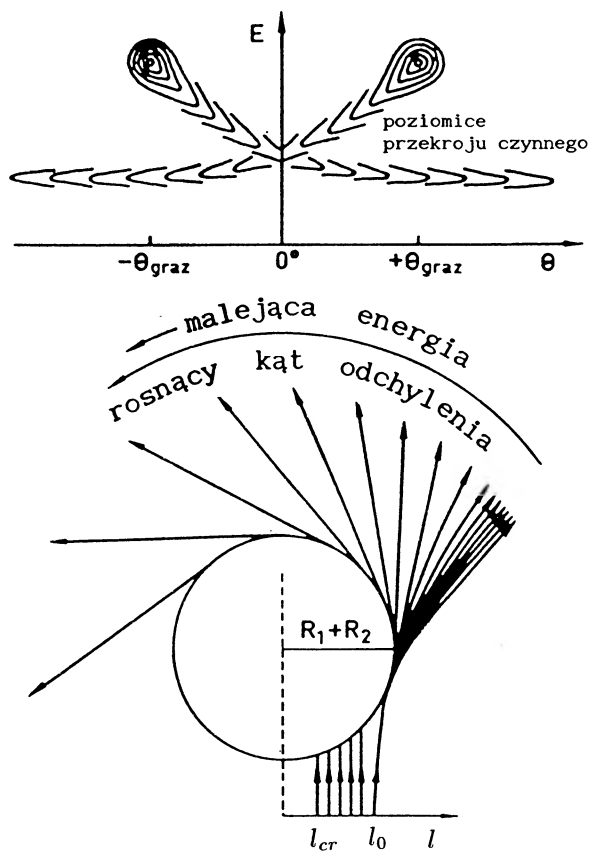


Rys. 4. „Mapa” różniczkowego przekroju czynnego jonów potasu z reakcji $^{40}\text{Ar} + ^{232}\text{Th}$ przy energii 10 MeV/nukleon przedstawiająca korelację pomiędzy kątem rozproszenia θ_{CM} (w układzie środka masy) i stratą energii kinetycznej [8]

Obszerną dyskusję nt. interpretacji reakcji głęboko nieelastycznych oraz kompilację danych doświadczalnych ukazujących dyskutowane wyżej korelacje pomiędzy kątem rozproszenia i energią (zwane diagramem Wilczyńskiego) można znaleźć w monografii Gobbiego i Nörenberga [15].

Przejdźmy teraz do omówienia strefy pośredniej pomiędzy reakcjami syntezy i typowymi reakcjami dwuczłowymi (binarnymi). Właśnie ta graniczna strefa, stosunkowo mało znacząca przy niskich energiach, odgrywa coraz większą rolę w miarę wzrostu energii.

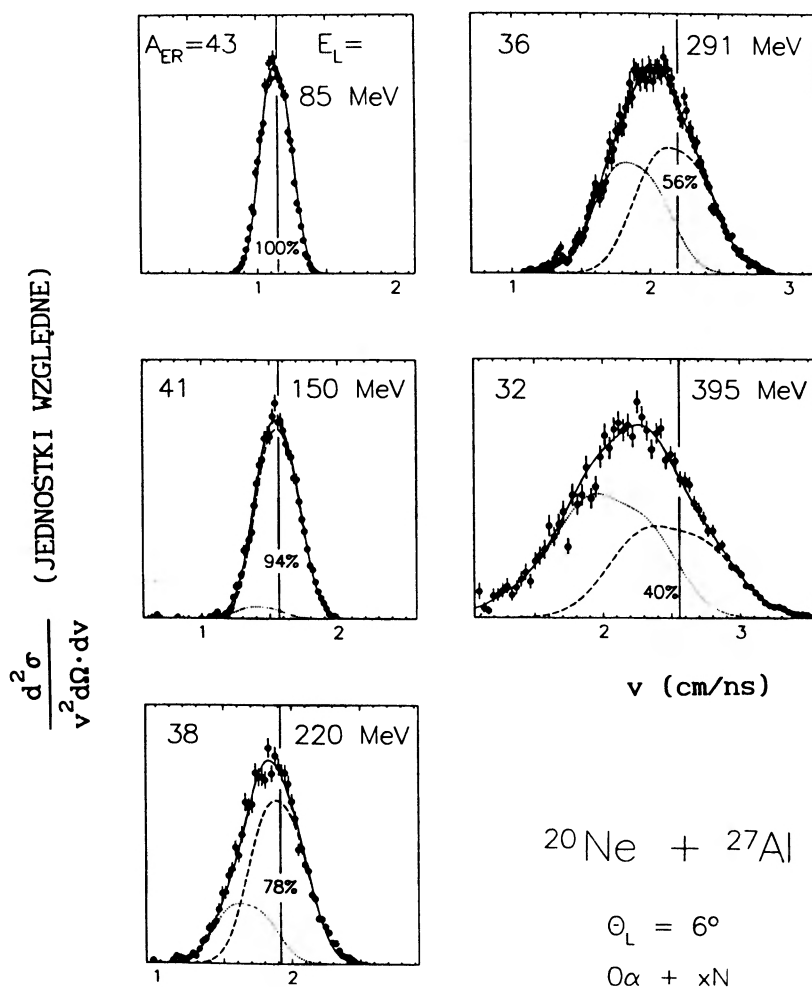
Rysunek 6 przedstawia wyniki bezpośredniego pomiaru prędkości jąder powstających w reakcji syntezy stosunkowo lekkiego układu $^{20}\text{Ne} + ^{27}\text{Al}$ badanego przez Morgensterna i wsp. [16]. Przy najniższej energii zderzenia ($E_L = 85$ MeV) zmierzone widma prędkości doskonale zgadzają się z mechanizmem pełnej syntezy, po której następuje statystyczna emisja lekkich cząstek (neutronów) powodująca określoną szerokość rozkładu prędkości. Z rys. 6 widać jednak, że przy



Rys. 5. Interpretacja korelacji pomiędzy kątem rozproszenia i stratą energii kinetycznej przedstawionej na rys. 4 [8]

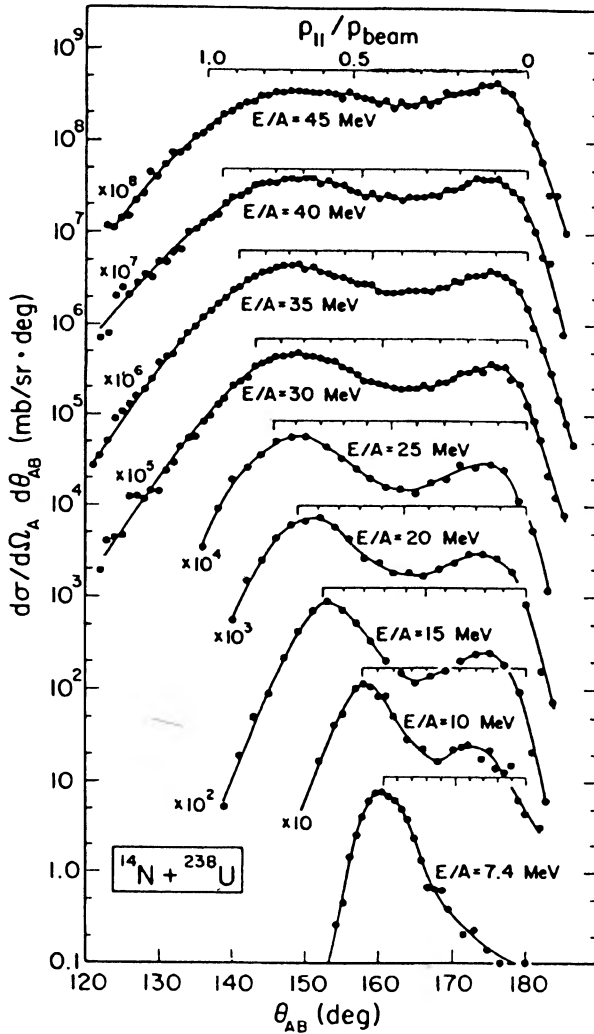
wyższych energiach coraz mniejsza część procesów (zaznaczona linią przerywaną) odpowiada takiemu przebiegowi reakcji. Przy energii 395 MeV już tylko 40% obserwowanych zdarzeń odpowiada pełnej syntezie. Ze wzrostem energii coraz większą rolę odgrywają procesy niepełnego przekazu pędu.

Do podobnych wniosków dochodzi się badając procesy syntezy ciężkich jąder, które ulegają rozszczepieniu. Mierząc kąt rozlotu dwóch fragmentów rozszczepienia w układzie laboratoryjnym można określić wielkość przekazanego pędu. Im większy jest przekaz pędu (a więc większa prędkość rozszczepiającego się jądra, do której dodają się wektory prędkości fragmentów) tym kąt rozlotu θ_{AB} jest mniejszy. W skrajnym przypadku, gdy przekaz pędu jest równy zero, rozszczepiające się jądro tarczy jest w spoczynku w układzie laboratoryjnym i wobec tego kąt θ_{AB} musi równać się 180° . Na rys. 7 pokazana jest zależność zmierzonych [17]



Rys. 6. Widma prędkości produktów reakcji syntezy układu $^{20}\text{Ne} + ^{27}\text{Al}$ przy kilku energiach. Linie przerywane pokazują udział pełnej syntezy [16]

rozkładów kąta θ_{AB} od energii w zderzeniach $^{14}\text{N} + ^{238}\text{U}$. W rozkładach tych wyraźnie widać dwie składowe: jedną w pobliżu $\theta_{AB} = 180^\circ$, a więc odpowiadającą małym przekazom pędu w zderzeniach powierzchniowych oraz drugą – posiadającą maksimum przy mniejszych wartościach θ_{AB} i odpowiadającą pełnemu lub prawie pełnemu przekazowi pędu w reakcjach syntezopodobnych. Przy niskich energiach do ok. 10-15 MeV/nukleon, położenie maksimum przypisywane reakcjom syntezopodobnym odpowiada dokładnie całkowitemu przekazowi pędu. Jednak przy wyższych energiach położenie maksimum reakcji syntezopodobnych



Rys. 7. Rozkłady kąta rozlotu fragmentów rozszczepienia (mierzonego w układzie laboratoryjnym) dla różnych energii zderzenia w układzie $^{14}\text{N} + ^{238}\text{U}$ [17]

coraz bardziej przesuwa się w stronę większych kątów, wskazując na wzrastający deficyt w przekazie pędu.

Najwcześniej, jeszcze pod koniec lat siedemdziesiątych, reakcje niepełnej syntezy jądrowej zaczęto badać metodą koincydencji cząstka-foton γ . W pracach tego typu, prowadzonych równolegle w Japonii [18], USA [19] i Holandii [20], identyfikowano produkty reakcji syntezopodobnych poprzez obserwację charakterystycznych przejść γ w tych jądrach, a równocześnie (w pomiarze koincydencyjnym)

były rejestrowane szybkie cząstki naładowane, co jednoznacznie wskazywało na mechanizm przekazu fragmentu o dużej masie. Na przykład w jednym z doświadczeń [21] obserwowano m.in. reakcje typu $^{159}\text{Tb}(^{14}\text{N},\alpha)^{169-x}\text{Yb}$, w których nie cały pocisk (^{14}N), lecz jego znaczny fragment (najprawdopodobniej ^{10}B) był absorbowany, o czym świadczyły charakterystyczne przejścia γ w znanych izotopach Yb. Natomiast pozostałości pocisku były obserwowane w tym eksperymencie jako cząstki α poruszające się pod małymi kątami względem kierunku wiązki ze średnią prędkością równą w przybliżeniu prędkości bombardujących cząstek ^{14}N .

Wspomniane tu badania masywnego przekazu doprowadziły do sformułowania koncepcji uogólnionego krytycznego momentu pędu [20]. Koncepcja ta jest zilustrowana na rys. 8. Założono, że fragment, który nie jest zaabsorbowany odgrywa jedynie rolę obserwatora, a aktywny podukład tworzą fragmenty ulegające syntezie ($A + a'$ na rys. 8). Dla tego aktywnego podukładu można obliczyć krytyczny moment pędu ($l_{\text{cr}}(a')$) w taki sam sposób jak w przypadku pełnej syntezy. Oczywiście istnieje cały szereg różnych kanałów masywnego przekazu, przeto istnieje zróżnicowany zbiór wartości l_{cr} , które określają indywidualną górną granicę (obcięcie) współczynnika transmisji dla danego kanału reakcji. Koncepcja uogólnionego krytycznego momentu pędu posłużyła do sformułowania tzw. modelu reguły sum [21]. U podstaw tego modelu leży założenie, że w szerokim zakresie fali parcjalnych (z wyjątkiem najbardziej peryferyjnych) zachodzą tylko reakcje pełnej syntezy oraz dwuciałowe reakcje przekazu masy, które wyczerpują wszystkie możliwości stanów końcowych układu. Przy takim założeniu prawdopodobieństwa reakcji muszą spełnić warunek unitarności, przy czym w modelu reguły sum założono, że warunek unitarności jest spełniony dla każdej fali parcjalnej z osobna i otrzymano tą drogą znormalizowane prawdopodobieństwa reakcji

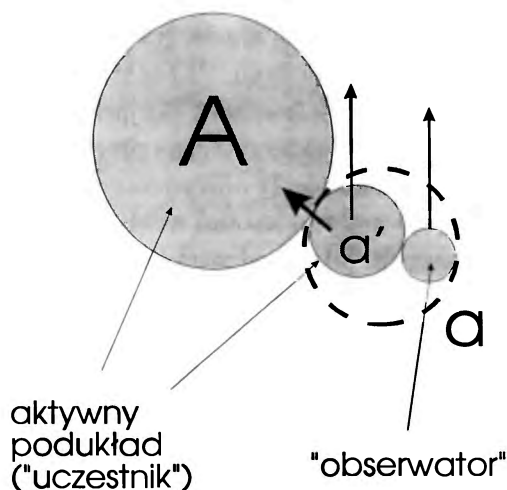
$$P_{il} = \frac{p_{il}}{\sum_j p_{jl}}. \quad (6)$$

We wzorze tym p_{il} są nieznormalizowanymi prawdopodobieństwami określanymi na drodze modelowej. Na przykład w pracy [22] były one faktoryzowane w postaci

$$p_{il} = \rho(i)T_{il}(i), \quad (7)$$

gdzie $\rho(i)$ jest pewnym półempirycznym czynnikiem przestrzeni fazowej, a T_{il} jest współczynnikiem transmisji liczonym przy założeniu wspomnianych wyżej uogólnionych wartości krytycznego momentu pędu dla poszczególnych kanałów reakcji [20].

Naszkiegowany tu model reguły sum pozwala wyznaczyć podział przekroju



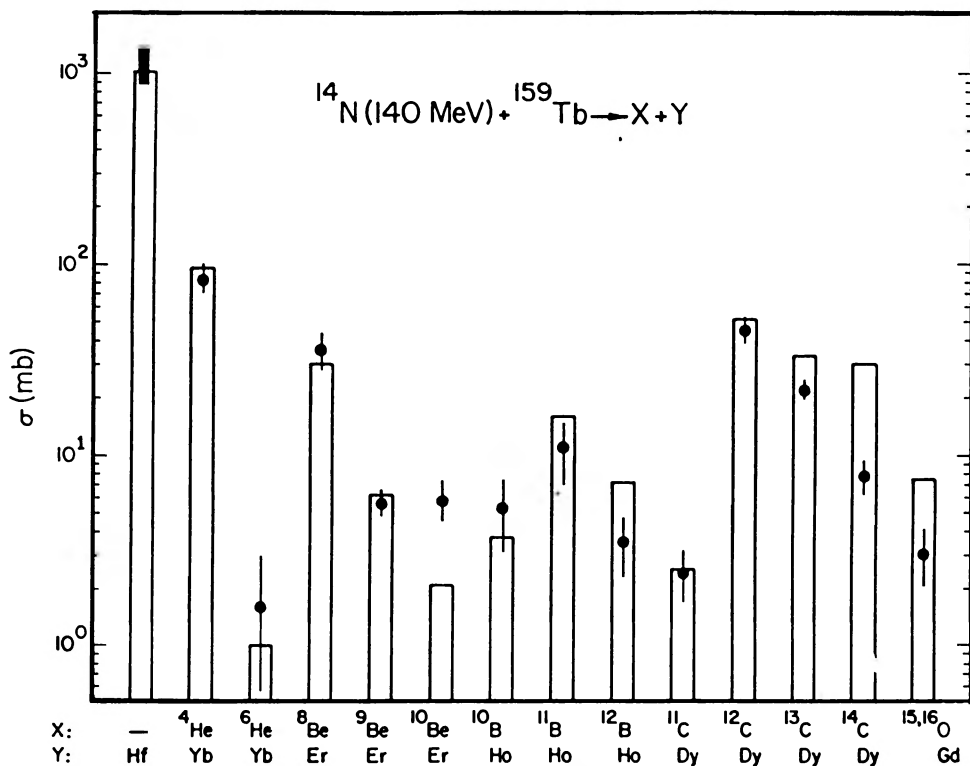
Rys. 8. Ilustracja reakcji masywnego przekazu (inaczej – niepełnej syntezy jądrowej), w schemacie „uczestnik-obszawator”. W schemacie tym zostało sformułowane pojęcie uogólnionego krytycznego momentu pędu [20]

czynnego σ_i , odpowiadającego danej fali parcjalnej, na poszczególne kanały reakcji i

$$\sigma_i(i) = \pi \lambda^2 (2l + 1) P_{il}, \quad (8)$$

a co za tym idzie, również absolutne wartości przekroju czynnego na reakcję syntezy oraz wszystkich dwuciałowych reakcji transferu nukleonów. Na rys. 9 przedstawiono porównanie wyników obliczeń w ramach modelu reguły sum ze zmierzonymi przekrojami czynnymi dla różnych reakcji zachodzących w zderzeniach $^{14}\text{N} + ^{159}\text{Tb}$ przy energii 10 MeV/nukleon. Jak widać z tego porównania, model reguły sum pozwala przewidywać przekroje czynne z dokładnością do czynnika 2 do 3 (przy rozrzucie wartości przekrojów czynnych w zakresie kilku rzędów wielkości). Jednak ze względu na specyfikę przyjętego czynnika przestrzeni fazowej, model w tej postaci stosuje się dla niezbyt wysokich energii (poniżej 15 MeV/nukleon) i raczej dla układów niesymetrycznych.

Przejdźmy teraz do kwestii podziału energii wzbudzenia w reakcjach ciężkojonowych. Poprzednio, charakteryzując reakcje głęboko nieelastyczne, wskazywaliśmy, że w reakcjach dwuciałowych zachodzą silne procesy dysypacji energii. Kinetyczna energia ruchu względnego przekształca się w energię związaną z wewnętrznymi stopniami swobody zderzającego się układu. Należy oczekiwać, że następuje stopniowo proces termalizacji wytwarzanej tą drogą energii wzbudze-



Rys. 9. Porównanie eksperymentalnych przekrojów czynnych na produkcję różnych par zidentyfikowanych (w koincydencji) nuklidów $X + Y$ z reakcji $^{14}\text{N} + ^{159}\text{Tb}$ przy energii 140 MeV z przewidywaniami modelu reguły sum przedstawionymi w postaci histogramu [22]

nia i jeżeli zderzające się jądra są dostatecznie długo w bezpośrednim kontakcie to nastąpi wyrównanie ich temperatur,

$$T_1 = T_2. \quad (9)$$

Ponieważ, jak przewiduje model statystyczny, energia wzbudzenia E^* i temperatura wiążą się zależnością

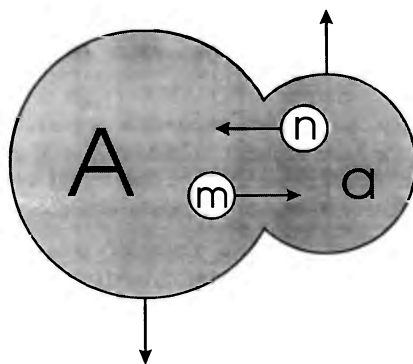
$$E^* \cong aT^2, \quad (10)$$

gdzie $a \cong A/8 \text{ MeV}^{-1}$ (A jest liczbą masową jądra), to energia wzbudzenia powinna ulec podziałowi w stosunku mas końcowych fragmentów

$$\frac{E_1^*}{E_2^*} \cong \frac{A_1}{A_2}. \quad (11)$$

Oczywiście powstają pytania jaki jest pierwotny podział energii wzbudzenia przed wyrównaniem temperatur i jaka jest skala czasowa procesu wyrównywania temperatur. Próbą odpowiedzi na pierwsze z tych pytań była hipoteza podziału energii wzbudzenia w schemacie uczestnik-observator (participant-spectator), zasugerowana po raz pierwszy w 1985 r. [23] i rozwinięta w postaci ilościowego modelu w 1990 r. [24].

Korzystając z konwencji, którą już stosowaliśmy wcześniej, rozważmy reakcję $A(a, b)B$, zilustrowaną na rys. 10, w której n nukleonów przechodzi od jądra a do A , a m nukleonów przechodzi w kierunku odwrotnym (od A do a). W schemacie uczestnik-observator taka reakcja wymiany nukleonów powinna być traktowana jako superpozycja dwóch procesów syntezy



Rys. 10. Schemat reakcji $A(a, b)B$, w której n nukleonów przechodzi z jądra a do A i m nukleonów w odwrotnym kierunku. Reakcja taka może być traktowana jako superpozycja dwóch niezależnych procesów zachodzących w schemacie uczestnik-observator (zob. rys. 8)

Pierwotne energie wzbudzenia jąder końcowych B i b (odpowiednio $E^*(B)$ i $E^*(b)$) są więc tutaj określone przez dwie niezależne reakcje syntezy podukładów (12) i (13), zachodzące przy tej samej prędkości ruchu względnego. Zasadniczą konsekwencją takiego modelu podziału energii wzbudzenia jest przewidywanie, że produkty reakcji zderzenia (strippingu) pozostają nie wzbudzone, natomiast

cała energia wzbudzenia jest początkowo skoncentrowana w produkcie reakcji wychwytu (pick-up).

W schemacie uczestnik-observator energie wzbudzenia końcowych produktów reakcji B i b wyrażają się prostymi wzorami [25]

$$E^*(B) = Q_{gg1}(R) + \frac{n(A-m)}{\mu B} [E - U_{aA}(R)], \quad (14)$$

$$E^*(b) = Q_{gg2}(R) + \frac{m(a-n)}{\mu b} [E - U_{aA}(R)], \quad (15)$$

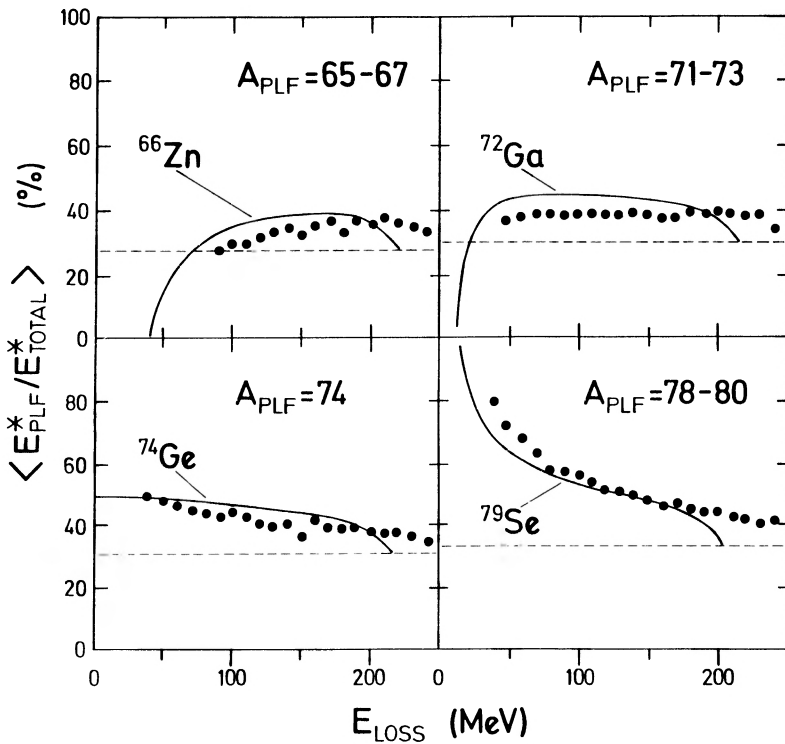
gdzie Q_{gg1} i Q_{gg2} są progowymi wartościami energii reakcji syntezy odpowiednio podsystemów (12) i (13), liczonymi w konfiguracji kontaktowej, $U_{aA}(R)$ jest wysokością bariery kulombowskiej, a μ masą zredukowaną kanału wejściowego (tj. jąder a i A).

W pracy [24] pokazano jaki jest podział energii wzbudzenia w ramach schematu uczestnik-observator jeśli koncepcja ta jest konsekwentnie stosowana do przypadku ustalonych produktów reakcji końcowych (b i B) emitowanych w szerokim zakresie strat energii kinetycznej. Liczby n i m we wzorach (14) i (15) muszą uwzględniać oczywiście całkowity strumień nukleonów przekazywanych w obu kierunkach od jednego do drugiego jądra. Tymczasem, identyfikując w eksperymentach końcowe produkty, jesteśmy w stanie określić jedynie przekaz netto, a więc minimalne liczby n_0 i m_0 niezbędne dla utworzenia końcowych jąder B i b . (Taki przekaz prowadziłby do najmniejszej straty energii kinetycznej.) We wzorach (14) i (15) kładziemy więc

$$n = n_0 + k, \quad m = m_0 + k, \quad (16)$$

gdzie k jest liczbą wymienionych dodatkowo par neutronów lub protonów. Wymiany te nie zmieniają końcowych produktów b i B , ale generują, zgodnie z przewidywaniami wzorów (14) i (15), energię wzbudzenia. (O takim właśnie mechanizmie generacji energii wzbudzenia wspominaliśmy już wcześniej omawiając podstawowe cechy reakcji głęboko nieelastycznych).

Porównanie przewidywań modelu [24] opartego na schemacie uczestnik-observator z wynikami eksperymentalnymi jest przedstawione na rys. 11. W pracy [26] mierzono dla wybranych liczb masowych obserwowanych fragmentów stosunek energii wzbudzenia wygenerowanej w pozostałości cząstki bombardującej (PLF) do całkowitej energii wzbudzenia. Stosunek ten zmierzono w funkcji straty energii kinetycznej. Porównanie przedstawione na rys. 11 wykazuje dość dobrą zgodność



Rys. 11. Wyniki pomiarów [26] stosunku energii wzbudzenia pozostałości cząstki bombardującej (E_{PLF}^*) do całkowitej energii wzbudzenia obu fragmentów (E_{TOTAL}^*). Zależność tego stosunku od straty energii kinetycznej (E_{LOSS}) i od masy fragmentów jest porównana z przewidywaniami modelu opartego na schemacie uczestnik-obszawator [24]

przewidywań modelu opartego na schemacie uczestnik-obszawator z danymi doświadczalnymi. W szczególności wyraźnie widać, że podział energii wzbudzenia zależy od wielkości i kierunku przekazu netto. (Należy tu podkreślić, że „standardowy” model transportu Randrupa [27] nie przewiduje takich efektów). Widać, że zgodnie z przewidywaniami modelu, przy niezbyt dużych stratach energii produkty reakcji zderzenia (na rys. 11 dane dla $A_{PLF} = 65-67$ oraz $71-73$) otrzymują mniejszy udział energii wzbudzenia niż produkty wychwytu ($A_{PLF} = 78-80$). Dopiero przy bardzo dużych stratach energii, a więc dla reakcji głęboko nieelastycznych, zarówno wyniki doświadczalne jak i przewidywania modelu zbliżają się do wartości odpowiadającej stosunkowi mas końcowych fragmentów, zaznaczonej na rys. 11 linią przerywaną.

Okazuje się, że model oparty na schemacie uczestnik-obszawator przewiduje podział energii wzbudzenia w reakcjach głęboko nieelastycznych taki sam jak mo-

del wyrównywania temperatur (por. (9)-(11)), mimo iż obie te koncepcje nie mają ze sobą nic wspólnego. Jeśli mianowicie założymy dla uproszczenia, że przekaz netto jest równy zeru ($n_0 = m_0 = 0$, $b = a$, $B = A$, $Q_{gg1} = Q_{gg2} = 0$) to wzory (14) i (15) upraszczają się do postaci

$$E^*(B) = \frac{k(A-k)}{\mu B} [E - U_{aA}(R)], \quad (17)$$

$$E^*(b) = \frac{k(a-k)}{\mu b} [E - U_{aA}(R)]. \quad (18)$$

Wówczas warunek pełnej dysypacji dostępnej energii kinetycznej

$$E^*(B) + E^*(b) = E - U_{aA}(R) \quad (19)$$

prowadzi do ciekawego wniosku, że w tej granicznej sytuacji liczba wymienionych par nukleonów wynosi

$$k = \mu. \quad (20)$$

Wstawiając tę wartość do (17) i (18) widzimy, że w granicznym przypadku reakcji głęboko nieelastycznych ($k = \mu$)

$$\frac{E_{DI}^*(B)}{E_{DI}^*(b)} = \frac{B}{b}. \quad (21)$$

Powyższy wynik pokazuje, że należy bardzo ostrożnie podchodzić do interpretacji dynamicznych aspektów reakcji ciężkojonowych. Fakt zaobserwowania proporcjonalnego do mas podziału energii wzbudzenia wcale, jak widać, nie musi świadczyć o osiągnięciu równowagi termodynamicznej przed rozerwaniem układu. Z powyższych rozważań wynika bowiem, że podział taki może nastąpić w dowolnie szybkim procesie, o ile tylko dokona się dostatecznie duża wymiana masy.

W ostatnich latach dynamiczne aspekty reakcji ciężkojonowych znalazły się w centrum zainteresowania ze względu na jakościowo nowe zjawiska pojawiające się przy wysokich energiach wzbudzenia. Nakładają się tutaj zagadnienia dynamiki tworzenia gorących układów złożonych oraz procesów ich stygnięcia. Ostatnio często zadawane są pytania, do jak wysokiej temperatury można „podgrzać” jądra atomowe, czego możemy się dowiedzieć o równaniu stanu materii jądrowej, wreszcie jakie elementy wiedzy o gorącej materii jądrowej mają znaczenie w astrofizyce.

Jest oczywiste, że ciężkie jony są najlepszym narzędziem generowania wysokich temperatur jądrowych. Związane jest to z wysoką zdolnością hamowania w zderzeniach jądro-jądro oraz rozłożeniem energii ruchu względnego na wiele nukleonów, co bardzo ułatwia procesy dysypacyjne. Średnia energia wzbudzenia na nukleon dla zderzającego się układu (będąca miarą temperatury) jest proporcjonalna do energii na nukleon wiązki, ϵ , i iloczynu mas zderzających się jąder

$$T^2 \propto \frac{E^*}{A} \approx \epsilon \frac{A_1 A_2}{A^2}. \quad (22)$$

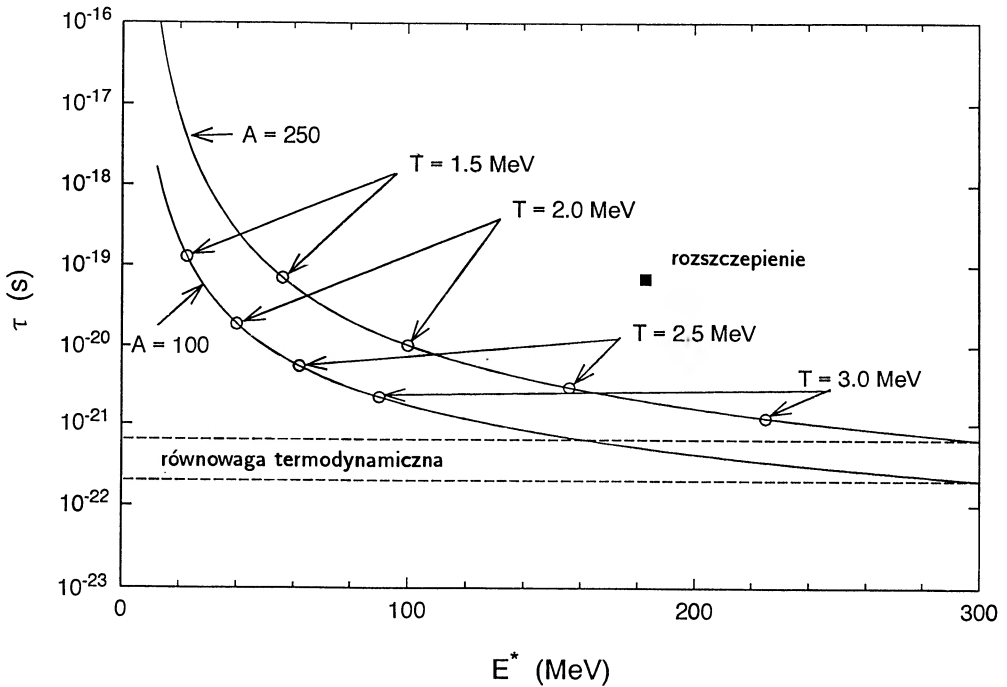
A więc przy ustalonym ϵ najwyższe temperatury można uzyskać w zderzeniach jąder o porównywalnych masach.

Przy odpowiednio wysokich energiach wzbudzenia zostają przekroczone granice stosowalności modelu statystycznego w jego tradycyjnej postaci. Widać to chociażby z wyrażenia Weisskopfa na szerokość Γ określającą prawdopodobieństwo rozpadu jądra złożonego, a tym samym średni czas życia $\tau = \hbar/\Gamma$. Rysunek 12 pokazuje zależność średniego czasu życia jądra, τ , względem rozpadu neutronowego od energii wzbudzenia, wynikającą ze wzoru Weisskopfa w uproszczonej wersji analitycznej (np. [28])

$$\Gamma_n = \frac{2mR^2}{\pi\hbar^2} T^2 \exp(-B_n/T). \quad (23)$$

W wyrażeniu tym R jest promieniem jądra złożonego a m i B_n – odpowiednio masą i energią wiązania neutronu w jądrze (tj. energią jego separacji). Jak widać z rys. 12, średni czas życia τ szybko maleje ze wzrostem energii wzbudzenia i przy temperaturze jądrowej $T \cong 3.5$ MeV (odpowiadającej energii wzbudzenia ciężkich jąder wynoszącej ok. 300 MeV) staje się krótszy od minimalnego czasu dochodzenia do równowagi termodynamicznej τ_{ekw} , za jaki można przyjąć czas przelotu nukleonu przez jądro. (Przelotowi nukleonu o pędzie Fermiego, $p_f \cong 270$ MeV/c, odpowiada czas $\tau_{ekw} = 2Rm/p_f \cong 2 \times 10^{-22}$ s.)

Powyższe oszacowania jasno pokazują, że przy energiach wzbudzenia przewyższających 300 MeV (a dla lżejszych układów nawet przy niższych energiach) kończy się zakres stosowalności modelu jądra złożonego w jego standardowej postaci. Nie jest już bowiem spełniona zasada Bohra zakładająca rozpad statystyczny układu złożonego, który doszedł już do pełnej równowagi. W reakcjach, w których generowane są wyższe energie wzbudzenia musi dochodzić do gwałtownej emisji cząstek zanim układ osiągnie równowagę termodynamiczną. W takich przypadkach można jedynie mówić o lokalnej termalizacji lub emisji cząstek przed osiągnięciem równowagi (pre-equilibrium).



Rys. 12. Przykładowe oszacowania średniego czasu życia jądra (τ) względem rozpadu neutronowego w zależności od energii wzbudzenia dla dwóch wartości liczby masowej układu złożonego ($A = 100$ i 250). Zaznaczony jest przewidywany czas ekwilibracji oraz znacznie dłuższy czas rozszczepienia oszacowany w pracy [30]

Dodatkowym elementem dynamiki procesów jądrowych są kolektywne stopnie swobody, które w przypadku ciężkich układów określają skalę czasową rozszczepienia tych układów złożonych. W standardowym modelu statystycznym (stosowanym przy niskich energiach wzbudzenia) rozszczepienie jest procesem konkurencyjnym z wyparowaniem lekkich cząstek. Jednak przy wyższych energiach wzbudzenia, gdy zanika bariera na rozszczepienie, nie ma już sensu mówić o statystycznej konkurencji rozszczepienia z emisją lekkich cząstek, lecz raczej o ewolucji kształtu jądra w trakcie kaskady wyparowania cząstek. Stawiając problem w ten sposób wyznaczono skalę czasową procesów rozszczepienia.

Pierwsze oszacowania skali czasowej rozszczepienia zostały uzyskane przez Hindego i wsp. [29] z analizy pomiarów krotności neutronów emitowanych przed rozszczepieniem, $M_n(\text{PRE})$, oraz z rozseparowanych fragmentów po rozszczepieniu, $M_n(\text{POST})$. (Podział na te dwie składowe uzyskano z analizy kinematycznej widm energetycznych neutronów.) Jak pokazali Hinde i wsp. [29], wielkość $M_n(\text{PRE})$ jest swego rodzaju zegarem odmierzającym czas od utworzenia ją-

dra złożonego do momentu rozerwania (scission). Informację o dyskutowanych tu relacjach czasowych można uzyskać z obliczeń w ramach odpowiednio zmodyfikowanej wersji modelu statystycznego. Uproszczony model stosowany przez Hindego i wsp. [29] został znacznie udoskonalony w pracy [30], w której sekwencję czasową testowano metodą Monte Carlo. W modelu stosowanym w pracy [30], na danym etapie kaskady rozpadu oblicza się średni czas życia jądra (ze wzoru Weisskopfa (23)) i metodą Monte Carlo każdorazowo określa się moment emisji cząstki. Zapamiętana jest cała sekwencja czasowa na danej ścieżce rozpadu. Po uśrednieniu po wszystkich rozpatrywanych ścieżkach rozpadu otrzymuje się krotkości emitowanych cząstek w funkcji czasu. Pozwala to wyznaczyć czas rozerwania odpowiadający eksperymentalnej wartości $M_n(\text{PRE})$.

Skala czasowa procesu rozszczepienia ciężkich układów złożonych ($A \cong 250$), wydedukowana omówioną tu metodą [30] jest zaznaczona na rys. 12. Widać, że rozszczepienie jest procesem bardzo powolnym w porównaniu z emisją lekkich cząstek z wysoko wzbudzonych jąder. W trakcie rozszczepienia, w jego kolejnych stadiach, może więc być wyemitowana znaczna liczba lekkich cząstek. W świetle tego wyniku staje się oczywiste, że istniejące programy stosujące tradycyjny model statystyczny są nieadekwatne do opisu deekscytacji gorących jąder. Model statystyczny musi być sprzężony z dynamiką reakcji syntezy oraz dynamiką dalszej ewolucji układu złożonego na drodze do rozszczepienia.

W pracy [30] pokazano m.in. jak duże znaczenie dla wyników obliczeń statystycznych ma czasowa zależność procesu generowania energii wzbudzenia. Jakkolwiek zasadnicza część energii wzbudzenia powstaje stosunkowo szybko w procesie syntezy, tj. na drodze do punktu siodłowego, to jednak część energii wzbudzenia jest generowana znacznie później – na drodze od punktu siodłowego do rozerwania. W porównaniu do statystycznych obliczeń Hindego i wsp., realistyczne uwzględnienie rozciągłości czasowej procesu generacji energii wzbudzenia prowadzi do ok. 3 razy dłuższych czasów odpowiadających osiągnięciu doświadczalnych wartości $M_n(\text{PRE})$.

Na zakończenie należy podkreślić, że szybko postępujące obecnie rozszerzanie zakresu energetycznego reakcji ciężkojonowych otwiera wiele nowych możliwości poznawczych, ale równocześnie ukazuje niedostatki istniejącego aparatu teoretycznego. Najprawdopodobniej najwięcej problemów przysporzy zakres energii pośrednich, powiedzmy od 20 do 100 MeV/nukleon, w którym wciąż są istotne elementy dynamiki oparte na koncepcji średniego pola, ale dochodzą do tego silne efekty oddziaływań nukleon-nukleon. Przykładem takiego „hybrydowego” modelu są symulacje oparte na rozwiązywaniu równań Boltzmann-Uehlinga-Uhlenbecka (np. [31]). Model BUU dość realistycznie opisuje dynamikę zderzenia jądro-jądro w szerokim zakresie energii. Pokazuje m.in.,

że dla centralnych zderzeń procesy tworzenia układu złożonego prowadzące do równowagi i później do „wyparowywania” cząstek (typowe dla energii poniżej 20 MeV/nukleon), ze wzrostem energii ustępują miejsca procesom szybkiej fragmentacji, zachodzącej w czasie rzędu 3×10^{-22} s. Model BUU przewidując istnienie szybkiej fragmentacji nie jest jednak w stanie opisać tego procesu pod względem ilościowym, gdyż operuje jedynie jednocząstkową funkcją rozkładu. Przewidywania modelu BUU można więc w najlepszym razie odnosić do dynamiki rozkładu gęstości nukleonów. Informacji o wielkości fragmentów oraz efektach strukturalnych w procesach multyfragmentacji nie można uzyskać tą drogą. Dlatego poważnym krokiem naprzód byłoby uzupełnienie modeli dynamicznych typu BUU elementami uwzględniającymi nierównowagową emisję cząstek złożonych.

Literatura

- [1] R. Kaufmann, R. Wolfgang, *Proc. Second Conf. on Reactions Between Complex Nuclei*, Gatlinburg, 1960, red. A. Zucker, E.C. Halbert i F.T. Howard (John Wiley & Sons, New York, London 1960), s. 30.
- [2] J.B. Natowitz, *Phys. Rev. C* **1**, 623 (1970).
- [3] A.M. Zebelman, J.M. Miller, *Phys. Rev. Lett.* **30**, 27 (1973).
- [4] J. Wilczyński, *Nucl. Phys.* **A216**, 386 (1973).
- [5] J. Wilczyński, K. Siwek-Wilczyńska, *Phys. Lett.* **55B**, 270 (1975).
- [6] J. Błocki, J. Randrup, W.J. Świątecki, C.F. Tsang, *Ann. Phys. (USA)* **105**, 427 (1977).
- [7] J.H. Krappe, J.R. Nix, A.J. Sierk, *Phys. Rev. C* **20**, 992 (1979).
- [8] J. Wilczyński, *Phys. Lett.* **47B**, 484 (1973).
- [9] D.H.E. Gross, H. Kalinowski, *Phys. Lett.* **48B**, 302 (1974).
- [10] K. Siwek-Wilczyńska, J. Wilczyński, *Nucl. Phys.* **A264**, 115 (1976).
- [11] H. Feldmeier, *Rep. Progr. Phys.* **50**, 915 (1987).
- [12] J. Błocki, R. Płaneta, J. Brzychczyk, K. Grotowski, *Z. Phys.* **A341**, 307 (1992).
- [13] P.J. Siemens, J.P. Bondorf, D.H.E. Gross, F. Dickmann, *Phys. Lett.* **36B**, 24 (1971).
- [14] A.G. Artukh, G.F. Gridnev, V.L. Mikheev, V.V. Volkov, J. Wilczyński, *Nucl. Phys.* **A215**, 91 (1973).
- [15] A. Gobbi, W. Nörenberg, „Dissipative Collisions”, w: *Heavy Ion Collisions*, red. R. Bock (North-Holland Publishing Company, Amsterdam, New York, Oxford 1980), tom 2, s. 128-273.
- [16] H. Morgenstern, W. Bohne, K. Grabisch, H. Lehr, W. Stöffer, *Z. Phys.* **A313**, 39 (1983).
- [17] M. Fatyga, K. Kwiatkowski, V.E. Viola, C.B. Chitwood, D.J. Fields, C.K. Gelbke, W.G. Lynch, J. Pochodzalla, M.B. Tsang, M. Blann, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 1376 (1985).
- [18] T. Inamura, M. Ishihara, T. Fukuda, T. Shimoda, H. Hiruta, *Phys. Lett.* **68B**, 51 (1977).
- [19] D.R. Zolnowski, H. Yamada, S.E. Cala, A.C. Kahler, T.T. Sugihara, *Phys. Rev. Lett.* **41**, 92 (1978).

- [20] K. Siwek-Wilczyńska, E.H. du Marchie van Voorthuisen, J. van Popta, R.H. Siemssen, J. Wilczyński, *Phys. Rev. Lett.* **42**, 1599 (1979).
- [21] J. Wilczyński, K. Siwek-Wilczyńska, J. van Driel, S. Gonggrijp, D.C.J.M. Hageman, R.V.F. Janssens, J. Łukasiak, R.H. Siemssen, *Phys. Rev. Lett.* **45**, 606 (1980).
- [22] J. Wilczyński, K. Siwek-Wilczyńska, J. van Driel, S. Gonggrijp, D.C.J.M. Hageman, R.V.F. Janssens, J. Łukasiak, R.H. Siemssen, S.Y. van der Werf, *Nucl. Phys.* **A373**, 109 (1982).
- [23] K. Siwek-Wilczyńska, R.A. Blue, L.H. Hardwood, R.M. Ronningen, H. Utsunomiya, J. Wilczyński, D.J. Morrissay, *Phys. Rev.* **C32**, 1450 (1985).
- [24] J. Wilczyński, K. Siwek-Wilczyńska, *Phys. Rev.* **C41**, R1917 (1990).
- [25] J. Wilczyński, H.W. Wilschut, *Phys. Rev.* **C39**, 2475 (1989).
- [26] R. Płaneta, K. Kwiatkowski, S.H. Zhou, V.E. Viola, H. Breuer, M.A. McMahan, J. Randrup, A.C. Mignerey, *Phys. Rev.* **C39**, 1197 (1989).
- [27] J. Randrup, *Nucl. Phys.* **A383**, 468 (1982).
- [28] D. Brink, *Nucl. Phys.* **A519**, 3c (1990).
- [29] D.J. Hinde, D. Hilscher, H. Rossner, B. Gebauer, M. Lehmann, M. Wilpert, *Phys. Rev.* **C45**, 1229 (1992).
- [30] K. Siwek-Wilczyńska, J. Wilczyński, H.K.W. Leegte, R.H. Siemssen, H.W. Wilschut, K. Grotowski, A. Panasiewicz, Z. Sosin, A. Wieloch, *Phys. Rev.* **C48**, 228 (1993).
- [31] G.F. Bertsch, S. Das Gupta, *Phys. Rep.* **160**, 189 (1988).

Frank Wilczek

*Institute for Advanced Study
Princeton, USA*

Każdony dla każdego*

Anyons for anyone

Abstract: Models of the fractional quantum Hall effect and of high temperature superconductivity have followed the recognition that in 2-D systems quantum statistics extends beyond bosons and fermions.

Mechanika kwantowa nadaje nowe i ostre znaczenie pojęciu identyczności czyli nierozróżnialności, które nie występuje w fizyce klasycznej. Jego namacalnym przejawem jest istnienie specjalnych „efektywnych oddziaływań” lub „sił statystycznych” między dokładnie takimi samymi cząstkami, a ich niewystępowanie między cząstkami, które są jedynie bardzo podobne.

Dla przykładu, atomy ^3He i ^4He charakteryzują się bardzo podobnymi oddziaływaniami przy niskich energiach (tj. własnościami chemicznymi). Dla prawie wszystkich cząstek X, niskoenergetyczne rozpraszanie X przez ^3He i przez ^4He jest więc praktycznie takie samo. Prawdziwy wyjątek od tej reguły pojawia się wyłącznie gdy X jest bądź ^3He bądź ^4He . Trzy procesy rozpraszania: $^3\text{He} - ^3\text{He}$, $^3\text{He} - ^4\text{He}$, $^4\text{He} - ^4\text{He}$ różnią się jakościowo, a nie jedynie małymi poprawkami. Na przykład, stosunki przekrojów czynnych na rozpraszanie pod kątem 90° wynoszą dla nich 0:1:2. Ta różnica jest konkretnym przejawem istnienia sił statystycznych.

* Artykuł opublikowany w *Physics World* 4, No. 1, 40 (1991), został przetłumaczony za zgodą Autora i Wydawcy. [Translated with permission. Copyright ©1991 by IOP Publishing Ltd.] (przyp. Red.).

Statystyka kwantowa

W jaki sposób z wewnętrznej budowy teorii kwantowej wynika szczególnie zachowanie się dokładnie identycznych cząstek, można zrozumieć następująco. Rozważmy dwie nierozróżnialne cząstki A i B. Istotną cechą mechaniki kwantowej jest przypisywanie amplitudy prawdopodobieństwa każdemu możliwemu procesowi, w którym uczestniczą cząstki A i B. Na przykład, należy przypisać amplitudę procesowi, który polega na przejściu cząstki A wzdłuż pewnej drogi z punktu $(x_A, t = 0)$ do (x'_A, t_1) w czasie t_1 oraz na podobnym przejściu cząstki B z $(x_B, t = 0)$ do (x'_B, t_1) . Całkowita amplituda przejścia A i B między rozważanymi punktami jest dana jako suma amplitud dla wszystkich możliwych dróg łączących te punkty. Zasada mówiąca, że należy dodawać amplitudy wszystkich możliwych sposobów osiągnięcia danej sytuacji fizycznej jest głównym filarem teorii kwantowej. Idea sumowania po wszystkich drogach stanowi jądro feynmanowskiego sformułowania teorii kwantowej w języku całek po trajektoriach.

W powyższym podejściu szczególnie przejrzyste jawi się przyczyna występowania całkowicie nowych zjawisk, gdy cząstki A i B są nierozróżnialne. Jeśli A i B są nierozróżnialne, to proces polegający na przejściu A do punktu x'_B oraz B do punktu x'_A odpowiada końcowej sytuacji, która nie różni się od końcowej sytuacji rozważanej poprzednio, tj. po przejściu A do x'_A i B do x'_B . Tak więc, zgodnie z ogólnymi zasadami mechaniki kwantowej, amplitudy dla obu tych możliwości należy traktować łącznie. Mówi się, że wraz z procesem *wprost* należy rozważyć proces *wymienny*, w którym cząstki, można by rzec, zamieniają się swoimi tożsamościami.

Należy z całą mocą stwierdzić, że ta nowa cecha dynamiki identycznych cząstek nie ma odpowiednika w fizyce klasycznej. W fizyce klasycznej nie sumuje się po „wszystkich możliwych” drogach w żadnym tego słowa znaczeniu. Dla danych warunków początkowych istnieje bowiem jedna możliwa droga, a mianowicie ta, dla której spełnione są równania ruchu.

Różnica między klasyczną i kwantową teorią nierozróżnialnych cząstek jest w rzeczywistości nawet większa niż powyższe rozumowanie mogłoby sugerować. Zwykle prawa fizyki klasycznej wskazują drogę wyboru poprawnych praw mechaniki kwantowej. Fakt ten jest szczególnie oczywisty w podejściu do mechaniki kwantowej metodą całek po trajektoriach, gdyż w tej metodzie fizyka klasyczna określa całkowicie amplitudę przypisywaną danej drodze. (Dokładnie mówiąc wykładnik amplitudy jest równy $2\pi i$ razy klasyczne działanie podzielone przez stałą Plancka.) W przeciwieństwie do tego, fizyka klasyczna nie daje żadnych wskazówek czy zasad mówiących jaką względną wagę powinniśmy przypisywać procesom *wprost* i *wyminnym*. By to zrozumieć zauważmy, że klasyczne równanie ruchu

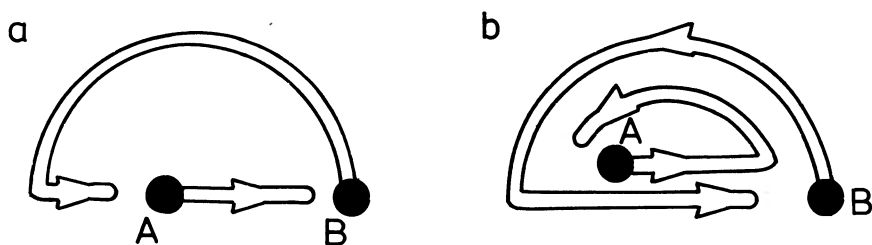
można wyprowadzić żądając, by działanie miało ekstremum (dla krótkich dróg – minimum) dla rzeczywistej trajektorii klasycznej. Zasada ekstremum, lub zasada najmniejszego działania, mówi że dla dróg, które spełniają klasyczne równania ruchu *nieskończenie mała* zmiana drogi nie zmienia w pierwszym rzędzie działania. Równocześnie zasada ta nic nie mówi o drogach, które nie mogą być powiązane szeregiem nieskończenie małych zmian. W szczególności bez zaburzania równań ruchu można zmienić w dowolny sposób względną wartość działania dla dróg, które nie mogą być połączone w sposób ciągły.

Oczywiście drogi związane z procesami wprost i wymiennym nie mogą być połączone ze sobą w sposób ciągły: cząstki bądź wymieniły się bądź nie i nie można w sposób ciągły przeprowadzić interpolacji między tymi dwiema możliwościami logicznymi. Względne wagi i amplitudy przypisane tym drogom nie wpływają na klasyczne równania ruchu. Tak więc fizyka klasyczna nie wskazuje nam jak wybrać wagi.

Szczęśliwie brak klasycznych drogowskazów nie pozostawia nas całkowicie na bezdrożach. Konstrukcja mechaniki kwantowej jest bowiem tak zwarta, iż niewiele jest możliwości wyboru zgodnych z jej budową. W szczególności należy spełnić zasadę mówiącą, że amplituda dla dwóch kolejnych dróg jest iloczynem amplitud odpowiadających każdej z tych dróg oddzielnie. Rysunek 1 ilustruje siłę tego prawa w rozważanym kontekście. Jeśli po wymiennym procesie ma miejsce kolejny proces wymienny, to całkowity proces nie jest wymienny. Droga odpowiadająca procesowi podwójnej wymiany może być bowiem w sposób ciągły powiązana z całkowicie trywialną prostą drogą, jak pokazano na rys.1. Wynika stąd, że czynnik β , ważący względne amplitudy dróg odpowiadających procesowi wymiennemu i wprost będzie zgodny z prawem iloczynu dla kolejnych dróg, jeśli $\beta^2 = 1$. Oznacza to oczywiście, że jedyne dwa możliwe przypadki to $\beta = \pm 1$. Odpowiadają one dobrze znanym możliwościom, tj. bozonom i fermionom.

Poza bozony i fermiony

Można by chcieć zatrzymać się w tym miejscu z zadowoleniem konstatując, że w prosty sposób można zrozumieć podstawy istnienia bozonów i fermionów, a także wykazać, że stanowią one jedyne możliwości. Bliższe zbadanie omówionego dowodu ujawnia jednak jego niespodzianą lukę. Wyjaśnienie przedstawione na rys. 1 wymaga, by cząstki poruszały się w co najmniej *trójwymiarowej* przestrzeni. Pozostawiając chwilowo na boku problem, dlaczego można chcieć rozważać inny przypadek zauważmy, że sytuacja w *dwóch* wymiarach jest całkowicie odmienna. W przypadku dwóch wymiarów powtarzanie wymiennego procesu nie



Rys. 1. Podstawowy proces wymienny jest przedstawiony w części (a). Jeśli będziemy powtarzać ten proces uważając by drogi nie przecinały się, to dojdziemy do (b). W trzech wymiarach duża pętla może być odchylna od płaszczyzny i w ciągły sposób, bez dotykania małej pętli, zredukowana do punktu. Oczywiście mała pętla może być także zmniejszona, tak że dwa kolejne procesy wymiany w sposób ciągły związane są z trywialnym procesem „bezruchu”. W dwóch wymiarach nie istnieje jednak metoda rozplątania pętli w (b)

prowadzi do prostego procesu wprost. W dwóch wymiarach można jednoznacznie stwierdzić nie tylko czy cząstki wymieniły się tożsamością, ale także ile razy wzajemnie się okrążyły. (Liczbę okrążeń można wyobrazić sobie jako liczbę oczek, które tworzą ich dwie linie świata.) Warunku $\beta^2 = 1$ nie można wówczas wprowadzić, gdyż podwójna wymiana nie jest w sposób ciągły powiązana z prostym procesem wprost – podwójna wymiana nie jest trywialna, ponieważ wiąże się z okrążeniem jednej cząstki przez drugą. W nieobecności tych dodatkowych więzów dozwolony staje się bardziej ogólny wybór β . W dwóch wymiarach nie jest się więc ograniczonym do bozonów i fermionów jako jedynych niesprzecznych możliwości statystyki kwantowej. Między nimi pojawia się ciągłe spektrum możliwości.

Cząstki spełniające bardziej ogólne postacie statystyki nazywane są *każdonomi* (ang. anyons). Nazwa pochodzi z faktu iż dozwolona jest dla nich *dowolna* (ang. any) wartość czynnika wagowego β .¹

Jak sobie wyobrażać każdonów

Gdy staje się naprzeciw takiej prawdziwej nowości, jaką jest istnienie nowych postaci statystyki kwantowej, dobrą intelektualną strategią może być powiązanie jej na wszystkie możliwe sposoby z obiektami, które są nam lepiej znane. Szczególna własność każdonów polegająca na nieodczuwaniu klasycznych

¹ Wśród specjalistów nie ma zgodności co do tego, jak powinien brzmieć i być pisany polski odpowiednik angielskiego terminu „anyon”. Między innymi B. Jancewicz zaproponował (w liście do Redakcji *Postępów Fizyki* – PF 42, 587 (1991)) stosowanie w piśmiennictwie polskim odpowiednika fonetycznego „enion”. W niniejszym tłumaczeniu użyto nieco żartobliwego terminu „każdon” dla zachowania gry słów zawartej w tytule oryginału angielskiego (przyp. tłum.).

sił ale w czasie „przeplatania się” reagowaniu na wzajemną obecność przyrostem fazy przypomina inne sławne zjawisko fizyki kwantowej. Mam tu na myśli efekt Aharonova-Bohma. Efekt ten, przypomnijmy, polega na tym, że obraz interferencyjny naładowanej cząstki – która zachowuje się oczywiście jak fala – może być zmieniony przez cieką cewkę (tzn. rurkę strumienia pola magnetycznego) okrążaną przez interferujące drogi, nawet jeśli żadna z tych dróg nie przecina samej cewki. Wpływ ten istnieje mimo nieobecności pola magnetycznego na zewnątrz rurki strumienia, tak że naładowana cząstka w ogóle nie odczuwa działania klasycznej siły. Efekt Aharonova-Bohma jest zjawiskiem czysto kwantowym. Pojawia się on, ponieważ fazy amplitud dla dróg okrążających cewkę są zaburzane jej obecnością. Zmiana fazy jest przy tym proporcjonalna do liczby okrążeń, a także do wielkości strumienia pola magnetycznego w cewce.

Jest oczywiste, że oddziaływanie rozpropagowane przez Aharonova i Bohma wykazuje bliski związek matematyczny z oddziaływaniem wywołanym statystyką i charakteryzującym każdony. Związek ten stanowi podstawę sposobu myślenia o kaźdonach, który okazał się wyjątkowo owocny. Kluczowym pomysłem jest tutaj wyobrażenie sobie, że każdony są bozonami lub fermionami obdarzonymi dodatkowo fikcyjnym ładunkiem i strumieniem pola. (Użycie terminu „fikcyjne pola” ma wyłącznie na celu uniknięcie mylenia tych pól, wprowadzonych jako narzędzie matematyczne, z rzeczywistymi polami elektromagnetycznymi.) Jeśli przyporządkowanie fikcyjnego ładunku i strumienia jest dobrane właściwie to fazy Aharonova-Bohma będą dokładnie naśladowały efekt statystyki kaźdonowej.

Uzyskujemy więc niezwykłą swobodę w zamianie statystyki kwantowej na konkretne własności dynamiczne, a mianowicie fikcyjny ładunek i strumień. Alchemia ta jest znana jako przemiana statystyki. Korzystając z niej można przedstawiać bozony jako fermiony ze specjalnymi dodatkowymi oddziaływaniami lub *vice versa*, a także każde z nich jako określonego typu kaźdony wyposażone w odpowiedni fikcyjny ładunek i strumień. Warto zauważyć, że tylko w dwóch wymiarach biorąc przekrój prostopadły do cewki można zbudować *punktowe* źródło strumienia. W trzech wymiarach linie pola magnetycznego nie mogą się kończyć, a więc nie sposób stworzyć izolowane obszary zawierające niezerowy wypadkowy strumień. Wynika stąd, że alchemia przemiany statystyki punktowych cząstek dostępna jest wyłącznie w przestrzeni dwuwymiarowej.

Innym warunkiem koniecznym dla istnienia ułamkowej statystyki jest to, by dyskretne symetrie P i T były złamane. Zarówno odbicie przestrzenne jak i odwrócenie kierunku biegu czasu zmieniają bowiem kierunek okrążania. Gdyby więc te symetrie obowiązywały, faza związania z okrążaniem w jednym kierunku byłaby taka sama jak faza związania z okrążaniem w przeciwnym kierunku. Z drugiej strony, jeśli β jest fazą dla okrążania w jednym kierunku to faza związania z

okrażaniem w przeciwną stronę musi wynosić β^{-1} (ponieważ okrażenie w jedną stronę, a następnie okrażenie w przeciwną odpowiada trajektorii, którą można w sposób ciągły przekształcić w trywialną prostą drogę; zasada iloczynu dla amplitud wymusza wspomnianą wartość). Tak więc $\beta = \beta^{-1}$, tj. $\beta = \pm 1$, lub inaczej wyłącznie bozony lub fermiony są zgodne z dyskretnymi symetriami P i T.

Każdony w przyrodzie

W tym momencie można by stwierdzić, że każdy są tworamii nader dziwaczny. Cząstki, które mogą istnieć jedynie w dwóch wymiarach – a i tam tylko wtedy, gdy symetrie P i T są złamane – wydają się bardziej odpowiednie na potencjalnych mieszkańców poskręcane go z fantazją świata Płaszczaków niż jako składniki rzeczywistego (trójwymiarowego i prawie dokładnie symetrycznego) świata. Jeśli jednak rozważyć rzecz dokładnie to te zniechęcające przeszkody istnienia kaźdonów w realnym świecie okażą się papierowymi tygrysami.

Układy efektywnie dwuwymiarowe powstają gdy otrzymujemy cienkie w skali atomowej warstwy odpowiedniego materiału lub w przypadku materiałów silnie anizotropowych (takich jak grafit lub wysokotemperaturowe nadprzewodniki z tlenków miedzi), w których ruch elektronów jest dużo łatwiejszy w pewnych płaszczyznach niż poza nimi. Myśląc o tych materiałach należy zdać sobie sprawę z faktu, że w mechanice kwantowej ruch w trzecim kierunku może być *ściśle wzbroniony* przy niskich energiach. Taka sytuacja występuje, gdyż poziomy energetyczne są skwantowane, a więc by wywołać ruch w trzecim kierunku należy dostarczyć określoną niezerową energię.

Dyskretne symetrie P i T są w pełni respektowane przez podstawowe prawa fizyki, ale bywają one często łamane przez warunki zewnętrzne lub przez samorzutne pojawianie się uporządkowania w materiałach. Na przykład, zewnętrzne pole magnetyczne narusza P i T, a więc oczywiście zachodzi to także w ferromagnetykach. Wiele innych i mniej znanych uporządkowań magnetycznych, a także nadciężki ^3He w fazie A, samorzutnie naruszają te symetrie.

Wynika stąd, że warunek efektywnej dwuwymiarowości oraz łamania symetrii P i T nie stanowi niepokonywalnej bariery istnienia kaźdonów. Ogniskuje on jednak nasze dalsze badania: musimy poszukiwać pomiędzy kwazicząstkami układów efektywnie dwuwymiarowych znajdujących się w warunkach jawnie łamiących P i T (np. w polu magnetycznym) lub wykazujących samorzutne uporządkowanie, które niszczy te symetrie. W tych granicach wyniki teoretyczne są bardzo zachęcające. Okazuje się bowiem, że pewne najprostsze i najbardziej naturalne kwantowe teorie pola w przestrzeniach dwuwymiarowych ze złamanymi symetriami P i T

zawierają w swoim widmie każdy. Ponieważ oczekujemy iż niskoenergetyczne wzbudzenia materiału opisywać będą najprostsze teorie pola o odpowiedniej symetrii, możemy spodziewać się wielu postaci kaźdonów w rzeczywistym świecie.

Te przewidywania ziściły się w nowych stanach materii, leżących u podstaw ułankowego kwantowego efektu Halla. Zjawisko to występuje dla elektronów spulapkowanych w warstwie granicznej między różnymi półprzewodnikami i poddanych silnemu polu magnetycznemu (> 1 T) w temperaturach milikelwinowych. Niestety pełne omówienie ułankowego kwantowego efektu Halla nie mieści się w ramach tego artykułu, ale poniższa mała próbka pozwala dostrzec powab tego zagadnienia.² Bezlitośnie opuszczając wiele fascynujących aspektów i wątków natury technicznej charakteryzujących to zjawisko, istotę jego można przedstawić w następujący sposób. Podobnie jak niektóre atomy zawierające pewną szczególną liczbę elektronów są wyjątkowo energetycznie uprzywilejowane i trwałe (prowadzi to do istnienia nieaktywnych pierwiastków lub gazów szlachetnych dla tych liczb atomowych), czy jak jądra zawierające pewną szczególną liczbę neutronów i protonów są również wyjątkowo energetycznie uprzywilejowane i trwałe (stąd „magiczne” jądra), tak istnieją pewne szczególne koncentracje, dla których dwuwymiarowy gaz elektronowy w polu magnetycznym jest wyjątkowo stabilny. Bardziej ściśle – a jest to bardzo ważne – kluczowym parametrem jest tutaj stosunek koncentracji elektronów do przyłożonego pola magnetycznego. Stosunek ten nazywa się parametrem wypełnienia. Dla uprzywilejowanych wartości tego parametru gaz elektronowy staje się nieściśliwą cieczą, gdyż jej ściśnięcie (z definicji) zmienia koncentrację – a to jest dokładnie to, czego elektrony nie lubią.

Istnienie jednej z uprzywilejowanych wartości wypełnienia można zrozumieć względnie prosto, podobnie jak rozumiemy istnienie zamkniętych powłok w atomach i jądrach. W tym celu zaniedbuje się oddziaływanie między elektronami i rozwiązuje równanie Schrödingera, by znaleźć możliwe stany pojedynczego elektronu w polu magnetycznym. Okazuje się, że energie tych stanów tworzą pasma, znane jako poziomy Landaua, oddzielone przerwami energetycznymi. Szczególnie stabilna konfiguracja pojawia się, gdy każdy ze stanów najniższego poziomu Landaua obsadzony jest przez jeden elektron tzn. poziom Landaua jest całkowicie zapełniony. (Z powodu zakazu Pauliego poszczególnym stanom można przypisać *nie więcej niż jeden* elektron.) Koncentracja elektronów względem koncentracji odpowiadającej zapełnionemu poziomowi Landaua nosi nazwę współczynnika wypełnienia. Dla wspomnianej wyżej szczególnie stabilnej konfiguracji wynosi on 1. Stabilność ta znajduje odbicie w nieściśliwości gazu elektronowego dla tego współ-

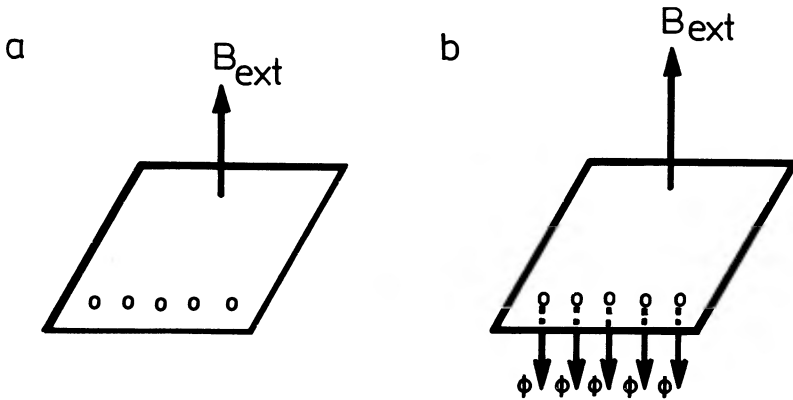
² O kwantowym efekcie Halla pisano w *Postęпах Fizyki* wielokrotnie: **33**, 195 (1982); **36**, 515 (1986); **37**, 527 (1987) (przyp. tłum.).

czynnika wypełnienia, co prowadzi do charakterystycznych własności kwantowego efektu Halla. Podstawową cechą tego efektu jest bowiem to, że nawet jeśli współczynnik wypełnienia nie jest dokładnie równy 1, gaz elektronowy rozprzestrzenia się tak, by prawie wszędzie występowała korzystna koncentracja odpowiadająca współczynnikowi wypełnienia równemu 1, a różnica znajdowała się w wytrąceniach w postaci małych nieruchomych „kieszeni” ze zlokalizowanym nadmiarowym ładunkiem. W rezultacie charakter ruchliwej cieczy, łącznie z jej oporem elektrycznym, nie ulega żadnym zmianom nawet jeśli zmienić trochę koncentrację elektronów lub natężenie pola elektrycznego, które na nie działa. Takie *plateaux* oporności stanowią definiującą doświadczalną własność kwantowego efektu Halla.

Tak więc istnienie kwantowego efektu Halla dla współczynnika wypełnienia 1, lub bardziej ogólnie dla każdego całkowitego współczynnika wypełnienia (tzn. dla każdej całkowitej liczby dokładnie zapełnionych poziomów Landaua), mimo że pojawiło się jako niespodziewany fakt historyczny, nie jest bardzo trudne do teoretycznego zrozumienia. Jest to w zasadzie efekt jednocząstkowy i nie wiąże się z innymi korelacjami między cząstkami niż te, które wynikają z zakazu Pauliego.

Znacznie subtelniejsze i bardziej interesujące z teoretycznego punktu widzenia są wyniki doświadczalne dowodzące, że inne dyskretne ułamkowe wartości współczynnika wypełnienia – na przykład jedna trzecia oczywiście uprzywilejowanej wielkości – są także wyjątkowo uprzywilejowane. W szczególności dla tych koncentracji pojawiają się również *plateaux* oporności. To jest właśnie ułamkowy kwantowy efekt Halla.

Jeden ze sposobów pozwalających na zrozumienie tego zjawiska przedstawiono na rys. 2. Wyobraźmy sobie, że startujemy z uprzywilejowanej wartości współczynnika wypełnienia i stopniowo lokalizujemy strumień pola magnetycznego na elektronach. W ten sposób, jak to już omawialiśmy, przekształcamy elektrony z fermionów w różnego rodzaju kaźdony. Jeśli ten proces posuniemy dostatecznie daleko powrócimy znowu do fermionów. Zajdzie to, gdy zgromadzony łącznie kwant strumienia będzie odpowiedni. W tym miejscu fantazja zderza się z rzeczywistością, ponieważ wyprodukowaliśmy dopuszczalny stan dla fizycznych (fermionowych) elektronów. Podczas tego procesu wielkość pola magnetycznego, a z nim współczynnika wypełnienia, ulegała zmianie. Nietrudno pokazać, że postępowanie takie generuje uprzywilejowane stany przy ułamkowych współczynnikach wypełnienia, które leżą poza dobrze rozumianymi stanami odpowiadającymi całkowitym wartościom tych współczynników. Interpolując w sposób ciągły między serią stanów kaźdonowych można połączyć dwa szczególne stany elektronowe o bardzo różnym charakterze oraz zrozumieć w prosty i zadowalający sposób dlaczego uprzywilejowane współczynniki wypełnienia występują tam gdzie występują.



Rys. 2. Zastąpienie jednorodnego pola magnetycznego (a) przez równoważny strumień zlokalizowany na cząstkach (b) może stanowić dobre przybliżenie. W ten sposób przybliża się układ wielu ciał w zewnętrznym polu magnetycznym przez układ o trochę innej statystyce kwantowej oraz znajdujący się w trochę innym polu

Niedawno Martin Greiter, X.G. Wen i piszący te słowa wprowadzili do tej analizy nowy pomysł. Skwantowane stany hallowskie opisywane dotąd wywodzili się z jednego zapełnionego poziomu Landaua (współczynnik wypełnienia 1). Odpowiadały one współczynnikom wypełnienia z nieparzystymi mianownikami. Inna interesująca klasa stanów wynika z zastosowania tego samego rodzaju konstrukcji do sytuacji, której punkt wyjścia stanowi gaz elektronowy *niepoddany* działaniu pola magnetycznego – swobodny gaz Fermiego (co odpowiada nieskończonemu współczynnikowi wypełnienia). Wychodząc z tego punktu zaczynamy przykładać równocześnie dwa strumienie o przeciwnych kierunkach, jeden zlokalizowany na cząstkach, drugi zdelokalizowany – tzn. jednorodne pole magnetyczne, w ten sposób by pole magnetyczne na dużej powierzchni uśredniało się do zera. Można pokazać, że wpływ równoczesnego przykładania obu tych zaburzeń jest równoważny dodawaniu pewnego dobrze określonego krótkozasięgowego oddziaływania między wyjściowymi fermionami. Oddziaływania tego typu można analizować korzystając z tradycyjnych i dobrze opanowanych metod teorii wielu ciał. Kontynuując tę samą strategię co wcześniej, możemy poruszać się od małych zmian statystyki i pola magnetycznego do na tyle dużych, iż prowadzą one do zatoczenia pełnego koła z powrotem do fermionów (w silnym polu magnetycznym). W ten sposób stany fermionowe z pewnym lokalnym oddziaływaniem zostają powiązane ze stanami fermionowymi dla współczynnika wypełnienia $1/2$. Należy zauważyć, że te lokalne oddziaływania wywołują tworzenie się par, podobnie jak w teorii nadprzewodnictwa BCS. Idąc dalej możemy oczekiwać pojawienia się pewnego rodzaju

nadprzewodnictwa w kwantowym efekcie Halla przy współczynniku wypełnienia $1/2$. Konsekwencje tego są obecnie intensywnie badane. Niedawne doświadczenia ujawniły niezwykle i dotychczas niewyjaśnione osobliwości zachowania się efektu Halla przy współczynniku wypełnienia $1/2$. Chociaż byłoby niedojrzałością twierdzić, że ten fascynujący i nowy „*quasi-nadprzewodzący*” stan materii sugerowany przez koncepcje kaźdonowe istnieje w rzeczywistości, to nie jest nierozsądne mieć taką nadzieję.

Każdony pojawiają się także bezpośrednio w ułamkowym kwantowym efekcie Halla. Zgodnie z naszkicowaną właśnie konstrukcją, elektrony w ułamkowym kwantowym efekcie Halla są w pewnym sensie „super-fermionami”. Jeśli jakiś elektron jest zamieniony z innym, to odpowiada to nie tylko zmianie fazy o π , zawsze związanej z fermionami, ale także (w najprostszym przypadku współczynnika wypełnienia $1/3$) dodatkowej fazy 2π wywołanej przez zgromadzony strumień, tak że pełny przyrost fazy wynosi 3π . Ponieważ zamiana odpowiada połowie okrążenia, oznacza to, że jeśli jeden elektron obiega inny, to jego faza zmienia się o 6π . Liczba ta jest trzykrotnie większa od najmniejszej fazy jaką można związać z punktem dwuwymiarowego gazu elektronowego bez zaburzenia ruchu elektronów okrążających ten punkt. Sugeruje to mocno, że powinno być możliwe, dla współczynnika wypełnienia $1/3$, zdefiniowanie innego rodzaju wzbudzenia typu punktowego, które w pewnym sensie byłoby równoważne jednej trzeciej elektronu. W rzeczywistości okazuje się to prawdziwe w pełnym tego słowa znaczeniu. Kwazicząstki ułamkowego kwantowego efektu Halla przy współczynniku wypełnienia $1/3$ posiadają jedną trzecią ładunku elektronu i $1/3$ statystyki elektronowej! Matematycznie oznacza to, że gdy jedna z tych kwazicząstek okrąży drugą, to amplituda jest mnożona przez pierwiastek trzeciego stopnia z -1 . Dla stanów ułamkowego kwantowego efektu Halla, które odpowiadają innym współczynnikom wypełnienia, występują kwazicząstki podlegające innym rodzajom egzotycznych statystyk kaźdonowych.

Nadprzewodnictwo kaźdonowe

Jak dotychczas najbardziej spektakularnym wynikiem teorii kaźdonów wydaje się dowód, że istnienie statystyki kaźdonowej samo z siebie prowadzić może do nowej postaci nadciekłości. Ścisłe mówiąc wykazano, że gazy pewnego typu kaźdonów będą skraplały się w niskich temperaturach do postaci nadciekłej, nawet jeśli oddziaływania między nimi byłyby skądinąd silnie odpychające. (W rzeczywistości temperatura poniżej której pojawia się nadciekłość jest zwykle dużo wyższa niż przewidywana przez inne mechanizmy.) W rezultacie, ponieważ su-

perciecze naładowanych cząstek są nadprzewodnikami, otrzymujemy nowy i wyjątkowo silny mechanizm nadprzewodnictwa.

W najprostszy sposób zrozumieć można powód istnienia nadciekłości każdonowej odnosząc się do klasycznych kryteriów nadciekłości sformułowanych przez Landaua w kontekście ^4He . Twierdził on, że nadciekłość pojawi się gdy spełnione zostaną równocześnie dwa warunki. Po pierwsze, układ musi być ściśliwy, tak by istniały bardzo niskoenergetyczne stany przepływu koncentracji (tzn. fale dźwiękowe). Po drugie, nie mogą istnieć inne niskoenergetyczne wzbudzenia, które mogłyby prowadzić potencjalnie do dysypacji fal dźwiękowych. Na przykład fala dźwiękowa nie może tracić swojej energii na skutek spowolnienia ruchu pewnej cząstki w fali w wyniku rozproszenia przez otaczającą cząstkę. Upraszczając nieco, superprąd musi polegać na takim skorelowaniu ruchu wszystkich cząstek by koszt energetyczny związany z wypadnięciem każdej pojedynczej cząstki „poza linię” był większy niż zysk związany z jej spowolnieniem. Gdy brak jakichkolwiek istotnych mechanizmów dysypacji, przepływ trwa wiecznie – to jest istota nadciekłości.

Nie każdy z tych warunków może być spełniony; ilustrują to dobrze znane przykłady. W przypadku elektronów w izolatorze lub poziomym Landaua obsadzonego całkowicie elektronami w polu magnetycznym załamuje się warunek ściśliwości. W obu przykładach istnieje bowiem określona wartość uprzywilejowanej koncentracji, a więc nie ma niskoenergetycznych drgań koncentracji (tzn. fal dźwiękowych). Nie ma więc niskoenergetycznego przepływu koncentracji, ani nadciekłego ani normalnego. Z drugiej strony, elektrony w metalu nie mają uprzywilejowanych koncentracji i istnieją w nich niskoenergetyczne drgania koncentracji znane jako zerowy dźwięk. Fale zerowego dźwięku mogą jednak zanikać tracąc energię na korzyść otaczających elektronów z okolic powierzchni Fermiego. Nie tworzą one więc superprądów, których podstawową cechą jest wieczne trwanie.

Jak wspomnieliśmy powyżej, można próbować zrozumieć własności gazu kaźdonów traktując je jako fermiony wyposażone w fikcyjny ładunek i strumień. Zachowanie kaźdonów zostaje następnie powiązane z bardziej znanym przypadkiem oddziałujących fermionów w polu magnetycznym, zastępując przy tym fikcyjny strumień przez jego jednorodną średnią oraz przez pozostałe krótkozasięgowe oddziaływanie.

Jeśli teraz procedura ta doprowadzi do układu fermionów *dokładnie wypełniających* całkowitą liczbę poziomów Landaua to nie będą istniały te niskoenergetyczne i jednocząstkowe wzbudzenia stanowiące źródło dysypacji, a więc wydajnej upływności, tak szkodliwej dla potencjalnego superprądu. Brak tego typu wzbudzeń można łatwo zrozumieć. Fakt, że fermiony wypełniają całkowicie poziom Landaua oznacza bowiem, że wymagana jest względnie duża energia – przerwa

energetyczna do następnego, nieobsadzonego poziomu – by zmienić ruch każdego pojedynczego elektronu. (Z drugiej strony, jeśli poziom jest częściowo zajęty, elektrony z tego poziomu mogą zmienić swój stan ruchu prześlizgując się do nieobsadzonych stanów *wewnątrz* tego samego poziomu, co nie kosztuje wiele energii.)

Zwykle elektrony w zewnętrznych polach magnetycznych nie spełniają jednak drugiego warunku nadciekłości. Ponieważ mają one uprzywilejowaną koncentrację, określoną przez wielkość zewnętrznego pola magnetycznego, nie wykazują drgań koncentracji lub fal dźwiękowych. Mają więc bardzo ograniczoną możliwość płynięcia. W tym punkcie każdy różni się jednak zasadniczo od układu fermionów w jednorodnym polu magnetycznym, który przyjęliśmy do ich przybliżonego opisu. Podstawowym faktem prowadzącym do tej różnicy jest to, że w przypadku kaźdonów (w przeciwieństwie do fermionów w ustalonym polu magnetycznym) wraz ze zmianą koncentracji cząstek ulega zmianie lokalna wartość uśrednionego pola magnetycznego. W związku z tym nie ma potrzeby przerzucać cząstki do następnego poziomu Landaua w odpowiedzi na łagodne przestrzenne zmiany koncentracji – istnieje bowiem zawsze doskonałe dopasowanie między lokalną koncentracją a lokalnym polem magnetycznym, prowadzące do całkowitego współczynnika wypełnienia. Ponieważ koncentracja może być modulowana bez przeszkód i wydatkowania energii, istnieją więc fale dźwiękowe o bardzo niskiej energii. Zgodnie z landauowską logiką, istnienie tych fal dźwiękowych, łącznie z brakiem niskoenergetycznych i jednocząstkowych wzbudzeń, prowadzi do nadciekłości.

Przy bardziej formalnym podejściu można wykazać na drodze bezpośrednich ale żmudnych obliczeń, że resztkowe oddziaływania, które odróżniają układ kaźdonów od ich przybliżonego modelu, tj. fermionów w jednorodnym polu magnetycznym, przywracają niskoenergetyczne fale dźwiękowe nieistniejące w nieobecności tych oddziaływań.

Czy nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe tlenków miedzi jest indukowane przez ten mechanizm?³ Silna dwuwymiarowość i osobliwe uporządkowanie spinowe w tych materiałach, jak oczywiście również ich twarde nadprzewodnictwo, mogłyby prowadzić do takich podejrzeń. Jak moglibyśmy to stwierdzić? Byłoby na pewno zachęcające gdyby wykryć, że w materiałach tych są złamane dyskretne symetrie P i T, gdyż jak widzieliśmy wiążą się one ściśle z istnieniem kaźdonów. Czy tak jest? Sytuacja nie jest obecnie jasna. Fizycy doświadczalni próbują wykryć naruszenie tych symetrii poszukując charakterystycznych zjawisk asymetrycznych, takich jak istnienie wewnętrznego pola magnetycznego lub ten-

³ Przegląd własności nadprzewodników wysokotemperaturowych można znaleźć w *Postęпах Fizyki* 40, 99 (1989); 40, 467 (1989); 41, 67 (1990). (przyp. tłum.)

dencji materiałów do skręcania płaszczyzny polaryzacji przechodzącego przez nie światła. Dwa z tych doświadczeń (wykonane przez grupy z Laboratoriów Bella w USA i w Dortmundzie w RFN) wydają się wykazywać naruszenie symetrii, ale inne o podobnej czułości (grupy z Uniwersytetu Stanforda) nie znajdują jego śladu.

Zakończenie

Podczas kilku lat każdy uległ przemianie z zabawnej ciekawostki w obiekt intensywnych badań teoretycznych, które zaczynają się już wiązać z obserwowanymi zjawiskami w fizyce materii skondensowanej i są coraz bardziej obiecujące. W przyszłości ograniczanie się w mechanice kwantowej do bozonów i fermionów będzie wydawać się równie nienaturalne jak byłoby ograniczanie się do liczb rzeczywistych w analizie matematycznej.

Tłumaczył *Tomasz Dietl*

Instytut Fizyki PAN

Warszawa

Literatura

Znacznie pełniejsze omówienie wszystkich aspektów fizyki kaźdonów z odnośnikami literaturowymi i przedrukiem wielu znaczących artykułów oryginalnych jest dostępne w: F. Wilczek *Fractional Statistics and Anyon Superconductivity* (World Scientific, Singapore 1990).

RÓŻNE

Elżbieta Kuczyńska
Bogumiła Rykaczewska-Wiorogórska

Centrum Informatyczne
Uniwersytet Warszawski
Warszawa

Elektroniczne biblioteki i bazy informacyjne z dziedziny nauk fizycznych

Library databases and electronic bulletin boards for physicists

Abstract: The new network services for physicists – library databases and electronic bulletin boards – are accessible now from almost every place via electronic mail. Here we present a few examples: SISSA-ISAS archives, QALICE and QSPIRES systems.

1. Wstęp

Ekspansywny rozwój polskiej naukowo-akademickiej sieci komputerowej stwarza badaczom, pracującym w naszym kraju, coraz lepsze warunki korzystania z usług bezpośredniego dostępu do fachowej informacji oraz umożliwia szybsze przekazywanie własnych wyników, opublikowanych, bądź jeszcze nie, do międzynarodowego obiegu.

W tym artykule chcemy przedstawić ideę tworzenia tzw. bibliotek elektronicznych oraz omówić dokładnie ich funkcjonowanie na przykładzie bazy preprintów, obejmującej fizykę i dziedziny pokrewne. Bazę tę uruchomiono w ubiegłym roku w Międzynarodowej Szkole Studiów Podyplomowych SISSA-ISAS w

Trieście. Rekomendowana jest ona jako uzupełnienie zasobów, gromadzonych w takich renomowanych ośrodkach jak SLAC (Stanford), CERN (Genewa), LANL (Los Alamos).

Można postawić pytania:

- czy elektroniczne biuletyny i biblioteki są w stanie konkurować z uznawanymi czasopismami, które zazwyczaj publikują prace poddane uprzednio wnikliwej selekcji,
- czy odegrają one znaczącą rolę w dystrybucji wyników badań,
- czy zostaną zaakceptowane przez środowisko naukowców?

Na te wszystkie wątpliwości stara się odpowiedzieć Garry Taubes na łamach jednego z ostatnich numerów *Science* [1]. W jego artykule sondażowym wypowiedają się wybitni fizycy amerykańscy. Konkluzja, do której dochodzą, jest jedna. To właśnie fizycy i przedstawiciele zbliżonych dyscyplin okazali się najbardziej dojrzałymi do rozpoczęcia „elektronicznej rewolucji” dostrzegając możliwości, które daje połączenie podstawowej usługi w sieciach akademickich, tj. poczty elektronicznej wg protokołu RFC # 822, ze standardem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, używanym jako system redagowania prac naukowych. Artykuły, pełne najwymyślniejszych formuł matematycznych i wykresów, zapisane docelowo za pomocą 7-bitowego kodu ASCII, mogą teraz obiegać świat, stanowiąc treść elektronicznych listów.

W dalszych paragrafach artykułu omówimy jeszcze dwie bazy o charakterze bibliograficznym:

- zlokalizowaną w CERN-ie bazę ALICE (ALEPH Library Information for CERN) [2],
- znajdującą się w SLAC-u bazę SPIRES (Stanford Public Information Retrieval System) [3].

Zainteresowani mogą uzyskać do nich łatwy dostęp również za pomocą zwykłych listów elektronicznych.

Należy wspomnieć, że we wszystkich ważniejszych ośrodkach fizyki doświadczalnej, na marginesie głównego nurtu badań tworzy się narzędzia do gromadzenia wielkich ilości informacji i redagowania raportów naukowych. Duże znaczenie ma w tym procesie respektowanie zalecanych standardów ([4-6,9]), bo tylko to gwarantuje nieograniczone rozprzestrzenianie dokumentów poprzez sieci rozległe oraz zgodność różnych obsługujących archiwa systemów komputerowych.

2. Włoska baza preprintów

Elektroniczną Bibliotekę Preprintów – w skrócie EPL (Electronic Preprint Library) – uruchomiono w kwietniu 1992 r. na włączonym do sieci INTERNET

komputerze BABBAGE.SISSA.IT w Międzynarodowej Szkole Studiów Podypłomowych w Trieście.

EPL jest ogólnodostępną bazą danych, tzn. każdy za pośrednictwem poczty elektronicznej może przekazywać do bazy własne prace jak również zamawiać preprinty, znajdujące się już w bazie. Prace muszą być napisane w języku \TeX . W obecnej chwili EPL obejmuje następujące dziedziny badań:

- fizyka materii skondensowanej,
- astrofizyka,
- analiza funkcjonalna,
- teoretyczna fizyka jądrowa,
- fizyka doświadczalna cząstek elementarnych,
- fizyka teoretyczna wysokich energii,
- ogólna teoria względności i kosmologia kwantowa,
- fizyka doświadczalna cząstek elementarnych.

Trzy ostatnie archiwa są dokładną kopią tych, które znajdują się w LANL (Los Alamos National Laboratory). Zainstalowano je dla wygody użytkowników europejskich po to, aby zredukować liczbę przesłań transatlantyckich. Poza Triestem działają także biblioteki preprintów dotyczących geometrii algebraicznej i obliczeń na sieciach (fizyka wysokich energii). Aby ułatwić kontakty pomiędzy specjalistami z poszczególnych dziedzin, zorganizowano w LANL bazę danych z adresami komputerowymi osób korzystających z sieci. Jej kopia także znajduje się w Trieście.

2.1 Adresy elektroniczne archiwów

Poszczególnym archiwom odpowiadają następujące adresy elektroniczne:

- astrofizyka: astro-ph@babbage.sissa.it,
- fizyka materii skondensowanej: cond-mat@babbage.sissa.it,
- analiza funkcjonalna: funct-an@babbage.sissa.it,
- ogólna teoria względności i kosmologia kwantowa: gr-qc@babbage.sissa.it,
- fizyka doświadczalna cząstek elementarnych: hep-ph@babbage.sissa.it,
- fizyka teoretyczna cząstek elementarnych: hep-th@babbage.sissa.it,
- teoretyczna fizyka jądrowa: nucl-th@babbage.sissa.it,
- geometria algebraiczna: alg-geom@publications.math.duke.edu,
- obliczenia na sieciach: hep-lat@ftp.scri.fsu.edu,
- adresy elektroniczne: e-mail@babbage.sissa.it.

W języku angielskim istnieje parę równoważnych terminów na określenie baz z tekstami publikacji, a mianowicie *electronic library*, *bulletin board*, *automated archive*.

2.2. Prenumerata

Specjalistom, zainteresowanym informacjami o wszystkich nowościach ze swej dziedziny badań, zaleca się zostanie abonentem bazy. W tym celu, wystarczy wysłać za pośrednictwem poczty elektronicznej *zlecenie prenumeraty*, zawierające w polu *subject* nagłówka listu komendę z danymi abonenta: `subscribe <imię> <nazwisko>`; treść listu może być pusta.

UWAGA: Pewne edytory pocztowe np. MAILER pod VM/SP czy VM/XA komputerów IBM pytają standardowo o *subject* po uprzednim zapytaniu o *name for receiver* i wypełnieniu tego pola przez użytkownika. Można wtedy jako nazwę adresata podać np. EPL. Alternatywą jest jawne zrealizowanie komendy *subject* po wyświetleniu się nagłówka listu: `subject <text>`.

Przykład 1

Poniższy list jest zleceniem prenumeraty, wysłanym do bazy prac astrofizycznych z węzła PLEARN, pracującego pod systemem VM/XA na komputerze IBM 3090:

```
>> MAIL 90.01.00<< Sending mail: Enter your message below
====>
```

```
Date: Tue, 16 Mar 92 08:50:40 CET
From: ELAKUCZ@PLEARN
Subject: Subscribe Ela Kuczynska
To: astro-ph@babbage.sissa.it
```

```
=====
* * * End of file * * *
```

Gdy kursor znajdzie się w polu przeznaczonym na treść listu, od razu wydajemy komendę SEND, bądź wciskamy odpowiedni klawisz funkcyjny.

Wysyłający otrzyma potwierdzenie przyjęcia zlecenia w postaci listu elektronicznego, takiego jak poniższy:

```
DATE: WED, 17 MAR 92 1:36:06 +0200
FROM: <NO-REPLY@BABBAGE.SISSA.IT
REPLY-TO: ASTRO-PH@BABBAGE.SISSA.IT (send mail only to astro-ph)
TO: ELAKUCZ@PLEARN.BITNET@SEARN.SUNET.SE
SUBJECT: Subscribe Ela Kuczynska
Your e-mail address has been added to the title/abstract distribution
```

list.

For a list of available commands to the bulletin board use 'HELP'
i.e. send a message to astro-ph@babbage.sissa.it with subject:help.
To remove your e-mail address from the distribution list, use 'CANCEL'.

Za pomocą komendy cancel, napisanej oczywiście w polu *subject* nagłówka listu, rezygnujemy z prenumeraty.

Przykład 2

Fragment codziennego biuletynu informacyjnego bazy prac z dziedziny ogólnej teorii względności i kosmologii kwantowej:

. . .
RECEIVED BY BABBAGE.SISSA.IT
(16.8/16.2) ID AA04713; THU, 8 APR 93 09:30:02 +0200
Date: Thu, 8 Apr 93 09:30:02 +0200
Note: Bulletin Board Software written by PG at LANL (8/91, 12/92)
From: no-reply@babbage.sissa.it (send mail only to gr-qc)
Reply-to: gr-qc@babbage.sissa.it
To: nobody@babbage.sissa.it (gr-qc daily title/abstract distribution)
Subject: gr-qc daily
Send mail only to gr-qc@babbage.sissa.it, do not reply to
no-reply@babbage.sissa.it
Identical files also available from gr-qc@babbage.sissa.it
Send complaints regarding untextable papers directly to submitter.
Use a single 'get' to request multiple papers, 'list macros' for
available macro packages, and 'help' for a list of available commands
and other info.

Received from Wed Apr 7 00:51:15 MDT 1993 to Thu Apr 8 00:51:15 MDT 1993

\\

Paper: gr-qc/9304009
From: PIOTR@NSFITP.ITP.UCSB.EDU (Piotr T. Chrusciel)
Date: Wed, 7 Apr 93 09:05:53 PDT

Maximal hypersurfaces in asymptotically stationary space-times,
P.T. Chrusciel, R.Wald, 44 pages, 2 figures non-included, LaTeX, MPA-708

\\

Existence of maximal hypersurfaces and of foliations by maximal
hypersurfaces is proven in two classes of asymptotically flat
spacetimes which possesses a one parametergroup of isometries whose

orbits are timelike "near infinity", the first class consists of strongly causal asymptotically flat spacetimes which contain no "black hole or white hole" (but may contain "ergoregions" where the killing orbits fail to be timelike), the second class of spacetimes possess a black hole and a white hole, with the black and white hole horizons intersecting in a compact 2-surface \mathbb{S}^2 .

\\

\\

Paper: gr-qc/9303016

Replaced with revised version Wed, 7 Apr 1993 18:03:10 -0600

The Isaacson expansion in quantum cosmology, by Carsten Gundlach.

RevTeX 11

Journal of 24 preprint pages. Replacement: A comment on previous work by Dowker and Laflamme is corrected. UTAH PREPRINT UU-REL-93/3/10.

\\

%%---%%---%%---%%---%%---%%---%%---%%---%%---%%---%%---%%---%%

For e-mail address database, Send to: E-MAIL@XXX.LANL.GOV Subject: Help
For European users, the database is duplicated as E-MAIL@BABBAGE.SISSA.IT

.
.
.

Można zauważyć, że streszczenia pisane są również w T_EX-u , ale na ogół łatwo je odczytać bez procesu kompilacji.

Przed tytułem publikacji umieszcza się trzy parametry podstawowe, poprzedzone objaśniającymi etykietkami, tzn.:

- PAPER: <numer pracy w EPL> ,
- FROM: <adres elektroniczny zgłaszającego pracę> ,
- DATE: <data przekazania pracy do EPL> .

Prace, gromadzone w każdej z baz EPL, numerowane są następująco: YYM-MNNN, gdzie:

- YY - dwie cyfry oznaczające rok,
- MM - dwie cyfry oznaczające miesiąc,
- NNN - trzycyfrowy numer kolejny publikacji w danym miesiącu.

Charakter informacyjny mają także poniższe komendy:

- `listing` - podaje wykaz lat i miesięcy (YYMM), uwzględnionych w danej bazie,
- `list <yymm>` - wykaz autorów i tytułów prac dostępnych w danych miesiącach,
- `list new` - informacja o najnowszych pracach w bazie,
- `list macros` - wykaz makrodefinicji i pomocniczych plików, które można używać komendą `get`,
- `distribution` - spis wszystkich prenumeratorów danej bazy,
- `comment` - pozwala wysłać dowolny list do administratora bazy (w tym jedynym przypadku tekst jest odczytywany „nieautomatycznie”).

2.3. Korzystanie z zasobów EPL

Jeśli znamy numer pracy w EPL, to zamawiamy jej pełny tekst komendą: `get <yymmnnn>`, zaś samo streszczenie: `get <yymm>.abs`. Instrukcja `get <nazwa pliku>` służy do pobrania tekstu pliku. Jeżeli nie znamy numeru pracy, to możemy go zidentyfikować za pomocą komendy `find <tekst>`. Argument `<tekst>` jest słowem, którego szukamy w ciągu słów opisującym autora lub tytuł pracy. UWAGA: nie ma w bazie EPL wyszukiwania wg słów kluczowych.

Przykład 3

Realizacja komendy `find radiation` w bazie `astro-ph`:

```

. . .
RECEIVED BY BABBAGE.SISSA.IT
(16.8/16.2) ID AA29659; THU, 8 APR 93 14:47:41 +0200
Date: Thu, 8 Apr 93 14:47:41 +0200
Note: Bulletin Board Software written by PG at LANL (8/91, 12/92)
From: no-reply@babbage.sissa.it (send mail only to astro-ph)
Reply-to: astro-ph@babbage.sissa.it
To: elakucz%plearn.bitnet@searn.sunet.se
Subject: re: find radiation (9205 - 9304)

```

```
find for 9205 - 9304
```

```

\\
Paper: astro-ph/9208001
From: Mark Srednicki <mark@tpau.physics.ucsb.edu>
Date: Tue, 4Aug 92 14:04:42 -0700

```

The angular distribution of the three-point correlation function of the cosmic microwave background radiation is predicted by inflationary cosmologies, by Toby Falk, Raghavan Rangarajan, and Mark Srednicki.

7 pages, 3 figures (described but not included, available on request),
in plain Tex, UCSBTH-92-31.

\\

\\

Paper: astro-ph/9211004

From: "Arthur Kosowsky" <arthur@oddjob.uchicago.edu>

Date: Sat, 7 Nov 92 14:33:06 CST

Date: (revised): Sat, 7 Nov 92 14:57:32 CST

Gravitational radiation from colliding vacuum bubbles: envelope
approximation to many-bubble collisions, by Arthur Kosowsky and Michael
S. Turner. In plain TeX, 28 pages (not including 13 figures, available
by request). FERMILAB-PUB-92/295-A.

\\

.
.
.

\\

Paper (*cross listing*): gr-qc/9301003

From: lsf@holmes.astro.nwu.edu (Sam Finn)

Date: Wed, 6 Jan 93 09:45:40 CST

Observing binary inspiral in gravitational radiation: one interferometer,
Lee Samuel Finn and David F. Chernoff, 40 pages (plus 7 figures),

LaTeX/REVTEX, 3.0

NU-GR-3

\\

6 occurrences of: "radiation"

2.4. Wprowadzanie prac do EPL

Do wprowadzania własnych prac do bazy służy komenda put. Przekazywany
preprint stanowi treść wysyłanego listu. Treść listu tworzymy wg następującej
konwencji:

\\

tytuł, autorzy, ilość stron, dialekt T_EX-a, parametry raportu lub miejsce zgłosze-
nia pracy

\\

streszczenie

\\
pełny tekst pracy, poprzedzony ewentualnie niestandardowymi makrodefinicjami T_EX-a, niezbędnymi w procesie kompilacji.

Rysunki zakodowane w języku POSTSCRIPT można dołączyć na końcu tekstu pracy. Informacje wstępne (tytuł, ..., streszczenie) nie mogą przekraczać 24 wierszy.

Po wprowadzeniu do EPL, praca otrzymuje swój siedmiocyfrowy numer. Inne komendy związane z wprowadzaniem prac to:

- **add** <yymmnnn> - dopisuje ciąg dalszy do pracy, której początkowy fragment przekazano komendą **put** i przyznano numer <yymmnnn>,
- **replace** <yymmnnn> - pozwala (tylko zgłaszającemu) zastąpić oryginalną pracę jej poprawioną wersją,
- **cross** <bull-board>/<yymmnnn> - komenda **cross** jest po to, aby nie umieszczać wielokrotnie w bazie tekstu pracy, którą można zakwalifikować do kilku działów; umieszcza się przeto preprint w archiwum podstawowym, a do innych wprowadza tylko nazwę tego archiwum i numer pracy.

Więcej szczegółów o formatach i instrukcjach można znaleźć w tekście uzyskanym za pomocą komendy **help**. Polecamy czytelnikom obszerny podręcznik [7] i poradnik T_EX-a, które otrzymuje się wysyłając komendy: **get bighelp.tex** czy odpowiednio **get tex.advice** do dowolnej z baz. Można również, posługując się komendą **comment**, wysłać krótki list do właściciela i opiekuna bazy, z prośbą o dodatkowe wyjaśnienia. Organizatorzy EPL zabraniają wykorzystywać bazy do innych celów niż zamierzone przez nich. Odpowiedzialność za stosowane metody badawcze, założenia i wnioski spada wyłącznie na autorów preprintów.

2.5. Przetwarzanie i drukowanie otrzymanej przez sieć pracy

Sposób przygotowywania pracy do wysyłki oraz odczytywanie preprintów sprowadzanych z EPL, zależą od lokalnych możliwości użytkowników. Dla przykładu opiszemy jak to wygląda w Centrum Informatycznym Uniwersytetu Warszawskiego. Naszym węzłem dołączonym do sieci EARN i INTERNET jest PLEARN, tzn. komputer IBM 3090, pracujący pod systemem VM/XA. Otrzymany list z tekstem pracy przenosimy ze skrzynki do odrębnego zbioru roboczego, np. **rob tex**, wydając wewnątrz programu **mail** komendę **move rob tex**. Następnie przechodząc do edycji zbioru (komenda **xedit**), usuwamy cały nagłówek listu. Pozostaje treść, która jest poprawnym tekstem do kompilacji przez T_EX-a. Pakiety T_EX i POSTSCRIPT mamy zainstalowane na serwerze sieci lokalnej NOVELL w CIUW-ie.

Zbiór rob `tex` należy przenieść z węzła PLEARN na dysk naszego lokalnego komputera IBM PC. Sposób przesłania zależy w każdym przypadku od sposobu komunikowania się sieci lokalnej z węzłem.

1. Najprostszym rozwiązaniem jest skopiowanie zbioru rob `tex` spod VM/XA na własną dyskietkę, przeniesienie dyskietki do swojego komputera, skopiowanie na dysk i następnie przetwarzanie przez `TEX`-a.
2. Gdy komputer IBM PC jest wyposażony w modem i może działać jako zdalny terminal węzła, zbiór rob `tex` można przesłać za pomocą programu komunikacyjnego np. `KERMIT`.
3. W przypadku gdy sieć lokalna stanowi podsieć INTERNET-u, do dokonania przesłania wystarczą odpowiednie komendy FTP.

Oprogramowanie systemu `TEX` znajduje się na dysku serwera sieci NOVELL, w katalogu publicznym `F:\PUBLIC\EMTEX`. Proces przetwarzania pliku rob `tex` składa się z kilku etapów:

1. Komenda `tex rob` realizuje kompilację, dając w wyniku plik `rob.dvi` i plik diagnostyczny `rob.log`.
2. Komenda `view rob` pozwala obejrzeć plik wynikowy na ekranie.
3. Następnie przygotowuje się plik `rob.dvi` do wydrukowania na drukarce igłowej lub laserowej.

3. System QALICE

System QALICE (Queries to ALICE) jest zbiorem procedur, które pozwalają przekazywać zlecenia wyszukiwawcze do bazy ALICE i otrzymywać wyniki za pomocą poczty elektronicznej. ALICE umieszczona jest na komputerze VAX w CERN-ie, jej adres sieciowy to: `qalice@uxlib.decnet.cern.ch`. Zawiera ona następujące bazy składowe:

- LIB – baza domyślna – połączenie pięciu niżej wymienionych,
 - BOOK – baza publikacji książkowych,
 - PREP – baza preprintów,
 - PERI – baza czasopism,
 - AFIL – wykaz autorów,
 - CONF – wykaz konferencji
- i dodatkowo
- DIR – spis instytucji HEP.

Jeżeli chcemy pracować z bazą inną niż LIB, to zaznaczamy to na początku sekwencji formuł wyszukiwawczych pisząc: `base <nazwa bazy>`. Językiem wyszukiwawczym jest CCL – Common Command Language. Zlecenia pisze się w polu

subject nagłówka listu (patrz przykład 1). Za pomocą komendy *help*, czy *help <nazwa komendy>*, można otrzymać wszystkie przydatne informacje.

3.1. Komendy wyszukiwania

1. **FIND <KOD DOSTĘPU> = <SŁOWO KLUCZOWE>**

albo równoważnie:

FIND <SŁOWO KLUCZOWE>/<KOD DOSTĘPU>

(skrótową formą tej komendy jest litera **F**),

KOD DOSTĘPU – kod określający przedmiot i miejsce poszukiwań:

pau – autor preprintu (w bazie **PREP**),

bau – autor książki (w bazie **BOOK**),

wau – autor książki lub preprintu (w bazach **PREP** lub **BOOK**),

wti – słowo w tytule,

kw – słowo kluczowe (keyword),

conf – lista planowanych konferencji na zadany temat,

wconf – słowo w nazwie konferencji,

wcol – słowo w nazwie współpracy,

exp – eksperyment.

Do łączenia słów kluczowych służą operatory logiczne: **AND**, **OR**, **NOT**. Separatorem w przypadku sekwencji formuł wyszukiwawczych jest średnik, np.
base prep;f pau=decamp?;limit after 1992;limit ln eng;show.

Znaki zastępcze:

? – zastępuje sekwencję dowolnych znaków,

– zastępuje jeden znak lub spację,

! – zastępuje dokładnie jeden znak.

2. **LIMIT**

Ograniczenie wyboru publikacji – np. prace, które ukazały się w określonym roku, lub przed/po jakiejś dacie, lub też opublikowane w danym języku, np.

limit after 1992; limit ln eng

(opublikowane od roku 1992, po angielsku).

3. **SHOW F** – otrzymuje się wynik w pełnym formacie (lista publikacji).

4. **SHOW** – otrzymujemy rezultat w formacie skróconym (tylko liczba znalezionych publikacji).

Przykład 4

Chcemy w domyślnej bazie LIB odszukać prace, które mają w tytule słowa „leptons” i „quarks”, a potem otrzymać pełny ich wykaz. Realizują to formuły:

```
find wti=leptons and wti=quarks;show f lub
```

```
find leptons and quarks/wti;show f.
```

Następnie chcemy dowiedzieć się ile jest prac dotyczących teorii grawitacji i cząstek elementarnych. Nagłówek listu wysłanego do systemu QALICE wygląda następująco:

```
>>> MAIL 93.02.09 <<< Sending Mail: Enter your message below
```

```
=====>
```

```
Date: Tue, 9 Feb 93 15:10 MET
```

```
From: Jan Kowalski <JANKOW@PLEARN>
```

```
Subject: f kw=gravit? and kw=particles; show
```

```
To: Qalice <QALICE@UCLIB.DECNET.CERN.CH>
```

zaś nagłówek listu-odpowiedzi będzie miał pole *subject* jak niżej:

```
Subject: number of documents retrieved: 9.
```

Aby otrzymać pełny wykaz znalezionych książek i preprintów, trzeba zakończyć zlecenie komendą `show f`.

4. Serwer QSPIRES

QSPIRES (Queries to SPIRES) jest to specjalny serwer, zlokalizowany w węźle SLACVM.BITNET, umożliwiający pracę z bazami SPIRES za pośrednictwem poczty elektronicznej. Adres sieciowy serwera to: QSPIRES@SLACVM.BITNET. W ten sposób mogą korzystać z baz tylko osoby, którym uprzednio przyznano tzw. autoryzację. Polskim użytkownikom autoryzację przydzielają upoważnione przez SPIRES osoby, tzw. rejestratorzy (node managers), np. Elżbieta Kuczyńska pełni rolę rejestratorki w węźle PLEARN.

Pracując w trybie pocztowym (mail) zlecenia piszemy w treści listu, każde zlecenie w oddzielnej linii. Można też łączyć się interakcyjnie za pomocą komendy `tell [8]` dostępnej w sieci EARN/BITNET, ale ten sposób może okazać się zawodny w przypadku okresowej niesprawności linii przesyłowych.

SPIRES tworzą następujące bazy składowe:

- HEP – bibliografia z zakresu fizyki wysokich energii,
- BOOKS – katalog książek z biblioteki SLAC,
- CONF – wykaz konferencji z zakresu fizyki wysokich energii,

- DATAGUIDE – indeks prac eksperymentalnych Particle Data Group (PDG),
- EXPERIMENTS – podsumowanie eksperymentów PDG,
- HITECH – produkty technologiczne oraz producenci wyposażenia laboratoryjnego,
- INSTITUTIONS – adresy instytucji badawczych,
- PARTICLES – dane o własnościach cząstek zebrane przez PDG,
- REACTIONS – dane o zaobserwowanych reakcjach (wg PDG),
- SEMINARS – seminaria organizowane w Kalifornii,
- SERIALS – katalog czasopism biblioteki SLAC.

Domyślną bazą jest HEP (gdy nie podamy jawnie nazwy bazy). Jeżeli chcemy przeglądać inną bazę, to zaznaczamy to opcją: (in <nazwa bazy> na końcu formuły wyszukiwawczej).

Z punktu widzenia osoby zajmującej się fizyką cząstek, interesujące będą bazy PARTICLES, DATAGUIDE i REACTIONS. Stwarzają one możliwość natychmiastowego uzyskania informacji o własnościach danej cząstki lub o oddziaływaniach oraz o dostępnych źródłach danych liczbowych, a także o przeprowadzonych w SLAC eksperymentach.

4.1. Podstawowe komendy

1. Komenda **help** umożliwia uzyskanie ogólnych informacji o bazach i składni komend.
2. Komenda **explain** <nazwa bazy> opisuje merytorycznie bazę i podaje dla niej przykładowe komendy.
3. Wskazówki do formułowania zleceń:
 - **show indexes** – otrzymuje się wykaz indeksów, wg których można przeszukiwać bazy,
 - **browse** <nazwa indeksu> – otrzymuje się informację, jak podawać wartości indeksów.
4. Komenda **find** realizuje wyszukiwanie i ma budowę: **find** <indeks> <łańcuch>, gdzie łańcuch jest sekwencją wartości wskazanego indeksu porozidzielanych operatorami logicznymi AND, OR, NOT lub pojedynczą wartością.
5. Do przedstawiania wyników służy komenda **output**. Gdy zlecenie wysyłamy pocztą, to jej równoważnik, czyli opcję (out piszemy na końcu formuły wyszukiwawczej, rozpoczynającej się komendą **find**. Rezultaty otrzymujemy również pocztą.

Bazy SPIRES posiadają swój specyficzny język wyszukiwawczy. Raczej nie jest możliwe pełne wykorzystanie zgromadzonych w nich danych bez przeczytania choćby fragmentu podręcznika [3]. Trzeba jeszcze wspomnieć, że rejestratorzy

mają obowiązek rozsyłania do osób, którym przydzielają autoryzację, dokumentów o nazwie „Qspires News”, powiadamiających o wszystkich nowościach i zmianach w bazie.

5. Możliwości pracy interaktywnej

Dostęp do omawianych baz za pomocą poczty elektronicznej jest atrakcyjny przede wszystkim dla użytkowników sieci EARN. Osoby, mające konta w sieci INTERNET, mogą korzystać również z innych udogodnień, chociaż w polskich warunkach nie zawsze ma się gwarancję pomyślnego przebiegu sesji i dostatecznie szybkich interakcji.

Literatura

- [1] G. Taubes, „Publication by Electronic Mail Takes Physics by Storm”, *Science* **259**, 1246 (1993).
- [2] Lian Yachun, *QALICE User's Guide*, CERN (AS-SI) 90-02, 3rd ed., April 1991.
- [3] H. Galić, „Guide to QSPIRES and the Particle Physics Databases on SLACVM”, SLAC Report 393, June 1992.
- [4] E. van Herwijnen, „Are document servers replacing journals?”, *CERN Rep.*, 10 July 1992.
- [5] M.Goossens, E. van Herwijnen, „Scientific Text Processing”, *Int. J. Mod. Phys. C* **3**, 479 (1992).
- [6] N.A.F.M. Poppelier, „SGML and T_EX in Scientific Publishing”, *Proceedings of T_EX '90*, s. 105.
- [7] *A Bulletin Boards Primer*, rel.2.3, Oct. 1992 (SISSA-ISAS).
- [8] T. Hofmokr, *Postępy Fizyki* **42**, 527 (1991).
- [9] P. Sobkowicz, *Postępy Fizyki* **43**, 441 (1992).

Daniel Kleppner

*Research Laboratory of Electronics
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Massachusetts, USA*

Lekcja pokory*

A lesson in humility

Jeśli poczujecie nagle potrzebę lekcji pokory, spróbujcie przewidzieć przyszłość fizyki. Ja sam doszedłem do tej prawdy kilka lat temu, gdy los rzucił mnie do Komitetu Brinkmana – jednego z tych ciał, które zbierają się w Stanach Zjednoczonych mniej więcej raz w dekadzie aby ocenić fizykę. Przygotowując się do tego zadania zajrzałem do wyników poprzedniego przeglądu, by sprawdzić jak dobrze udały się przewidywania w mojej ulubionej dziedzinie – fizyce atomowej. Wyniki nie były najlepsze. Jak się okazało, nikt nie zauważył, że laser za chwilę zrewolucjonizuje fizykę atomową i pchnie optykę w główny nurt fizyki. Pułapkowanie pojedynczych cząstek, klastery, rozpraszanie z wysoką zdolnością rozdzielczą i mnóstwo innych osiągnięć także przeoczono. Czując, że robi mi się niedobrze na myśl o prostakach, którzy wyrządzili mojej dziedzinie taką niesprawiedliwość, sprawdziłem listę członków komitetu fizyki atomowej. W samym środku było moje nazwisko.

Jeśli się nad tym zastanowić, to jedyną rzeczą, którą naukowcy potrafią przewidywać z dużą dokładnością, są zaćmienia. Pamiętając o tym, doświadczeni przepowiadacze rozwoju nauki niezmiennie opatrują swoje przepowiednie ostrzeżeniami, że ponieważ najciekawsze odkrycia są nieprzewidywalne, ich przewidywania nie mogą oddać w najmniejszym nawet stopniu sprawiedliwości wspaniałemu potencjałowi opisywanych działów fizyki. Takie zastrzeżenie pozwala przesadzać, zachowując przy tym pozory pokory. Niemniej, odkrycia naukowe z re-

* Artykuł, opublikowany w *Physics Today* 44, nr 12, 9 (1991), został przetłumaczony za zgodą Autora i Wydawcy. [Translated with permission. Copyright ©1991 by the American Institute of Physics] (przyp. Red.).

guły naprawdę przekraczają oczekiwania. Dowodem może być tu fakt, że choć od ostatniego przeglądu fizyki – raportu Brinkmana – minęło zaledwie pięć lat, nagromadziła się już imponująca lista osiągnięć, których albo nie doceniliśmy, albo wcale nie zdołaliśmy przewidzieć. Można traktować to jako dowód krótkowzroczności fizyków lub niewyczerpalności Natury. Oczywiście ja głosuję za tym drugim. Dla poparcia mojego punktu widzenia przytaczam listę kilku rzeczy, które pominieliśmy.

Nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe. Odkrycie nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego przez dwóch naukowców o, zdawałoby się, dziwnym zainteresowaniu zupełnie niemodnymi materiałami – tlenkami miedzi – jest już legendą. Potwierdza to wielką tradycję samodzielnych uczonych dążących do własnych celów na swój własny sposób i pokazuje, że od czasu do czasu w nauce zdarzają się cuda. Pokazuje także, iż z pozoru proste układy mogą okazać się skomplikowane i bogate, bo pięć lat i 18 000 artykułów później, podstawy fizyki nadprzewodnictwa w wysokich temperaturach nadal pozostają tajemnicą, a wczesne wizje lewitujących pociągów i nadprzewodzących linii energetycznych pozostają niespełnione. Niemniej potwierdzenie dwuwymiarowej natury układu nadprzewodzącego doprowadziło do zrozumienia zachowania cienkich warstw, a to otwarło drogę praktycznym zastosowaniom urządzeń wykorzystujących cienkie warstwy. Uzyskanie wielkich prądów potrzebnych w bardziej ogólnych zastosowaniach wymaga pokonania ograniczeń narzucanych przez dwuwymiarową strukturę materiału. Są po temu jak najlepsze nadzieje.

Supernowa 1987A. Ponieważ supernowe rozbłyskują w naszej Galaktyce mniej więcej raz na 300 lat, wydarzenie z 1987 r. uznać można za zdumiewające, choć nie nadnaturalne. Jednak wykrycie 15 spośród ok. 10^{57} neutrin, które wyzwołyły się gdy zapadło się jądro gwiazdy, wędrowały przez 170 000 lat i przybyły w odstępie kilku sekund, można uznać za zbliżone do cudu – niezamierzony zysk z badań nad rozpadem protonu w Japonii i USA. Zgodność pomiędzy pomiarami neutrinowymi a teorią wybuchu supernowych jest triumfem fizyki neutrin. Supernowa świeci nadal, napędzana energią rozpadu kobaltu-57, choć w ciągu kilku lat jej jasność zmalała uderzająco. Tu także zgodność między pomiarami a scenariuszem teoretycznym jest niezwykła, a cała historia zmierza wprost na karty podręczników.

Chłodzenie atomów i optyka atomowa. Nie jest żadną nowością, że światło może przesuwac atomy, lecz nikt, zdawałoby się, nie podejrzewał, że działając polami optycznymi na wewnętrzne stopnie swobody atomu można doprowadzić do ochłodzenia atomów do temperatury kilku mikrokelwinów, zawiesić je nieruchomo w przestrzeni, przerzucać jak piłki tenisowe, czy też zderzać w nowym świecie superwolnych ruchów. Fontanna takich schłodzonych atomów dała już

sygnał rezonansowy 50 razy ostrzejszy niż w najlepszych zegarach atomowych. Z tych badań wyrasta nowa dziedzina: optyka atomów, zajmująca się oddziaływaniem fal atomowych z układami mechanicznymi i polami optycznymi. Zwierciadła ze światła odbijają wiązki atomów. Powstała nowa sztuka interferometrii, wykorzystująca spójne wiązki atomów.

Fullereny. Raport Brinkmana należycie uhonorował klastery – małe odłamki materii, gdzieś pomiędzy pojedynczymi atomami a ciałami stałymi, wytwarzane w wiązkach ponaddźwiękowych – lecz anomalne maksimum w widmie masowym węgla dla masy 60 miało dopiero zostać odkryte. Obserwacja węgla C_{60} i identyfikacja jego przypominającej piłkę nożną struktury doprowadziło do pomruku zainteresowania. Gdy okazało się, że struktury te były wokół nas od niepamiętnych czasów jako jeden z głównych składników sadzy, pomruk zamienił się w ryk. Chemia otrzymała nową cegielkę, a podniecenie przypomina to związane z odkryciem nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego. C_{60} jest tylko jednym z przedstawicieli nowej klasy molekuł nazywanych fullerenami. Możliwości stworzone przez odkrycie nowego stanu węgla dla chemii i nauki o materiałach są, jak na razie, nie do przewidzenia.

Złożoność, chaos i dynamika nieliniowa. Zważywszy, że fizycy z reguły cenią sobie prostotę, znamienne jest to, że badanie układów złożonych zajęło miejsce w centrum zainteresowania. Taka bywa jednak ironia natury. Termin złożoność obejmuje wszystko, od wzrostu kryształów do dynamiki układów neuronowych. Centralny temat – powstawanie form z powtórzeń prostych operacji – postrzegany jest jako fundamentalna zasada porządkująca w naturze. Kilku komentatorów wykorzystало dział „Reference Frame” w *Physics Today* by głosić dobrą nowinę dotyczącą złożoności (Leo Kadanoff w marcu, Philip W. Anderson w lipcu i ja w sierpniu 1991 r.). A termin złożoność nie został nawet wspomniany w ostatnim przeglądzie fizyki. Dynamika nieliniowa także przesunęła się na centralne miejsce. Jej początki sięgają aż do prac Henri Poincarégo z przełomu wieków, początki badań chaosu także sięgają wstecz kilkadziesiąt lat. Jednak dopiero w ostatnich kilku latach dynamika nieliniowa i badania chaosu znalazły się w głównym nurcie fizyki. Ostatni przegląd fizyki niemal nie zauważył, że mechanika klasyczna jest na progu renesansu.

Superzdeformowane jądra. Choć ich istnienie było przewidywane przez teorię, zanim zostały odkryte doświadczalnie, nie wydawało się prawdopodobne, by jądra o kształcie przypominającym serdelek mogły być naprawdę stabilne wirując tak prędko, że są na granicy rozerwania. Jednak gdy wapń-48 i pallad-108 łączą się w wyniku zderzenia, tworzą one jądro dysprozu, które wyparowawszy kilka neutronów „sadowi się” ostatecznie w takim właśnie stanie ¹⁵²Dy. Stosunek większej do mniejszej osi wynosi mniej więcej 2:1, a moment pędu jest niezwykle

– około 60h. Jądro ^{152}Dy regularnie wysyła ciąg kwantów gamma, produkując widmo tak regularne jak sztachety w płocie. Gdy moment pędu maleje do ok. 26h, ^{152}Dy nagle zmienia kształt i zaczyna zachowywać się jak zwykle jądro. Podobne zachowanie zaobserwowano już dla wielu innych jąder, tak więc nie jest to wcale zjawisko wyjątkowe. Przeciwnie, superzdeformowane jądra uznawane są dziś za nowy stan materii jądrowej, nieoczekiwane a szczęśliwe wydarzenie w rodzinie jądrowej.

Wielkoskalowa struktura Wszechświata. Jednorodność wczesnego Wszechświata była jedną z bardziej uspakajających idei współczesnej kosmologii. Przykładowo, pomiary dokonane przez satelitę COBE (Cosmic Background Explorer), dostarczyły spektakularnego potwierdzenia charakteru widma kosmicznego promieniowania mikrofalowego, odpowiadającego ciału doskonale czarnemu i jego izotropii. Poza małą poprawką, pochodzącą z ruchu lokalnego, promieniowanie było jednorodne z dokładnością lepszą niż 1 do 10^4 . Gdy mamy ten fakt w pamięci, tym bardziej zaskakujące staje się niedawne odkrycie wielkoskalowej struktury Wszechświata – obszarów przestrzeni niemal pozbawionych galaktyk, płaszczyzn o dużej gęstości galaktyk, czy wielkich układów przypominających pianę. Układy te są być może świadectwem istnienia tzw. „ciemnej materii”, lecz mogą być też dowodem, iż uznany obecnie scenariusz ewolucji fluktuacji we wczesnym okresie Wszechświata jest zupełnie niepoprawny. W każdym z przypadków nasze rozumienie Wszechświata zmieniło się w ciągu ostatnich kilku lat.

Fizyka układów mezoskopowych. Nowy świat fizyki odkryty został wśród układów mezoskopowych, układów dużych w skali atomowej, lecz tak małych w skali laboratoryjnej, że efekty kwantowe stają się ważne. Kiedy odległość jaką musi przebyć elektron aby zmienić swą energię w zderzeniu staje się duża w porównaniu z rozmiarami układu, transport elektronowy staje się procesem spójnym, a współczynnik transmisji określa przewodnictwo, jako dany przez sumę feynmanowskich trajektorii dla wszystkich przypadkowych dróg poprzez układ. W tej sytuacji jakakolwiek zmiana fazy prowadzi do makroskopowej zmiany przewodnictwa. Jeśli jakiś parametr, taki jak pole magnetyczne, zostaje zmieniony, przewodnictwo – niezależnie od jego wartości – fluktuuje o uniwersalną wielkość e^2/h . Takie uniwersalne fluktuacje przewodnictwa mogą wytwarzać szum typu $1/f$, powodowany migracją jednego atomu. W świecie układów mezoskopowych ładunek pojedynczego elektronu może zmieniać potencjał elektrody wystarczająco, by wpływać na makroskopowe zachowanie układu. Na podstawie tej prostej idei skonstruowano już jednoelektronowe „tranzystory” i inne urządzenia.

Powyższe wyliczenie nie wyczerpuje listy niespodzianek w fizyce w ostatnich pięciu latach, lecz może przynajmniej wskazywać na bogactwo Natury. Lekcja brzmi: odkrycia naukowe niezmiennie przekraczają zdolności naszej wyobraźni.

Powtarzając wciąż tę lekcję powinniśmy nauczyć się pokory, choć bardziej prawdopodobne jest, że poczujemy się rozradowani, niż pokorni. W każdym razie, lekcja ta może dodać nam otuchy w czasie odwlekanych nadziei i chwiejnych instytucji.

Dziękuję licznym kolegom, którzy pomogli mi przygotować powyższy tekst dzieląc się ze mną swoją mądrością i podnieceniem opisanymi postępami i odkryciami.

Tłumaczył *Paweł Sobkowicz*

Instytut Fizyki PAN

Warszawa

WSPOMNIENIA – ROCZNICE

Andrzej Woszczyk

*Instytut Astronomii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Toruń*

Jan Hendrik Oort – wielki astronom XX w.

Jan Hendrik Oort – the great astronomer of the 20th century

W dniu 5 listopada 1992 r. przestało bić serce jednego z największych astronomów XX w. W Wassenaar k. Lejdy, w wieku 92 lat, zmarł prof. Jan Hendrik Oort. Był astronomem, którego twórczość wywarła niewątpliwie największy wpływ na rozwój astronomii dwudziestego wieku. Trudno znaleźć dziedzinę współczesnej astronomii, która nie byłaby naznaczona jego badaniami, myślą lub inspiracją i to zarówno w zakresie fal optycznych, radiowych czy obserwacji satelitarnych. Przez 25 lat kierował Obserwatorium Astronomicznym w Lejdzie, przez kilkanaście lat pełnił najwyższe funkcje kierownicze w Międzynarodowej Unii Astronomicznej, ale przez całe życie, aż do ostatnich chwil, jego pasją badawczą pozostały studia nad strukturą Drogi Mlecznej i innych galaktyk.

Jan Hendrik Oort urodził się w Franeker, w północnej Holandii, 28 kwietnia 1900 r. Edukację podstawową i średnią uzyskał w Lejdzie, ale na swe astronomiczne studia uniwersyteckie (w wieku 17 lat) wybrał się do Groningen. Wykładał tam bowiem wielki astronom przełomu wieku, prof. Jacobus C. Kapteyn, którego sława dotarła już wcześniej do świadomości Jana Oorta i którego postać od samego początku fascynowała młodego studenta. Później Oort wspominał, że chyba najbardziej znamiennej rzeczą, jakiej nauczył się od Kapteyna, było ściśle powiązanie interpretacji z obserwacjami i najwyższa ostrożność w stawianiu hipotez [1]. Kapteyn badał rozkład przestrzenny położeni i ruchów gwiazd i na tej podstawie



Jan Hendrik Oort około roku 1975

wysnuwał wnioski co do budowy Galaktyki. Galaktyka dla Kapteyna i Van Rhijna to był układ płaski, w którym gwiazdy rozmieszczone symetrycznie w stosunku do płaszczyzny Galaktyki przemieszczały się w kierunkach wzajemnie przeciwnych w stosunku do Słońca, tworząc tzw. „prądy gwiazdowe”. Czas studiów Oorta w Groningen przypadł właśnie w okresie bardzo intensywnych badań i kontrowersji dotyczących struktury Drogi Mlecznej. Obrazowi Galaktyki wyłonionemu ze zliczeń gwiazd wydawał się zaprzeczać obraz wyłaniający się z najnowszych studiów rozkładu gromad kulistych. W tym czasie Wszechświat sprowadzał się w zasadzie do naszej Galaktyki, w której środku znajdowało się Słońce. Ale uruchomiane na Mt. Wilson wielkie teleskopy miały dopiero dostarczyć nowych, fundamentalnych danych obserwacyjnych, które w istotny sposób zmieniały obraz Wszechświata. Gromady kuliste, których rozkład przestrzenny badał Harlow Shapley, wydawały się być rozmieszczone w sposób sferyczny i zajmować przestrzeń znacznie większą niż układy gwiazdowe Kapteyna. Brak gromad w ośmiostopniowym pasie wokół płaszczyzny galaktycznej Shapley tłumaczył ich destrukcją w czasie przechodzenia przez ten obszar. Później, to właśnie Oort postawił hipotezę, że ten obszar „unikania” gromad powodowany jest absorpcją ich światła przez ciemne i rozpraszające światło pyły występujące w szczególnie dużej koncentracji w płaszczyźnie Galaktyki. Trwała już Wielka Debaty, której kulminacyjnym punktem była dys-

kusja między H.D. Curtisem a H. Shapleyem, (1920-23), w wyniku której Słońce zostało zdezonizowane i zamiast centralnego, zajęło peryferyjne miejsce wśród innych, podobnych sobie gwiazd naszej Galaktyki. Właśnie to dopiero ten moment możemy uważać za ostateczny triumf teorii kopernikowskiej. I Jan Oort waleśnie przyczynił się do zwycięstwa i ugruntowania tej nowej koncepcji budowy świata otaczających nas gwiazd.

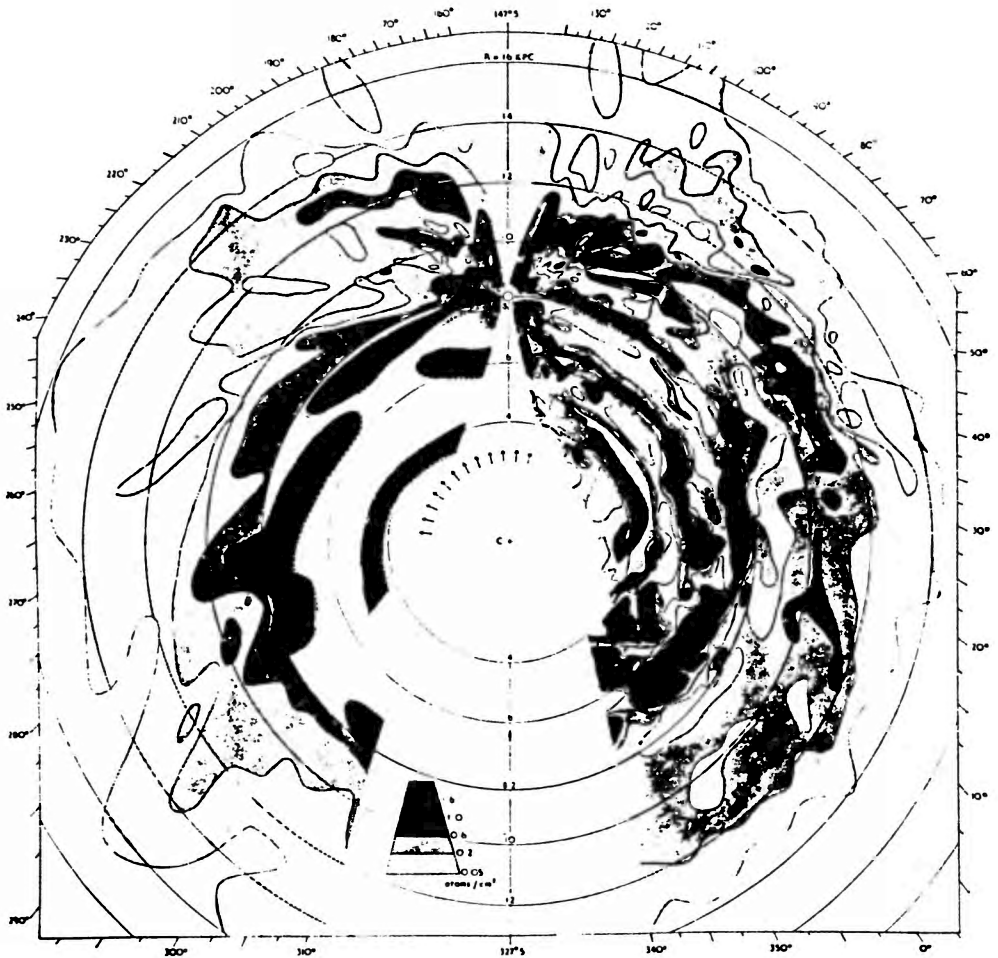
Pierwsza praca badawcza Oorta nosiła tytuł „Some peculiarities in the motion of stars of high velocities” i ukazała się w r. 1922 [2]. Chodziło o próbę wyjaśnienia obserwacji Adamsa i Joya, którzy stwierdzili, że wektory prędkości radialnych gwiazd o prędkościach 150 km/s i wyższych mają jednostronny rozkład w długościach galaktycznych. Oort znalazł dość ostrą granicę ok. 65 km/s, powyżej której wektory prędkości układały się w półkolu 150° do 330° długości (w starym układzie współrzędnych galaktycznych), natomiast o prędkościach poniżej tej granicy, miały rozkład równomierny po wszystkich długościach. Postawił wtedy hipotezę, że granica 65 km/s związana jest z prędkością ucieczki z Układu Kapteyna. Praca doktorska Oorta (1926 r.) była też poświęcona dalszym badaniom asymetrii w ruchu gwiazd szybkich, które wyróżniały się swym zachowaniem w kinetycznej teorii prądów gwiazdowych Kapteyna. Nie było to jeszcze zadowalające rozwiązanie zagadek wyłaniających się z obserwowanych osobliwości ruchów gwiazd. Dopiero rok później, gdy Bertil Lindblad postawił hipotezę, że Galaktykę może stanowić pewna liczba podsystemów gwiazdowych z różnymi dyspersjami prędkości, Oort wyjaśnił wszystkie obserwowane dotychczas fakty istnieniem różnicowej rotacji Galaktyki [3]. Ta koncepcja pozwalała potwierdzić model Lindblada, wyjaśnić obserwowany rozkład prędkości gwiazd, zrozumieć zjawisko prądów gwiazdowych Kapteyna i wprowadzić do opisu Galaktyki metody dynamiki. Było to fundamentalne odkrycie młodego astronoma i był to początek nowej dziedziny badań astronomicznych – dynamiki gwiazdowej. Oort zdawał sobie doskonale sprawę z faktu, że Galaktyka nie może obracać się jak ciało sztywne. A więc można opisać ruch gwiazd zakładając: 1) brak dylatacji systemu galaktycznego, 2) istnienie jakiegoś środka galaktycznego ruchów gwiazdowych, który byłby równocześnie środkiem układu gromad kulistych, 3) istnienia różnicowej rotacji Galaktyki pochodzącej z nałożenia się ruchu obrotowego wokół centrum Galaktyki i zmiany prędkości obrotu z rosnącą odległością od centrum. Taki opis rotacji Galaktyki wymaga istnienia dwóch stałych A i B , zwanych stałymi Oorta. Były one wyznaczone najpierw przez samego Oorta, a następnie przez wielu badaczy, którzy w całej rozciągłości potwierdzili naszkicowany wyżej model. Obecnie przyjmowane ich wartości odpowiadają rotacji Słońca z szybkością rzędu 250 km/s wokół środka Galaktyki odległego o ok. 30 tysięcy lat światła od nas. W następnych latach tą metodą można było wyznaczyć roz-

kład masy w Galaktyce, poznać jej budowę nawet poprzez zasłaniający ją dysk, odkryć nowe struktury Drogi Mlecznej. Już w latach trzydziestych Oort odkrywa istnienie przyśpieszeń prostopadłych do płaszczyzny Galaktyki, niezbędnych dla wyjaśnienia rozkładu prędkości i materii. Te przyśpieszenia są rzędu 4 km/s^2 w odległościach powyżej 200 pc od płaszczyzny galaktycznej, maleją w łonie chmur gwiazdowych i osiągają zero w płaszczyźnie symetrii Galaktyki. Oort interesuje się bardzo nieświecącą, skoncentrowaną w płaszczyźnie dysku materią międzygwiazdową. Poszukuje monochromatycznych emisji wodoru międzygwiazdowego i odkrywa (w początku lat pięćdziesiątych) jego rozkład przestrzenny, wyznaczający ramiona spiralne naszej Galaktyki (rys. 1 [4]). Później studiuje strukturę centrum galaktycznego w jego różnych składowych obserwowanych w liniach molekularnych CO, w podczerwieni, w linii wodorowej 21 cm itp. i szkicuje generalną jego strukturę (rys. 2 [5]), która następnie zostaje potwierdzona szczegółowymi badaniami wielu autorów. W 1977 r. podsumowuje aktualną znajomość pola grawitacyjnego i rozkładu masy w Galaktyce ([5]; tab. 1) i zauważa, że dane dynamiczne dają w promieniu $R = 0.4 \text{ pc}$ masę 3 razy większą niż wielkość 1.5 miliona mas Słońca wynikająca z interpolacji danych zawartych w tab. 1. Przypuszcza, że supergęste radioźródło o promieniu mniejszym niż 10 jedn. astr. może stanowić właśnie centrum Galaktyki. Może ono mieć masę pięciu milionów mas Słońca

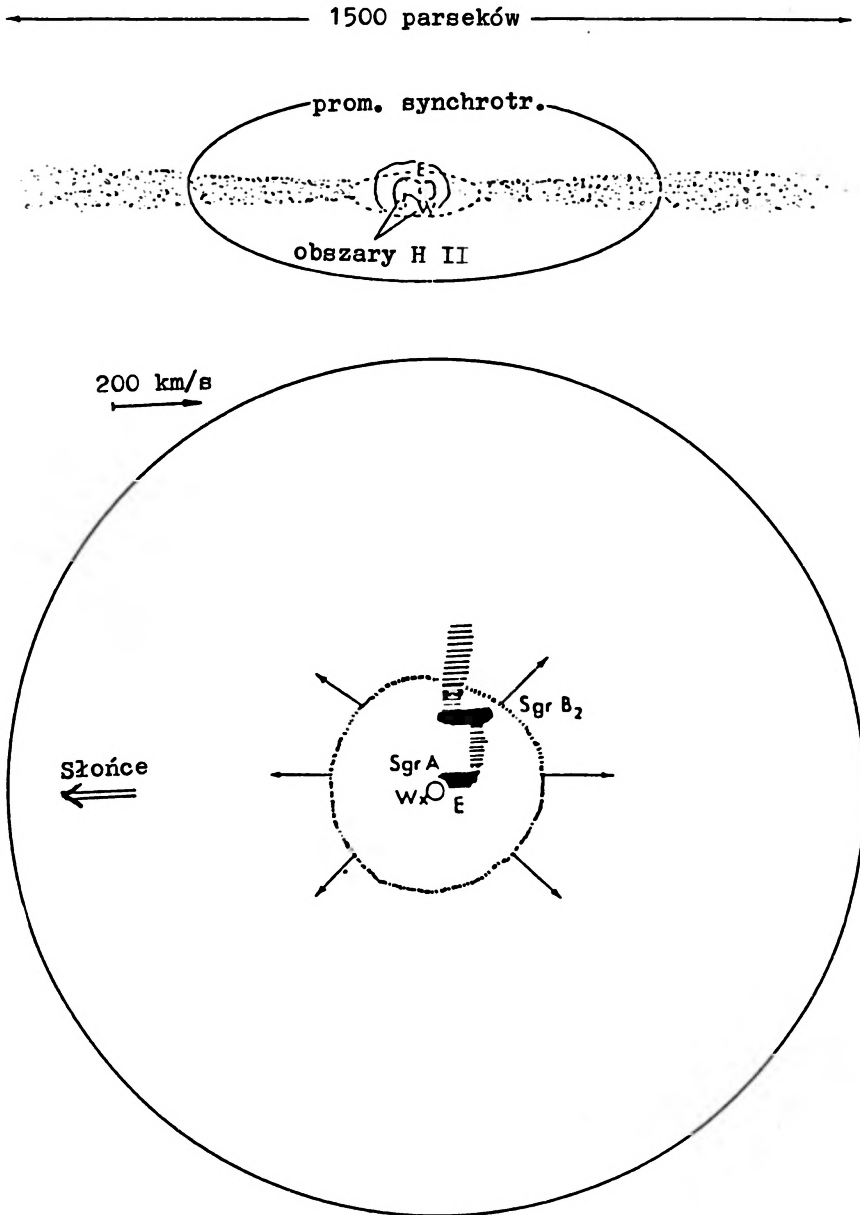
Tabela 1. Rozkład masy, potencjału, prędkości kołowej, czasu obrotu i gęstości w centralnej części naszej Galaktyki

r (pc)	$M(R)$ ($10^6 M_\odot$)	$\Phi(0) - \Phi(R)$ ($10^4 \text{ km}^2 \text{ s}^{-2}$)	Θ_c (km s^{-1})	T (10^6 lat)	$\rho(R)$ ($M_\odot \text{ pc}^{-3}$)
0.1	0.3	0.64	114	0.006	3×10^7
1.0	4.4	4.4	138	0.045	4×10^5
5	30	8.2	161	0.20	2×10^4
10	70	10.0	174	0.36	7×10^3
20	160	12.2	186	0.67	1.9×10^3
50	490	15.6	206	1.5	
100	920	18.6	200	3.1	1.1×10^2
200	2500	21.9	233	5.4	
500	8300	27.8	268	12	6
1000	16400	32.8	266	24	

i zawierać w sobie „maszynę” odpowiedzialną za zjawiska wyrzutów obserwowane w centralnym obszarze Galaktyki. Nic nie wiemy o mechanizmach tych wyrzutów, ani o sposobie w jaki w dostatecznie krótkiej skali czasowej jądro Galaktyki jest na nowo napełniane materią międzygwiazdową. Jądro Galaktyki jest czymś niezwykłym, i dla wyjaśnienia jego osobliwości Oort odwołuje się też do czegoś niezwykłego: do masywnej czarnej dziury.



Rys. 1. Rozkład neutralnego wodoru w płaszczyźnie naszej Galaktyki uzyskany z pomiarów prędkości radialnych i natężeń linii 21 cm [4]. Kregi zakreślone są w odstępach co 2 kpc, a ich środek leży w centrum Galaktyki. Słońce jest oznaczone symbolem kółka z kropką w środku, a liczby na obrzeżach opisują długość galaktyczną

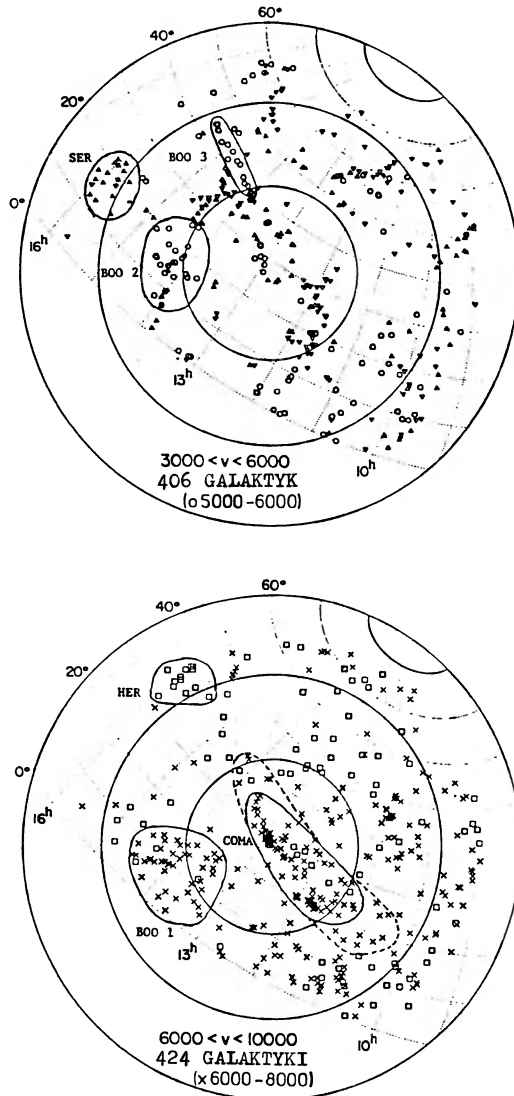


Rys. 2. Struktura centrum naszej Galaktyki [5]. Ten schemat Oorta przedstawia chmury molekularne (obszary zakreskowane), radioźródła (obszary zaczerńnione), rozszerzający się obszar wysyłający promieniowanie synchrotronowe i fakt, że obszary na wschód i na zachód od chmury Sagittarius A są odpowiednio nad i pod płaszczyzną galaktyczną. Źródło Sgr A ma bardzo zwarte jądro

Już od połowy lat trzydziestych Oorta uderza chaos w obserwowanym rozkładzie galaktyk we Wszechświecie, ale zauważa, że chaos ten jest bardzo różny od rozkładu przypadkowego. W badaniu tego rozkładu poprzez bardziej pogłębione i ukierunkowane obserwacje upatruje klucz do zrozumienia struktury Wszechświata jako całości. Sam wyodrębnia w przestrzeniach kosmicznych szereg obszarów gromadzenia się galaktyk i kreśli kontury nowych supergromad galaktyk ([6]; rys. 3).

Niewątpliwie, w badaniach struktury naszej i innych galaktyk Oort najpełniej się realizował jako astronom. Jego ostatnia praca, zamykająca siedemdziesięcioletni okres badań naukowych, opublikowana w marcu 1992 r., nosi też tytuł „Exploring the Nuclei of Galaxies (Including our Own)” [7]. Prace w innych dziedzinach astronomii, w których dokonał podstawowych często odkryć nazywa Oort skromnie „epizodami badawczymi” (np. [1]). Takim epizodem było dla niego powiązanie fizyki mgławicy Krab w gwiazdozbiórze Byka z wybuchem supernowej i udowodnienie w 1956 r. synchrotronowej natury jej promieniowania, a więc istnienia w przyrodzie tego rodzaju promieniowania [8]. Dziś dopiero powszechnie wiadomo, że bardzo wiele radioźródeł emituje swą energię na skutek działających w nich mechanizmów synchrotronowych. Wręcz za „interludium” uważa Oort swoje badania dotyczące komet. A w tej dziedzinie wysunięta przez niego w 1950 r. koncepcja pochodzenia tych ciał niebieskich jest wciąż żywa i powszechnie akceptowana [9]. Badając rozkład orbit kometarnych w przestrzeni, Oort postawił hipotezę, że komety mogą przybywać w sąsiedztwo Słońca z pewnego rezerwuaru tych ciał leżącego na peryferiach Układu Słonecznego i sferycznie otaczającego nasz Układ. Dziś ten rezerwuar nazywamy obłokiem Oorta i coraz bardziej przekonani o jego fizycznym istnieniu, badamy jego strukturę, dynamikę i ewolucję.

Badaczy przyrody zwykło się dzielić na „doświadczalników” i „teoretyków”. Działalności badawczej Oorta nie można ograniczyć do żadnej z tych grup. Był niewątpliwie wspaniałym „interpretatorem” danych obserwacyjnych. Jego prace teoretyczne były inspirowane i kierowane wynikami obserwacji, w których dostrzegał szczegóły i problemy przez innych nie zauważane. Ciągle był ciekaw wyników nowych obserwacji i ciągle z niecierpliwością oczekiwał zakończenia budowy nowych narzędzi badawczych i wyników ich pracy, które wplatałyby się w istniejący już obraz Wszechświata, lub stanowiły nowe pytania i wyzwania badawcze. Nigdy nie dzielił astronomii według technik, czy metod badawczych – ważny dla niego był problem badawczy, który należało rozpoznać, zjawisko, które należało zrozumieć, pytanie, które należało postawić Naturze. I taki też swój ślad odcisnął na całej astronomii. On sam, dzięki takiemu szerokiemu spojrzeniu, ma wielki wkład w rozwój tak dalece różniących się technikami dziedzin astronomii jak naziemna astronomia optyczna, radioastronomia i astronomia satelitarna.



Rys. 3. Supergromady galaktyk [6]. Rysunki przedstawiają obszary nieba analizowane przez Oorta w 1983 r. Galaktyczny biegun północny znajduje się w środku, okręgi odpowiadają 30, 50 i 70 stopniom szerokości galaktycznej. Mapa górna obejmuje 406 galaktyk o prędkościach radialnych zawartych między 3000 a 6000 km/s; mapa dolna dotyczy 424 galaktyk o prędkościach radialnych zawartych między 6000 a 10 000 km/s. Symbole opisują różne zakresy prędkości radialnych w powyższych przedziałach. Oort wykreślił na tych mapach kontury sześciu supergromad, w tym supergromady Coma. Nasza lokalna supergromada, w której znajdujemy się wraz z naszą Galaktyką, supergromada Virgo, leży w przestrzeni bliżej niż zaznaczone tutaj supergromady

Wagę i znaczenie wielu zagadnień badawczych Jan Oort doceniał znacznie wcześniej, czasem o całe dziesięciolecie, niż inni astronomowie. Tak było na przykład z koncepcją populacji gwiazdowych, która kształtowała się w jego umyśle już w latach dwudziestych, w czasie badań dotyczących gwiazd szybkich. Dopiero w latach czterdziestych Baade rozwinął to pojęcie do postaci jaką znamy obecnie. Był też prekursorem współczesnych badań materii międzygwiazdowej. Temu zagadnieniu poświęcił swe wykłady uniwersyteckie już w r. 1926, podczas gdy swoje astronomiczne „prawo obywatelstwa” uzyskało ono dopiero w połowie lat trzydziestych. Potrzeba zajęcia się tym zagadnieniem wynikała z jego studiów nad strukturą Galaktyki i stwierdzenia istnienia w płaszczyźnie dysku galaktycznego czegoś, co przesłania, ogranicza głębokość widzenia w kierunku do środka Galaktyki. Uświadamiał też sobie fakt, że błędy w modelu Wszechświata jego Mistrza, J.C. Kapteyna, wynikły w dużej mierze właśnie z zaniedbania wpływu absorpcji międzygwiazdowej. Podjął się więc już w latach trzydziestych badań nad tworzeniem, wzrostem i rozpadaniem się międzygwiazdowych pyłków i cząsteczek. Badania te były też bardzo ważne dla rodzącej się wtedy radioastronomii. Do dzisiaj istnieje w Lejdzie i szczyli się znakomitymi wynikami samodzielne laboratorium zajmujące się tym problemem (Huygens Laboratorium). Wiedząc, że najobfitszym pierwiastkiem Wszechświata jest wodór poszukiwał sposobu, w jaki pierwiastek ten może dawać monochromatyczne świadectwo swego istnienia na falach radiowych i służyć do lepszego poznania struktury Galaktyki. Rezultatem tych poszukiwań w połowie lat czterdziestych, była praca doktorska jego ucznia H.C. van de Hulsta, który dowiódł na drodze analizy teoretycznej, że „poziom podstawowy wodoru w swej strukturze nadsubtelnej jest rozszczepiony na dwa stany, w których, przy spontanicznym odwróceniu spinu emitowany jest kwant o długości fali 21.2 cm”. Choć zdawał sobie sprawę z faktu, że w pojedynczym atomie takie spontaniczne odwrócenie spinu zdarza się raz na 11 milionów lat, to jednak ufał, że jest możliwy do zaobserwowania łączny efekt pochodzący od ogromnej liczby atomów wodoru we Wszechświecie. I rzeczywiście, w 1951 r. zaobserwowano na falach radiowych (w tych obserwacjach i odkryciu Oort też osobiście uczestniczył) przewidzianą przez van de Hulsta emisję o długości fali 21 cm. Wkrótce potem Jan Oort wraz z G. Westerhoutem i F.J. Kerrem opublikowali obraz naszej Galaktyki wynikający z rozkładu gazowego neutralnego wodoru w jej wnętrzu (rys. 2 [4]). Był to wielki triumf raczkującej jeszcze radioastronomii, oraz wysiłków naukowych i organizacyjnych samego Oorta. Wreszcie wszyscy mogli się przekonać, że nasza Galaktyka jest galaktyką spiralną, że ma ramiona, w których występuje koncentracja gwiazd i materii międzygwiazdowej. I to nie był już teoretyczny model, a fakt obserwacyjny udokumentowany.

Pierwsze obserwacje radiowe pod kierownictwem Oorta dokonywane były na

powojennych antenach radarowych w Kootwijk. Później (1956) z inicjatywy Oorta zbudowano 25-metrowy radioteleskop w Dwingeloo (wówczas największy radioteleskop na świecie), a następnie (w początku lat siedemdziesiątych) niezwykle czuły, złożony z 14 anten interferometr w Westerbork. To właśnie na tym ostatnim radioteleskopie kształtowały się toruńskie marzenia i apetyty instrumentalne. Profesor Oort przyjmował u siebie toruńskich astronomów i inżynierów planujących budowę w Piwnicach podobnych urządzeń, dał nawet pełną dokumentację techniczną 25-metrowej anteny w Westerbork. Na podstawie tej dokumentacji zbudowano w Piwnicach w końcu lat siedemdziesiątych, głównie dzięki wysiłkowi dra Zygmunta Turły, antenę o średnicy 15 m i uzyskano doświadczenie umożliwiające zaprojektowanie obecnie budowanej anteny 32 m.

Astronomia europejska szczyci się dzisiaj wielkim, nowoczesnym i każdego niemal dnia dokonującym znaczących odkryć obserwatorium astronomicznym na południowej półkuli (European Southern Observatory – ESO) w Chile. Idea obserwatorium dla eksploracji południowego nieba nurtowała umysł Oorta już od drugiej połowy lat czterdziestych. Pod koniec tego okresu nawet rozpoczął osobiście poszukiwania miejsca na południową stację obserwacyjną obserwatorium lejdejskiego. Później, w 1953 r., idea ta przybrała formę dużego międzynarodowego ośrodka badań południowego nieba. Było to w czasie jego dyskusji naukowych z odkrywcą gwiazd w ramionach galaktyk, Walterem Baade, nad miejscem i rolą populacji gwiazdowych w strukturze Galaktyki. Najbardziej interesujący i tajemniczy centralny rejon naszej Galaktyki z największych ówczesnych obserwatoriów astronomicznych, położonych z reguły na półkuli północnej, widziany był nisko nad horyzontem, poprzez deformującą jego promieniowanie grubą i gęstą warstwę ziemskiej atmosfery. A na południowej półkuli, środek Galaktyki świeci wysoko na sklepieniu nieba. Istniała więc pilna potrzeba ulokowania tam odpowiednich narzędzi badawczych. Ale trzeba było też wielu zabiegów i dyplomatycznych zdolności Oorta, aby ta idea po prawie 10 latach starań została zaakceptowana i później stopniowo zrealizowana. A dziś po prostu nie możemy wyobrazić sobie współczesnej astronomii bez wkładu ciągle rozbudowującego się Europejskiego Obserwatorium Astronomicznego w Chile.

Oort z ducha i czynów był obywatelem świata. Chciał służyć i służył międzynarodowej społeczności astronomicznej przez długie lata. Jego biegła znajomość czterech języków znakomicie to ułatwiała. Przez 13 lat, w okresie najstraszliwszej zawieruchy wojennej (1935-48), był sekretarzem generalnym Międzynarodowej Unii Astronomicznej i robił bardzo wiele dla uciemnionych społeczności astronomicznych Wschodu i Zachodu. Prezydentem MUA na początku tego okresu był sir Arthur Stanley Eddington, a po jego śmierci w 1944 r. stanowisko to powierzono sir Haroldowi Spencerowi Jonesowi. Ale to właśnie Oortowi, jako

sekretarzowi generalnemu, przypadło zadanie odbudowy więzów między astronomami całego świata i odtworzenie Unii po Drugiej Wojnie Światowej. Później, na lata 1958-61, wybrano go jej prezydentem. Środowiska naukowe całego świata wyrażały mu swoje uznanie przyznając około 20 doktoratów honorowych uniwersytetów na wszystkich chyba kontynentach (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu nadał mu ten tytuł w 1973 r.) i członkostwa akademii nauk kilkunastu krajów. Wiele towarzystw naukowych nadało mu swe najwyższe dyplomy i medale. Przez długie lata był uwielbianym przez swych uczniów profesorem Uniwersytetu w Lejdzie i wychowawcą wielu pokoleń astronomów. Z tym uniwersyte-tem był związany od 1924 r. Na tym uniwersytecie słuchał wykładów Einsteina i Eddingtona, był młodszym kolegą takich wspaniałych astronomów jak E. Hertzsprung i W. De Sitter, nauczycielem i mistrzem tak znanych astronomów jak A. Blaauw, H. van de Hulst, H. Van Woerden, Lo Woltjer i wielu innych. Nominację profesorską otrzymał w 1935 r. W roku 1940, za obronę wydalanych przez niemieckich okupantów profesorów pochodzenia żydowskiego został sam usunięty z uczelni i musiał się ukrywać. W tym czasie studiuje kroniki chińskie z XI w. opisujące pojawienie się niezwyklej gwiazdy, wyprowadza jej krzywą blasku i dowodzi, że była to supernowa, której pozostałości możemy dzisiaj obserwować w postaci mgławicy Krab. Po wojnie, przez 25 lat, od 1945 do emerytury w 1970 r. kierował Obserwatorium w Lejdzie i był głównym architektem współczesnej, wysoko cenionej, holenderskiej szkoły astronomii.

Przy całej swej ogromnej pasji i pracy nad odkrywaniem tajemnic Wszechświata Jan Oort był cudownym ojcem, dziadkiem i pradziadkiem, wspaniałym gospodarzem i gościem towarzyskich spotkań, doskonałym przewodnikiem po wietrznych polderach holenderskich. Uwielbiał jazdę na łyżwach po zamarzniętych kanałach i do niej często zachęcał swych kolegów z obserwatorium w Lejdzie. Jego drobną sylwetkę mógł udźwignąć nawet najcieńszy lód. Interesował się bardzo literaturą współczesną i mógł o niej dyskutować godzinami. Ale nade wszystko pasjonowały go wieści napływające z teleskopów, tych znajdujących się na powierzchni Ziemi i tych z przestrzeni kosmicznej, niezależnie od długości fal na których pracowały. Nowe dane pozwalały mu lepiej widzieć i rozumieć otaczający nas świat oraz wyznaczać kierunki dalszych penetracji kosmicznych przestrzeni. Przez całe życie stawiał Naturze pytania i poszukiwał na nie odpowiedzi. Zmarł z głową pełną kolejnych pytań. Odszedł wielki uczony i wspaniały człowiek.

Dzisiaj, wspominając jego życie i dzieło, uświadamiamy sobie, że dokonujemy równocześnie przeglądu wielkiego rozdziału historii współczesnej astronomii, której on był twórcą. A świadomość tego faktu niech będzie też wyrazem naszego hołdu, jaki możemy dzisiaj złożyć temu Wielkiemu Astronomowi.

Literatura

- [1] J.H. Oort, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **19**, 1 (1981).
- [2] J.H. Oort, *Bull. Astr. Inst. Netherlands* **1**, 133 (1922).
- [3] J.H. Oort, *Bull. Astr. Inst. Netherlands* **3**, 275 (1927).
- [4] J.H. Oort, F.J. Kerr, G. Westerhout, *Monthly Notices of Roy. Astr. Soc.* **118**, 379 (1958).
- [5] J.H. Oort, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **15**, 295 (1977).
- [6] J.H. Oort, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **21**, 373 (1983).
- [7] J.H. Oort, *Mercury* **21**, 57 (1992).
- [8] J.H. Oort, Th. Walraven, *Bull. Astr. Inst. Netherlands* **12**, 285 (1956).
- [9] J.H. Oort, *Bull. Astr. Inst. Netherlands* **11**, 91 (1950).

ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH

Waldemar Gorzkowski

*Instytut Fizyki PAN
Warszawa*

II Ogólnopolski Konkurs Uczniowskich Prac Naukowych z Fizyki

Second National Competition in Research Projects in Physics for Secondary School Students

Abstract: In 1992/93, the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences organized the 2nd National Competition in Research Projects in Physics for Secondary School Students. A short description of the competition and its results are given.

Podobnie jak w konkursie zorganizowanym rok wcześniej (patrz *Postępy Fizyki* 43, zesz. 5, 477 (1992)), główną ideą przyświecającą organizatorom było stworzenie młodzieży szkolnej okazji do pokazania wyników swoich prac badawczych i porównania swych osiągnięć z osiągnięciami kolegów z innych szkół i miejscowości.

Konkurs nasz – o ile nam wiadomo – jest jedynym konkursem w Polsce dotyczącym uczniowskich prac naukowych. Istnieją oczywiście inne konkursy z fizyki dla uczniów szkół średnich. Mają one jednak zupełnie inny charakter. Najbardziej znanym z nich jest Olimpiada Fizyczna. Formuła Olimpiady Fizycznej i innych pokrewnych konkursów, gdy bezbłędnie sformułowane zadania o znanych rozwiązaniach rozwiązuje się w ściśle kontrolowanym czasie, nie wszystkim odpowiada.

Niektórzy uczniowie zdecydowanie bardziej wolą pracę nad problemami o nieznanym rozwiązaniu, polegającą na mniej lub bardziej złożonych dociekaniach własnych o charakterze badań naukowych.

Praca tego rodzaju na ogół wymaga dużej cierpliwości, organizacji własnego warsztatu pracy, wypracowania metod badawczych itp. Krótko mówiąc, prowadzenie własnych badań wymaga innych predyspozycji niż rozwiązywanie zadań precyzyjnie sformułowanych i mających znane, jednoznacznie określone rozwiązania. Konkurs organizowany przez Instytut Fizyki PAN jest adresowany do uczniów o takich właśnie predyspozycjach badawczych.

W konkursie mogli brać udział uczniowie szkół średnich dowolnego typu. Temat pracy, sposób jego opracowania, poziom trudności, metody badawcze itp. wybierali sobie sami zainteresowani. Organizatorzy niczego uczniom nie narzucali poza oczywistym warunkiem, że praca ma dotyczyć fizyki. Niestety, ten naturalny warunek nie zawsze był przez uczestników przestrzegany. Część wykonanych prac bardziej pasowałaby do konkursu o charakterze historycznym lub filozoficznym. Inna część prac polegała na opisie cudzych osiągnięć. Dla nas zaś, zgodnie z nazwą konkursu, mówiącą o „uczniowskich pracach naukowych” ważne było, by praca zawierała jakiś istotny wkład własny o charakterze badawczym.

Mimo wspomnianych braków, wynikających z pewnego nieporozumienia dotyczącego istoty Konkursu, z przyjemnością stwierdziliśmy, że cieszył się on bardzo dużym zainteresowaniem, jeszcze większym niż w roku ubiegłym. Wpłynęło 81 prac 94 autorów (niektóre prace miały kilku autorów). Tak jak w roku ubiegłym, bardzo dużo prac przyszło z ośrodków małych, nieraz bardzo małych, co w czasach dla nauki szczególnie ciężkich wydaje się bardzo budujące i pocieszające. Niewątpliwie autorzy prac z miejscowości zlokalizowanych daleko od większych centrów naukowych czy akademickich mieli bez porównania więcej trudności w zdobywaniu niezbędnych materiałów naukowych niż ich rówieśnicy z dużych miast, bogatych w księgarnie i biblioteki, będących siedzibami licznych instytucji naukowych.

Duże zainteresowanie Konkursem w ośrodkach mniejszych potwierdza ubiegłoroczną obserwację, że talenty rodzą się wszędzie. Trzeba tylko do nich dotrzeć.

Na powodzenie Konkursu w dużym stopniu wpłynął sposób rozprawienia informacji o nim. Informacje te dzięki życzliwości Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej znalazły się w druczku olimpijskim, jaki co roku jest rozsyłany do wszystkich szkół średnich. Taka droga rozprawiania różnych informacji zawsze była bardzo skuteczna. Część ogłoszeń o Konkursie rozesłał do swoich stypendystów Krajowy Fundusz na Rzecz Dzieci. Pewna część została rozesłana wraz z afiszami o wykładach z fizyki organizowanych w IF PAN, część przez Kuratorium, część ogłoszeń rozesłano do nauczycieli znanych z działalności olimpijskiej.

Część ogłoszeń wysłano bezpośrednio do zwycięzców bądź wyróżnionych w ubiegłych olimpiadach bądź w konkursie ubiegłorocznym. Bardzo ważne było również opublikowanie informacji o Konkursie w kilku znanych czasopismach, a konkretnie w *Postęпах Fizyki*, *Fizyce w Szkole*, *Delcie*, *Wiedzy i Życiu* oraz *Młodym Techniku*.

Otrzymaliśmy bardzo dużo prac dobrych i bardzo dobrych. Były one na naprawdę wysokim poziomie, podobnie jak w ubiegłym roku. Obawialiśmy się, że w tym roku zarówno poziom prac jak i ich liczba mogą się obniżyć i to nie tylko w wyniku ogólnego, stałego obniżania się poziomu nauczania fizyki i innych przedmiotów, lecz po prostu ze względu na efekty o charakterze „włączeniowo-wyłączeniowym”. Wydawało się nam, że pierwszy konkurs „wesie” wszystkie zaległe osiągnięcia badawcze młodzieży a na nowe trzeba będzie poczekać. Tymczasem okazało się, że konkurs bardzo zaktywizował młodzież a także środowiska szkolne w różnych miejscowościach, w wyniku czego poziom prac w ogóle nie spadł, a liczba prac i liczba autorów zwiększyły się o kilkadziesiąt procent. Co więcej, z nadesłanych prac widać, że niektórzy zawodnicy, a także ich nauczyciele, bardzo głęboko przeanalizowali przebieg konkursu w roku ubiegłym i starali się maksymalnie dopasować do warunków konkursowych. Ale nie ma róży bez kolców. Nie wszystkie wnioski wydają się nam prawidłowe.

Sprawie tej trzeba parę słów poświęcić. Otóż, część prac dotyczyła dziedzin pokrewnych fizyce, takich jak geofizyka, astronomia, ochrona środowiska itp. Jeżeli tylko w pracach takich fizyka była reprezentowana w sposób istotny a nie zupełnie marginesowy, to były one traktowane jak inne prace z „czystej” fizyki i nie były z góry eliminowane. Przedmiotem oceny był przede wszystkim własny wkład badawczy autora. Prace, których autorzy ograniczyli się do omówienia cudzych wyników a nie przeprowadzili samodzielnie żadnych badań, nie miały żadnych szans na nagrodę. Taki sposób podejścia do sprawy oceniania zadań wynika z natury naszego konkursu. Z grupy prac mogących zdobyć nagrodę, od razu na początku wyeliminowano opracowania popularno-naukowe, eseje, referaty przeglądowe, prace o charakterze filozoficznym, historycznym itp. W ubiegłym roku dla prac przeglądowych stworzono odrębną kategorię wyróżnień. Celem tego kroku było uhonorowanie wkładu pracy niektórych uczniów, których prace były interesujące, chociaż nie miały naukowego charakteru. Fakt ten – jak się zdaje – został nieprawidłowo odczytany, chociaż rzecz była wyjaśniana w ub.r. we wszystkich publikacjach dotyczących konkursu. Wyróżnienia te zostały potraktowane przez część uczestników jako swego rodzaju zachęta do nadsyłania prac bez wyników własnych. W tym roku tę kategorię wyróżnień również zachowano, bo niektóre opracowania były naprawdę interesujące i wartościowe, chociaż nie miały naukowego charakteru. Trzeba sobie jednak zdawać sprawę, że przedmio-

tem Konkursu są prace naukowe i tylko one mogą uzyskać nagrody. Cechą prac naukowych jest ich twórczy charakter, oryginalność, jasność przedstawienia wyników, właściwe umiejscowienie tematyki badań na tle osiągnięć dotychczasowych w danej dziedzinie, uzasadnienie celowości badań itp. Być może ktoś zorganizuje kiedyś konkurs prac popularnonaukowych. Na takim konkursie prace przeglądowe miałyby szanse na powodzenie. Ale byłby to już inny konkurs niż nasz.

Wśród prac, które do nas nadeszły, przeważały prace teoretyczne, chociaż niemało było prac doświadczalnych. Przekrój tematyczny najlepiej ilustruje zestawienie nagród i wyróżnień. Widać, że prace badawcze można prowadzić na rozmaitych poziomach i w rozmaitych warunkach. Wśród prac nagrodzonych znajduje się praca doświadczalna z fizyki bardzo współczesnej. Jej autorzy wyprodukowali nadprzewodnik wysokotemperaturowy i zbadali jego podstawowe właściwości. Z drugiej zaś strony nagrodę uzyskała również praca z fizyki, którą trudno zaliczyć do fizyki współczesnej. Autorzy tej pracy w bardzo interesujący sposób zbadali ruch tłumiony wahadła. Bardzo ciekawą pracą teoretyczną jest praca o stabilności pewnych układów optycznych. Ujęcie autora było wprawdzie klasyczne, ale tematyka i ciekawa i ważna, bo nawiązuje do obecnie prowadzonych badań optycznych. Bardzo zróżnicowane były też metody zdobywania materiałów do badań. Autor pracy o pochłanianiu promieniowania słonecznego prowadził obserwacje za pomocą sprzętu zbudowanego w dużej mierze przez siebie. Natomiast autor pracy o zaćmieniu Słońca w Peru materiały do badań w postaci 150 klatek filmowych obrazujących kolejne fazy zaćmienia uzyskał od jednego z uczestników wyprawy, która to zaćmienie obserwowała. (Oczywiście wartość pracy nie polegała na zdobyciu materiałów filmowych lecz na ich właściwym opracowaniu.) Autorzy wyróżnionej pracy o promieniowaniu podczerwonym i nadfioletowym bardzo dużo materiałów do badań uzyskali z miejscowej Komendy Policji. Niektórzy do przeprowadzenia badań nawiązali kontakt z uczelniami lub innymi ośrodkami naukowymi.

Nie jest moją intencją omawianie poszczególnych prac. Po prostu w czasie trwania Konkursu wiele osób pytało telefonicznie lub listownie, jak zdobyć różne materiały, czym kierować się przy wyborze pracy itp. Myślę, że przytoczone wyżej przykłady są dobrą ilustracją, jak można rozwiązywać niektóre z problemów nurtujących naszych uczestników.

Komitet Organizacyjny II Konkursu był kierowany przez jego przewodniczącego – prof. Jacka Kossuta oraz sekretarza naukowego, autora tego sprawozdania. Prace konkursowe były recenzowane przez pracowników naukowych Instytutu Fizyki PAN.

W wyniku decyzji Komitetu Organizacyjnego nagrody otrzymały następujące osoby (wszystkie nagrody są równorzędne – kolejność autorów alfabetyczna):

- 1) Mariusz Białas, Andrzej Tęcza (Wieluń) – „Nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ”,
- 2) Jarosław Białecki, Bartosz Sawicki (Warszawa) – „Badanie zaniku amplitudy drgań wahadła”,
- 3) Grzegorz Piotr Kubalski (Jabłonna) – „Pomiar temperatury ciał w oparciu o detekcję promieniowania emitowanego”,
- 4) Krzysztof Markowicz (Strzyżów) – „Ekstynkcja promieniowania słonecznego w paśmie widzialnym w atmosferze”,
- 5) Michał Rewieński (Gdańsk-Zaspa) – „Problemy stabilności wybranych układów optycznych”,
- 6) Andrzej Sobczak (Zgierz) – „Modyfikacja cech makroskopowych powierzchni i warstwy przypowierzchniowej wybranych metali pod wpływem promieniowania laserowego”,
- 7) Sebastian Soberski (Grudziądz) – „Opracowanie obserwacji zaćmienia Słońca (Peru – 10 sierpnia 1980 r.)”,
- 8) Bartłomiej Świdorski (Dęblin) – „Procesy fizyczne zachodzące w mięśniach”.

Wyróżnienia (kategoria A) za prace własne otrzymali (wszystkie wyróżnienia w tej kategorii są równoważne – kolejność alfabetyczna):

- 1) Norbert Franke (Hrubieszów) – „Wrażenie głębi – teoretyczny zarys możliwości i ograniczeń systemów telewizji trójwymiarowej”,
- 2) Paweł Gliwa (Koczała) – „Membrany”,
- 3) Jakub Hejmej, Andrzej Duda (Nowy Sącz) – „Promieniowanie podczerwone i nadfioletowe”,
- 4) Marek Korkusiński (Włoszczowa) – „Modelowanie praw zachowania w fizyce”,
- 5) Janusz Piechota (Kolbuszowa) – „Fraktale”,
- 6) Krzysztof Szulc (Zgierz) – „Budowa i funkcjonowanie CB radia”,
- 7) Mikołaj Ungiert (Kolbuszowa Dolna) – „Symetria w przyrodzie”,
- 8) Grzegorz Wolszczak (Puławy) – „Człowiek w Kosmosie”.

Wyróżnienia (kategoria B) za opracowania otrzymali (jak poprzednio: wszystkie wyróżnienia w tej kategorii są równoważne – kolejność alfabetyczna):

- 1) Wojciech Butryn (Tarnobrzeg) – „Oddziaływania w świecie cząstek elementarnych”,
- 2) Andrzej Filip, Ryszard Niemiec (Żółtyń) – „Wyświetlacze ciekłokrystaliczne”,
- 3) Marek Górecki, Marcin Fiałek (Nowy Sącz) – „Modele atomów”,
- 4) Grzegorz Górnikiewicz (Katowice) – „Energia jądrowa a środowisko”,

- 5) Dariusz Hebda (Nowy Sącz) – „Kryształy i ich hodowla”,
- 6) Dariusz Komosa (Stężyca) – „Efekt cieplarniany”,
- 7) Janusz Kowalski (Nowy Sącz) – „Skażenie powietrza w Polsce na przykładzie województwa nowosądeckiego”,
- 8) Marek Łoś (Szczecin) – „Energia atomowa”,
- 9) Kamila Misiak (Wieluń) – „Wpływ pola elektromagnetycznego na organizmy żywe”,
- 10) Magdalena Walaszek (Mysłowice) – „Akceleratory – budowa, działanie i zastosowanie”,
- 11) Paweł Wężowiec (Częstochowa) – „Foton i jego właściwości”,
- 12) Marcin Wokacz, Grzegorz Zajac (Nowy Sącz) – „Nadprzewodnictwo”,
- 13) Wojciech Zarzyka (Sanok) – „Energia słoneczna a środowisko Ziemi”.

Zechcą Państwo zwrócić uwagę na bardzo duże rozproszenie geograficzne zwycięzców i wyróżnionych. Rozproszenie to jest znacznie większe niż w przypadku olimpiad (nie tylko zresztą fizycznych).

Autorzy nagrodzonych prac zostaną zaproszeni do Instytutu Fizyki PAN na koszt organizatorów na dwutygodniowy staż naukowy w terminach uzgadnianych indywidualnie. W czasie tego stażu zostaną oni włączeni do regularnych badań prowadzonych w Instytucie.

Zarówno nagrodzeni jak i wyróżnieni otrzymali dyplomy oraz książki ufundowane przez Wydawnictwo Naukowe PWN oraz Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.

Uroczyste zakończenie Konkursu odbyło się 25 czerwca 1993 r. Wraz z zakończeniem tego konkursu rozpoczynamy organizację III Ogólnopolskiego Konkursu Uczniowskich Prac Naukowych z Fizyki. Terminem nadsyłania prac będzie 31 marca 1994 r. Szczegółowe informacje zostaną przesłane do szkół w taki sam sposób jak do tej pory.

Tomasz Dietl

Instytut Fizyki PAN

i

Szkoła Nauk Ścisłych

Warszawa

**Szkoła Nauk Ścisłych
– niepaństwowa wyższa uczelnia**

College of Science – a nonpublic college

Abstract: Basic information on newly founded College of Science is given. The College, owned by Stanisław Ulam Foundation, has been organized in Warsaw by scientists from several research institutes. It went into operation in October 1993.

Dnia 4 października 1993 r. w Audytorium Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk odbyła się uroczysta inauguracja I roku akademickiego nowej uczelni – Szkoły Nauk Ścisłych. W swoim wystąpieniu rektor Szkoły prof. Jan Mostowski przedstawił motywy jakimi kierowali się jej twórcy. Bodaj najważniejszy, to przekonanie o palącej potrzebie zapewnienia szans zdobycia pełnego i różnorodnego wykształcenia możliwie dużej części młodzieży w Polsce. Omówił również program nauczania i zamierzenia organizatorów uczelni, a także ich oczekiwania wobec studentów. W imieniu Prezydium PAN głos zabrał prof. Jerzy Kołodziejczak deklarując pełne poparcie władz Polskiej Akademii Nauk dla rozwoju nowej szkoły wyższej wykorzystującej potencjał intelektualny i aparaturowy zgromadzony w placówkach naukowych PAN. W części naukowej spotkania prof. Andrzej Schinzel z Instytutu Matematycznego PAN wygłosił frapujący referat na temat słynnego Wielkiego Twierdzenia Fermata, sformułowanego ponad 350 lat temu, a udowodnionego – przez pracującego w USA matematyka angielskiego Andrew Wileasa – dopiero przed kilkoma miesiącami.



Rektor Szkoły prof. Jan Mostowski wręcza indeks Adamowi Warchulskiemu z Piotrkowa Trybunalskiego, finaliście olimpiady fizycznej (fot. Piotr Kulczakowicz)

Kto może studiować w Szkole i jakie otrzyma tam wykształcenie? Szkoła Nauk Ścisłych otwarta jest dla absolwentów szkół średnich ze zdanym egzaminem dojrzałości i zdolnościami do nauk ścisłych, którzy chcą swobodnie poruszać się w świecie współczesnych idei, techniki i technologii oraz wiązać karierę zawodową z przedsiębiorstwami i instytucjami o nowoczesnych metodach działania. Przyjęcie do Szkoły odbywa się na podstawie konkursu świadectw dojrzałości i rozmowy kwalifikacyjnej, która przeprowadzana jest z początkiem lipca. Szkoła Nauk Ścisłych jest uczelnią niewielką. W 1993 r. studia rozpoczęło dwadzieścia osób, a w kolejnych latach planowane jest zwiększenie naboru do czterdziestu osób rocznie. Szkoła prowadzi wyłącznie studia dzienne. Program nauczania w czasie pierwszych dwóch lat studiów, a także w pewnym zakresie później, ma charakter interdyscyplinarny – łączy w skoordynowany sposób elementy chemii, fizyki, matematyki i metod komputerowych. Celem nauczania jest wyrobienie umiejętności skutecznego myślenia oraz rozwiązywania, na drodze analitycznej i numerycznej, złożonych problemów w wielu dziedzinach, także w tych nie objętych formalnym wykształceniem. Równocześnie duży nacisk położony jest na zajęcia laboratoryjne, które pozwolą studentom zdobyć umiejętności praktyczne oraz zrozumieć zasady obsługi i automatyzacji nowoczesnych urządzeń i procesów technologicznych. Ponadto sporo godzin przeznaczono na nauczanie sprawnego posługiwania się angielskim oraz na teoretyczne i praktyczne zajęcia z mikroekonomii.



Prof. Andrzej Schinzel w czasie wykładu inauguracyjnego nt. Wielkiego Twierdzenia Fermata (fot. Piotr Kulczakowicz)

Obserwacja polskiego i zagranicznego rynku pracy wykazuje, że osobom o wykształceniu interdyscyplinarnym jest łatwo znaleźć ciekawą i dobrze płatną pracę. Wynika to z ich umiejętności samokształcenia, nastawienia innowacyjnego, a także przygotowania do rozwiązywania niestandardowych problemów oraz częstej zmiany metod i narzędzi pracy. Znajdują one zatrudnienie m.in. w przedsiębiorstwach o nowoczesnej technologii, koncernach ponadnarodowych, administracji, służbach ochrony środowiska, zdrowia i mienia, bankach, telekomunikacji, firmach komputerowych, doradczych i ubezpieczeniowych.

Szkola Nauk Ścisłych uzyskała zgodę Ministerstwa Edukacji Narodowej na prowadzenie studiów wyższych w kierunku matematyki, fizyki i chemii. Jej studenci mają więc te same prawa co ich koledzy z uczelni państwowych. Studia w Szkole Nauk Ścisłych będą wielostopniowe. Pierwszy etap to trzyletnie studia licencjackie. Ich ukończenie połączone będzie z otrzymaniem dyplomu z zakresu fizykochemii materiałów lub obsługi aparatury specjalnej, zgodnie ze specjalizacją wybraną po drugim roku studiów. W miarę rozwoju Szkoły uruchomione będą inne specjalności. Drugi etap stanowią dwuletnie studia magisterskie w dziedzinie matematyki, fizyki lub chemii. W tej chwili Szkoła posiada uprawnienia do nadawania stopnia licencjata, a uzyskanie zgody na nadawanie stopnia magistra spodziewane jest w 1994 r. Absolwenci Szkoły o zdolnościach i zamiłowaniu do pracy naukowej będą mogli podjąć studia doktoranckie, które od wielu lat

już istnieją w instytutach badawczych wspierających Szkołę. Rady Naukowe poszczególnych instytutów mają prawo nadawać stopnie naukowe doktora i doktora habilitowanego z matematyki, fizyki, chemii i nauk technicznych.



Grupa studentów Szkoły przed jej siedzibą (fot. Piotr Kulczakowicz)

Podział czasu między różne przedmioty podczas I semestru wygląda następująco. Studia rozpoczyna dwutygodniowy intensywny kurs komputerowy, który w 1993 r. prowadzony był przez mgra inż. B. Chmielowskiego, dra J. Góreckiego i współpracowników, a także czterogodzinny wykład z zasad BHP (prof. Z. R. Grabowski) oraz metod opracowywania wyników doświadczalnych (dr hab. L. Dobaczewski). Następnie osiem godzin tygodniowo przewidziano na analizę matematyczną (prof. Cz. Olech, prof. I. Białynicki-Birula, prof. J. Kijowski) oraz po cztery godziny tygodniowo na algebrę (prof. H. Toruńczyk, doc. S. Spież), chemię (prof. J. Lipkowski), fizykę (prof. K. Rzążewski, doc. T. Skośkiewicz), laboratorium wstępne z fizyki i chemii (doc. A. Suchocki, prof. M. Godlewski, doc. A. Mordziński, doc. J. Taraszewska), angielski (S. Browne) i zajęcia sportowe (dr P. Gierycz). W II semestrze liczba godzin z analizy matematycznej zmaleje do czterech tygodniowo, wzrośnie natomiast do ośmiu godzin tygodniowo czas przeznaczony

na laboratoria. Będą one miały charakter trzytygodniowych ćwiczeń – każde z innego działu fizyki, chemii lub metod komputerowych – i będą wykonywane w pracowniach naukowych. W drugim roku studiów rozkład zajęć będzie wyglądał podobnie, z tym że do czterech godzin tygodniowo zmaleje czas przeznaczony na matematykę, a pojawią się zajęcia z mikroekonomii. W dalszym toku studiów wykłady i zajęcia laboratoryjne zaczną odzwierciedlać wybraną specjalizację. Być może studenci znajdą wówczas czas na wysłuchanie wykładu humanistycznego.

Szkola Nauk Ścisłych jest uczelnią niepaństwową, lecz nie jest przedsięwzięciem komercyjnym. Jej właścicielem jest fundacja, założona w 1992 r. przez grono profesorów PAN, inicjatorów powołania w Warszawie nowej uczelni. Prezesem zarządu Fundacji został wybrany prof. Zbigniew R. Grabowski z Instytutu Chemii Fizycznej PAN. Fundacja nosi imię Stanisława Ulama (1909-1984), Amerykanina polskiego pochodzenia, wywodzącego się ze sławnej lwowskiej szkoły matematycznej. Po obronieniu doktoratu na Politechnice Lwowskiej w 1933 r., Ulam wyjechał na staż podoktorski do Europy Zachodniej, a potem do USA. Z początkiem 1944 r. rozpoczął pracę w Los Alamos i odegrał tam ważną rolę przy powstaniu bomby jądrowej i termojądrowej. Jego osobowość, różnorodność zainteresowań naukowych – od matematyki poprzez podstawy informatyki, fizykę i astronomię do biologii – a przede wszystkim jego wielkie osiągnięcia naukowe będą, można mniemać, źródłem inspiracji dla studentów i pracowników Szkoły. Wystarczy przypomnieć tylko dwa z jego wielu dokonań – Ulam stworzył podstawy numerycznego opisu układu wielu ciał, znanego powszechnie jako metoda Monte Carlo oraz był współautorem pionierskich prac w dziedzinie zwanej obecnie deterministycznym chaosem.

Działalność Szkoły Nauk Ścisłych możliwa jest dzięki wsparciu dyrekcji wielu placówek naukowych PAN i niektórych instytutów resortowych. Polega ono na umożliwieniu znacznej grupie naukowców pracy w Szkole oraz na udostępnieniu sal wykładowych, laboratoriów, bibliotek, sieci komputerowych i zaplecza socjalnego. Dzięki temu wsparciu udało się obniżyć czesne do 1 mln zł za miesiąc nauki oraz stworzyć warunki do jego częściowego lub całkowitego odpracowania. Duża liczba wysoko kwalifikowanych pracowników instytutów, którzy podjęli pracę w Szkole pozwoliła na zapewnienie wysokiego poziomu kadry nauczającej, o czym dobitnie świadczą wymienieni już naukowcy prowadzący wykłady i ćwiczenia podczas I semestru roku akademickiego 1993/94. Ponadto możliwe było przydzielenie każdemu studentowi indywidualnego opiekuna-pomocnika, tzw. tutora.

Grupę placówek wspierających stanowią: Instytut Chemii Fizycznej PAN, Instytut Fizyki PAN, Instytut Matematyczny PAN, Centrum Fizyki Teoretycznej PAN oraz Instytut Technologii Elektronowej. Zainteresowanie udziałem w pracach Szkoły wykazują także naukowcy z innych placówek badawczych, m.in. In-

stytutu Biochemii i Biofizyki PAN, Instytutu Chemii Organicznej PAN, Centrum Astronomicznego PAN im. Mikołaja Kopernika, Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN oraz Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych. Mimo że podstawowym zajęciem pracowników instytutów jest prowadzenie badań naukowych, na ogół uczestniczyli oni już w działalności dydaktycznej. Należy do niej m.in. kształcenie młodych pracowników naukowych na wspomnianych studiach doktoranckich. Wielu prowadziło ćwiczenia i wykladało na polskich i zagranicznych uniwersytetach i politechnikach, a także było opiekunami prac magisterskich. Pracownicy Instytutu Fizyki PAN i Instytutu Matematycznego PAN od szeregu lat organizują olimpiady przedmiotowe. Dużą popularnością cieszą się wykłady, pokazy i konkursy organizowane od kilku lat przez Instytut Fizyki PAN dla uczniów szkół średnich.

Szkoła Nauk Ścisłych wyrasta więc z wieloletniej tradycji naukowych i dydaktycznych tworzących ją instytutów badawczych. Z tego względu należy sądzić, że zdobędzie ona szybko liczące się miejsce na akademickiej mapie Polski. Zainteresowani studiami w Szkole mogą uzyskać dalsze informacje w rektoracie Szkoły, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa (budynek XV), tel. (022) 437001 w. 175.

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

Laboratoria mikrokomputerowe w nauczaniu – Seminarium NATO w Amsterdamie

Seminarium „Microcomputer Based Laboratories (MBL); Educational Research and Standards” odbyło się w Amsterdamie w dniach 9–13 listopada 1992 r. Stanowiło ono kolejną pozycję programu pt. „NATO Special Programme on Advanced Educational Technology”. Konferencja ukierunkowana była na wyposażenie i zastosowanie w nauczaniu fizyki laboratoriów mikrokomputerowych (MBL).

W konferencji uczestniczyło ok. 40 osób ze wszystkich krajów, które w jakiś sposób partycypują w rozwoju MBL, w tym Holandii, USA, Wielkiej Brytanii, Niemiec, Szwecji, Czech, Słowacji, Polski. Spośród krajów o zaawansowanej technice brakowało przedstawiciela Francji.

Obrady dotyczyły następujących zagadnień: stanu oprzyrządowania MBL (hardware), oprogramowania (software), sposobu wdrażania do szkół, badań dydaktycznych i wpływu MBL na nauczanie, tworzenia standardów.

W dziedzinie oprzyrządowania informowano o wielu niezależnych rozwiązaniach. Pokazywano działanie kilku kompletnych zestawów MBL. Między innymi:

- W USA (referowali to Bob Tinker i Marcia Linn) wykonano układ przeznaczony do uczenia się i wykonywania pomiarów. Doświadczenia i pomiary uzupełnia się symulacją, testami, elektronicznym notatnikiem itp.
- W Wielkiej Brytanii (Angela McFarlane), znanych jest ponad 20 różnych interfejsów, wiele czujników pomiarowych i programów, lecz Brytyjczycy szczególnie dotkliwie odczuwają brak rozwiązań standardowych i uniwersalnych.
- W Niemczech (Horst Schecker) znanych jest kilka rozwiązań o różnym stopniu kompletności, w tym również kilońskie, z którego doświadczeń korzystamy w Poznaniu, a które jest szczególnie przydatne do nauczania fizycznych zastosowań informatyki.
- W Holandii stworzono jedno z najlepszych i najpełniejszych rozwiązań, bowiem w dziedzinie oprzyrządowania poza podstawowymi elementami (interfejs, wzmacniacz) zawiera ono czujniki do pomiaru niemal wszystkich wielkości fizycznych a także czujniki do badań chemicznych i biologicznych.

Warto zwrócić uwagę na duże zainteresowanie urządzeniem stanowiącym połączenie komputera z magnetowidem (ang. Inter-Active Video). Jest to zestaw bardzo użyteczny w nauczania mechaniki, gdyż pozwala badać ruch na przykładach wziętych z życia, np. gry w piłkę, ruchu pojazdów itp.

Każde rozwiązanie MBL uzupełniają odpowiednie programy komputerowe. Wiele zespołów tworzy programy dostosowane do pojedynczych doświadczeń. Niektóre pro-

gramy są jednolite, uniwersalne, uzupełnione materiałami dydaktycznymi i pozwalają na wszechstronne stosowanie. Do takich należy program holenderski znany pod nazwą IP COACH (związany z osobą Ellermeijera), stanowiący tzw. „środowisko otwarte”, z którego nauczyciel lub uczeń może korzystać w dowolny sposób, wykraczający poza możliwości wskazane przez twórców. Cechą charakterystyczną wszystkich programów jest dostępność i powszechne wykorzystanie przedstawienia graficznego wyników oraz stosowanie zestawu mikrokomputerowego jako oscyloskopu z pamięcią.

W programach tych duży nacisk kładzie się na modelowanie zjawisk fizycznych i symulacje. Niektórzy autorzy, szczególnie z USA, łączą eksperyment z symulacją. Na takiej zasadzie tworzy się programy przeznaczone do indywidualnego uczenia się metodą rozwiązywania problemów, bardzo popularną w szkole amerykańskiej, lub do pracy w zespołach 2-4 osobowych (M. Linn).

Część przedstawionych prac dotyczyła wdrażania laboratoriów mikrokomputerowych do szkół. Produkuje w tej dziedzinie Holandia, gdzie wiele szkół dysponuje laboratoriami wyposażonymi w liczne (10-12) zestawy umożliwiające pracę uczniów w małych grupach i prowadzenie badań dydaktycznych. Duże osiągnięcia notuje się również w W. Brytanii. W niektórych rozwiązaniach tak dalece uproszczono wykonanie prostych pomiarów kilku wielkości, że mogą je bez trudu wykonywać uczniowie najniższych klas, a do obsługi pomiarów wystarcza „myszka”. Z dydaktycznego punktu widzenia niezmiernie ważne jest i to, że MBL pozwala śledzić proces powstawania wykresów zjawisk przebiegających w czasie kilkunastu sekund, zachodzący równocześnie z przebiegiem samego zjawiska. Jest to element bardzo istotny, bowiem w dotychczasowym nauczaniu fizyki występują zawsze poważne trudności związane z nauczaniem wykreślania, odczytywania, przetwarzania wykresów i ich interpretacją.

Wprowadzanie laboratoriów mikrokomputerowych do szkół rozpoczyna się od fizyki i nauczycieli fizyki, bo w tym przedmiocie są one najbardziej potrzebne. W dalszej kolejności laboratoria mikrokomputerowe znajdują zastosowanie w nauczaniu innych przedmiotów: chemii, biologii, matematyki, nauki o środowisku oraz techniki. Rozszerzenie zastosowań jest możliwe dzięki zbudowaniu odpowiednich czujników np. EKG, spirometrów, pH-metrów itp., oraz dodatkowych urządzeń niezbędnych do kontroli i automatycznej regulacji procesów. W tej dziedzinie do wiodących rozwiązań należą również rozwiązania holenderskie.

Pojawiają się również próby dydaktycznych badań efektywności stosowania laboratorium w nauczaniu fizyki. Ogólnie pozytywny wpływ laboratorium wyraża się wzrostem zainteresowania uczniów, lepszym opanowaniem fizyki, lepszym jej zrozumieniem i większą poprawnością zdobywanej wiedzy. Szczególnie wymowne są dane z badań holenderskich, gdzie ukazano wyraźny wzrost zrozumienia mechaniki spowodowany zastosowaniem MBL, a zwłaszcza wykorzystaniem komputera połączonego z magnetowidem (Inter-Active Video).

Innym problemem, który interesował uczestników była sprawa stworzenia pewnych rozwiązań standardowych. Chodzi tu zarówno o stworzenie jednolitego, dobrego, taniego i uniwersalnego oprzyrządowania oraz oprogramowania, jak również o stworzenie odpowiednich materiałów dydaktycznych dla nauczycieli, uczniów i studentów. Jednak obrady zakończyły się tylko stwierdzeniem potrzeby standaryzacji. Przymuszalnie rozwiązania problemu standaryzacji doczekamy się w wyniku walki konkurencyjnej istniejących

rozwiązań na rynku międzynarodowym. Można oczekiwać upowszechnienia kilku wersji rozwiązań.

Z Polski w seminarium uczestniczyły dwie osoby. Przedstawiły one niektóre wyniki projektu MAPETT-TEMPUS w zakresie zastosowania laboratoriów mikrokomputerowych w nauczaniu fizyki w liceum i na poziomie akademickim. Mgr Ewa Mioduszevska z Uniwersytetu Gdańskiego pokazała w jaki sposób w szkole za pomocą IP COACH można mierzyć rozkład natężeń optycznych obrazów dyfrakcyjnych i interferencyjnych. Autor tego sprawozdania omówił zaś zestaw doświadczeń z mechaniki, elektryczności, drgań i fal stworzony dla studenckich pracowni w UAM.

Na zakończenie kilka refleksji. Wprowadzenie laboratoriów mikrokomputerowych musi doprowadzić do bardzo poważnych zmian w nauczaniu fizyki i może zwiększyć popularność fizyki z uwagi na atrakcyjność samych komputerów. Zwróćmy uwagę na wielką użyteczność MBL w fizyce. Zestaw MBL pozwala mierzyć wszystkie wielkości fizyczne, skraca czas trwania pomiarów. W skrajnie korzystnym dla MBL przypadku badania ruchów, czas trwania doświadczenia skraca się z jednej lekcji do jednej minuty. Umożliwia wykonywanie doświadczeń, których nigdy w szkole wykonać nie było można, np. badań przebiegu zjawiska indukcji elektromagnetycznej. Istotne ułatwienie dla nauczyciela fizyki stanowi wykorzystanie możliwości graficznych komputera oraz analizy i przetwarzania danych. Wiadomo, że na lekcjach matematyki uczniowie nie opanowują sztuki wykreślenia i posługiwania się wykresami. Za pomocą mikrokomputera wyniki każdego doświadczenia można przedstawić graficznie, co uczniów przyzwyczaja do takiej prezentacji i w krótkim czasie zaczynają oni rozumieć wykresy i swobodnie się nimi posługiwać.

Na świecie buduje się wiele, może nawet tysiące interfejsów przeznaczonych do wyspecjalizowanych pomiarów i ich automatyzacji. Jednak większość z nich nie znalazła zastosowania w nauczaniu fizyki. O sukcesie decyduje przede wszystkim oprogramowanie. Obecnie duże zespoły profesjonalistów tworzą programy bardzo uniwersalne i proste w obsłudze. Przeciętny nauczyciel nie potrafi i nie ma czasu na pisanie programów, a szczególnie programów porównywalnych z tymi, które oferują profesjonaliści.

Warto zwrócić uwagę, że prace prowadzone w Polsce w ramach projektu MAPETT-TEMPUS pozwoliły nam w krótkim czasie osiągnąć w zakresie nauczania eksperymentu wspomaganego komputerem stan najbardziej zaawansowanych ośrodków w krajach zachodnich i wykorzystać te rozwiązania do tworzenia zupełnie nowych eksperymentów. Ponadto jedno z upowszechnionych przez nas rozwiązań – IP COACH z Holandii – okazało się jednym z najnowocześniejszych i najbardziej uniwersalnych; jest ono rozwiązaniem najtańszym i dostępnym w Polsce (rozprowadza je Fundacja UAM). Zwróćmy uwagę również na fakt, że do wykonania eksperymentów za pomocą mikrokomputera można wykorzystać większość przyrządów istniejących w szkołach a produkowanych od wielu lat w Polsce.

Dodać należy, że Polska uczestniczy w rozwijaniu tego rozwiązania, opracowano wiele nowych doświadczeń dla szkolnych i uniwersyteckich pracowni fizycznych, a także opracowano i wyprodukowano (Józefina i Zygmunt Turło z UMK w Toruniu) pierwszą serię detektorów promieniowania jonizującego – na zamówienie Holandii.

Henryk Szydłowski
Instytut Fizyki UAM
Poznań

RECENZJE

M. Pluta: **Mikrointerferometria w świetle spolaryzowanym**

Seria: Fizyka dla Przemysłu, WNT, Warszawa 1991, s. 346, cena zł. 22 000

Pomiary interferencyjne są jednymi z najbardziej dokładnych jakie są wymagane w mechanice precyzyjnej, w przemyśle optycznym i w mikroelektronice. Pozwalają one na pomiar grubości cienkich warstw, wyznaczenie ich współczynnika załamania, zależności dyspersyjnych oraz oceny mikrozmianności powierzchni mniejszych od 1 nm zarówno podłoża jak i cienkiej warstwy.

Mikrointerferencja birefrakcyjna (w świetle spolaryzowanym) jest częścią mikrointerferometrii, wykorzystującą dwójłomne elementy optyczne. Jej główną zaletą jest brak wrażliwości na zewnętrzne zakłócenia i uzyskiwanie stabilnych układów interferencyjnych nie poddających się samorozregulowaniu.

Prof. dr hab. M. Pluta jest dobrze znanym specjalistą z tej dziedziny. Jest autorem kilku monografii zarówno w języku polskim: *Mikroskopia fazowo-kontrastowa i interferencyjna* (PWN, Warszawa 1965), *Mikroskopia optyczna* (PWN, Warszawa 1982), oraz w języku angielskim: *Advanced light microscopy* (PWN, Warszawa 1988). Jest twórcą wdrożonego do produkcji seryjnej (PZO) mikroskopu interferencyjno-polaryzacyjnego Biolar PI, używanego w licznych laboratoriach naukowych i przemysłowych w świecie. Omawiana monografia Pluty przedstawia fizyczne podstawy mikrointerferencji polaryzacyjnej i wykorzystywanych w niej zestawów i układów optycznych.

Monografia składa się z pięciu rozdziałów. Dwa pierwsze mają charakter wstępu. Rozdział pierwszy zawiera omówienia podstawowych praw i najprostszych pojęć optyki. Rozdział drugi przedstawia podstawy fizyczne działania urządzeń wykorzystujących własności ośrodków anizotropowych jak: pół- i ćwierćfalówki, dwójłomne pryzmaty, kompensatory, zespoły dwuogniskowe i filtry polaryzacyjne.

Treść tych pierwszych rozdziałów przedstawia w sposób bardzo skondensowany szeroki wachlarz zagadnień i jest pod względem poziomu dostępna dla szerokiego kręgu potencjalnych czytelników. Te zamierzenia nie pozwoliły Autorowi na wyczerpujące i precyzyjne omówienie poszczególnych zagadnień. Dla absolwentów wydziałów fizycznych i wydziałów technicznych politechnik są to rzeczy znane, a dla potencjalnych użytkowników mikrointerferometrów birefrakcyjnych innych specjalności są zbyt skąpe. Tak czy inaczej zmuszeni oni będą do sięgnięcia po obszerniejsze i bardziej wyczerpujące opracowania.

Najbardziej cenne elementy monografii M. Pluty są zawarte w rozdziałach 3 i 4.

Rozdział 3 poświęcony budowie i opisowi działania różnych mikrointerferometrów birefrakcyjnych stanowi unikat w polskojęzycznej literaturze przedmiotu. Będzie on niezastąpioną pomocą dla potencjalnych użytkowników tego rodzaju mikrointerferometrów.

Rozdział 4 omawia wykorzystanie w mikrointerferometrii birefrakcyjnej światła mo-

nochromatycznego o zmiennej w sposób ciągły długości fal. Autor omawia tu kilka możliwych wariantów zastosowań tej metody i pokazuje jak może nastąpić pomiar przemieszczenia prążków interferencyjnych, niezbędnych w konwencjonalnej interferometrii, przez dokładny pomiar zmieniających się odległości międzyprążkowych.

W rozdziale 5 są przedstawione zastosowania mikrointerferometrów Biolar PI i Biolar PI dia+epi w urządzeniach kontrolujących procesy technologiczne w przemyśle (jak np. wytwarzanie włókien tekstylnych i światłowodów) lub też procesy obróbki powierzchni i montażu złożonych układów optycznych.

Treść monografii M. Pluty zawarta w rozdziale 3-5 stanowi cenne i wyczerpujące kompendium wiedzy dla potencjalnych użytkowników, stosujących metody mikrointerferencji birefrakcyjnej. Z tych też względów omawiana monografia jest bardzo cenną pozycją i powinna znaleźć się w podręcznych bibliotekach.

Jan Petykiewicz

Instytut Fizyki PW
Warszawa

LISTY DO REDAKCJI

Polski fizyk profesorem Collège de France

Gdyby prof. Bronisław Geremek nie był politykiem, niewiele prawdopodobnie osób w Polsce dowiedziałoby się, że ten wybitny mediewista został powołany do Collège de France na katedrę zarezerwowaną dla uczonych zagranicznych. Brak było natomiast jakichkolwiek względów pozanaukowych, które by spowodowały, by na łamy prasy trafiło nazwisko innego Polaka, który wcześniej zajmował tę katedrę, Aleksandra Zawadzkiego – znanego badacza promieni kosmicznych. Zacytuję w polskim przekładzie odnośny dokument:

Collège de France

17 stycznia 1972 r.

Administrator

Ja niżej podpisany, Administrator Collège de France, poświadczam, że Pan Aleksander Zawadzki, były profesor na Uniwersytecie Łódzkim, kierownik zakładu w Instytucie Badań Jądrowych, został zaproszony przez Collège de France na państwową katedrę przeznaczoną dla uczonych zagranicznych, na wykłady w Collège de France w ciągu roku akad. 1971/72 (zarządzenie ministerialne z 4 lutego 1971 r.).

Administrator Collège de France, Étienne Wolf,
członek Akademii Francuskiej i Akademii Nauk.

Collège de France jest szczególnego rodzaju wyższą uczelnią, założoną (pod inną nazwą) w Paryżu w 1529 r. przez Franciszka I. Liczy obecnie ok. 50 katedr, na które powołuje się największych specjalistów, niezależnie od tego, czy mają jakiś formalny tytuł lub stopień naukowy. Profesura w tej prestiżowej placówce uchodzi za najwyższy szczebel kariery naukowej we Francji. Istnieją tu również pracownie badawcze. Profesorowie zachowują całkowitą autonomię co do organizacji i zakresu badań i wykładów. Tematyka wykładów obejmuje głównie własne wyniki badawcze profesora i jego przemyślenia. Studia są bezpłatne i dostępne dla wszystkich. Uczelnia nie wydaje żadnych dyplomów. Jeden z profesorów pełni funkcję administratora (kierownika Collège de France). Podpisany w przytoczonym wyżej zaświadczeniu Étienne Wolf jest wybitnym embriologiem.

Józef Hurwic

Université de Provence
Marsylia

K R O N I K A

P T F

Zarząd Główny

Walne Zebranie PTF w dniu 22 września 1993 r. wybrało na kadencję 1993-95 prezesa w osobie Henryka Szymczaka oraz 10 członków Zarządu Głównego. Nowy Zarząd ukonstytuował się jak następuje: wiceprezesa – Stanisław K. Hoffmann i Jerzy Niewodniczański, sekretarz generalny – Ireneusz Strzałkowski, skarbnik – Lucjan Zemło, członkowie – Ewa Dobierzewska-Mozrzyńsk, Zofia Gołąb-Meyer, Stefan Pokorski, Edmund Śniadek, Andrzej Więckowski, Maria Zaborowska-Kuśmierk.

Oddział Częstochowski

Dnia 23 lutego 1993 r. odbyło się Walne Zebranie Oddziału Częstochowskiego. Podsumowano działalność ustępującego Zarządu i wybrano nowy Zarząd w składzie: przewodniczący – Zygmunt Bąk, zastępca przewodniczącego – Jerzy J. Wysłocki, sekretarz – Wanda Ciużyńska, skarbnik – Ewa Jakubczyk, członkowie – Bogdan Całusiński, Marian Głowacki i Bolesław Wysłocki.

W okresie sprawozdawczym odbyło się 8 posiedzeń naukowych, na których wygłaszali referaty członkowie Oddziału i zaproszeni goście, m.in. dr A.I. Otko z Uniwersytetu Lwowskiego.

W ramach działalności popularnonaukowej prowadzone były zajęcia dla młodzieży szkół średnich województwa częstochowskiego. Odbyły się 22 spotkania, na których wygłaszano odczyty, przeprowa-

dzano doświadczenia fizyczne oraz rozwiązywano zadania z fizyki. Ponadto, w 1992 r. rozpoczęto cykl spotkań z uczniami starszych klas szkół podstawowych (6 wykładów i pokazów z fizyki). Kontynuowano także organizowanie olimpiad fizycznych I i II stopnia dla uczniów szkół woj. częstochowskiego, kieleckiego i opolskiego. Prowadzono również szeroką współpracę ze środowiskiem nauczycieli fizyki szkół średnich i podstawowych. Kontynuowano bezpośrednią opiekę członków Oddziału nad młodzieżą Katolickiego Liceum Ogólnokształcącego.

Oddział Częstochowski liczy obecnie 57 członków.

Jerzy J. Wysłocki

Oddział Lubelski

Dnia 3 czerwca 1993 r. odbyło się Walne Zebranie Oddziału Lubelskiego PTF. Obradom przewodniczył dr Janusz M. Zinkiewicz. Podsumowano działalność Oddziału w okresie ostatnich dwóch lat. W tym czasie odbyło się 17 posiedzeń Oddziału, w tym 4 z udziałem gości zagranicznych i 6 z prelegentami spoza IF UMCS (średnia frekwencja na posiedzeniach – 25 osób). Zorganizowano XXXII i XXXIII Pokazy z Fizyki, które cieszą się niesłabnącą popularnością wśród uczniów szkół średnich i podstawowych regionu lubelskiego (pokazy obejrzało łącznie 15 tys. osób). Oddział był współorganizatorem międzynarodowego spotkania „Isotope Workshop” (patrz *PF* 43, 579 (1992)) oraz sesji naukowej z okazji 25. rocznicy śmierci prof. Armina Teskego. We współpracy z Kuratorium w Lublinie przeprowadzono Kon-

kurs Astronomiczno-Astronautyczny dla uczniów szkół średnich (org. prof. Stanisław Hałas i dr hab. Longin Gładyszewski). Komitet Olimpiad Fizycznych pod kierunkiem dra M. Sowy zorganizował kolejne eliminacje Olimpiady Fizycznej. W bieżącym roku w drugiej turze Olimpiady uczestniczyło 16 zawodników z naszego okręgu, z czego 11 zakwalifikowało się do finału.

Po zapoznaniu się ze sprawozdaniem z działalności Oddziału oraz ze sprawozdaniem Komisji Rewizyjnej zebrani, w wyniku jawnego głosowania, jednogłośnie udzielili absolutorium ustępującemu Zarządowi. Następnie wybrano nowy Zarząd na kadencję 1993-94. Przewodniczącym Oddziału został (ponownie) wybrany Stanisław Hałas, a członkami: L. Gładyszewski, E. Krupa, J. Siewiesiuk, E. Śpiewła i R. Taranko. Na korespondenta Oddziału wybrano T. Durakiewicza.

Oddział Lubelski liczy obecnie 103 członków, w tym jednego członka-emeryta. Wszyscy członkowie opłacili składkę za 1993 r. W tym roku Oddział poniósł bolesną stratę – dnia 29 czerwca 1993 r. zmarł nagle prof. Maksymilian Piłat. Wspomnienie o nim przesłaliśmy do redakcji *Postępów Fizyki*.

Tomasz Durakiewicz

Jak korzystać z umowy z Amerykańskim Towarzystwem Fizycznym

W maju 1992 r. została podpisana umowa między PTF a Amerykańskim Towarzystwem Fizycznym – APS (patrz Kronika 1/93). Na naszą prośbę Wydział Spraw Zagranicznych APS przysłał w lipcu 1993 r. do Zarządu Głównego PTF list, w którym wyjaśnia procedurę korzystania z tej umowy przez członków PTF:

1) członkowie PTF mogą zgłaszać prace na spotkania APS na tych samych zasadach co członkowie APS, oczywiście

z zachowaniem odpowiednich terminów i formy manuskryptu (jak to regularnie podają *APS News*);

2) członkowie PTF uiszczają opłatę konferencyjną na spotkaniach APS w takiej samej wysokości jak członkowie APS, wystarcza przy tym deklaracja słowna, że jest się członkiem PTF;

3) członkowie PTF mogą prenumerować czasopisma APS na takich samych zasadach jak członkowie towarzystw należących do Amerykańskiego Instytutu Fizyki (AIP). Członkowie PTF, którzy pragnęliby zaprenumerować któreś z tych czasopism (*Phys. Rev. A, Phys. Rev. B-1, Phys. Rev. B-15, Phys. Rev. C, Phys. Rev. D-1, Phys. Rev. D-15, Phys. Rev. E, Phys. Rev. Lett., Rev. Mod. Phys., Bull. APS, Phys. Rev. Abstracts, Phys. Rev. Index*) powinny zwrócić się do Zarządu swojego Oddziału PTF lub do Zarządu Głównego PTF o formularz, na którym składa się zamówienie. Obecnie ZG PTF ma formularze na okres 1 lipca 1993 – 30 czerwca 1994.

B. W.

EPS

Prezesem Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS) jest N. Kroó (Budapeszt). Do różnych komisji i zarządów oddziałów EPS wchodzą następujące osoby z Polski:

Komisja Ruchliwości (Europejski Schemat Ruchliwości Studentów Fizyki) – Izabela Sosnowska (Warszawa);

Oddział Fizyki Atomowej i Cząsteczkowej, Sekcja Spektroskopii Atomowej EGAS – Jerzy Dembczyński (Poznań), Sekcja Fizyki Cząsteczkowej – Włodzimierz Kołos (Warszawa), Sekcja Zderzeń Elektronowych i Atomowych – Lutosław Wolniewicz (Toruń);

Oddział Materii Skondensowanej, Sekcja Cieczy – Jerzy Janik (Kraków), Sekcja Magnetyzmu – Henryk Szymczak (Warszawa);

Oddział Fizyki Wysokich Energii i Cząstek – Andrzej Białas (Kraków);

Oddział Fizyki Jądrowej – Witold Nazarewicz (Warszawa);

Oddział Elektroniki Kwantowej i Optyki – Adam Kujawski (Warszawa);

Międzyoddziałowa Grupa Historii Fizyki – Ludwik Kostro (Gdańsk).

Do EPS należy obecnie ok. 4300 członków indywidualnych, 33 organizacje członkowskie (krajowe towarzystwa fizyczne), 15 towarzystw współpracujących i 78 członków stowarzyszonych (wspierających instytucji naukowych, zakładów przemysłowych, firm wydawniczych itp.).

Europejskie Towarzystwo Fizyczne istnieje już od 25 lat. Inicjatorem idei powstania stowarzyszenia fizyków europejskich był Gilberto Bernardini, który wystąpił z tym projektem na dorocznym zebraniu Włoskiego Towarzystwa Fizycznego w 1965 r. Uważał, że najistotniejszym aspektem takiego stowarzyszenia będzie obecność krajów wschodniej Europy i że EPS będzie rodzajem zaproszenia do zjednoczenia całej Europy. Bernardini znalazł wkrótce zrozumienie i poparcie wielu znanych fizyków europejskich.

Utworzony został Komitet Sterujący powstawaniem Towarzystwa i w grudniu 1967 r. liczył już 33 osoby (w tym 1 z Polski). We wrześniu 1968 r. odbyła się w Uniwersytecie Genewskim ceremonia założenia EPS, na której Bernardini powiedział m.in.: „Utworzenie EPS jest wyrazem determinacji uczonych jak najściślej współpracy dla dokonania wkładu we wzmocnienie jedności kulturalnej Europy. ... Często bardzo trudno jest przetworzyć ideę współpracy w coś rzeczywiście efektywnego a nie w utopię. Niezachwianie wie-

rzemy w istnienie kulturalnej i moralnej jedności tej części świata, którą nazywamy Europą, wierzymy mocno w to, nie jak w utopię lecz jak w realność, w którą Europejskie Towarzystwo Fizyczne będzie w stanie dać w następnych latach może marginalny lecz namacalny wkład.”

Europhys. News 24, nr 6 (1993)

B. W.

Nagroda EPS za fizykę wysokich energii

Nagrodę EPS przyznaną przez Oddział Fizyki Wysokich Energii i Cząstek otrzymał w 1993 r. Martinus J.G. Veltman (Univ. of Michigan, Ann Arbor, USA) za pionierskie prace nad rolą teorii Yanga-Millsa oddziaływań słabych.

Europhys. News 24, nr 5 (1993)

Medal Diraca

Medal Diraca za 1993 r. został przyznany przez Międzynarodowe Centrum Fizyki Teoretycznej w Triescie trzem fizykom. Otrzymali go: Daniel Freedman (MIT), Peter van Nieuwenhuizen (State Univ. of New York, Stony Brook) i Sergio Ferrara (Wydział Teorii CERN) za podanie w 1976 r. teorii supergravitacji i dalszy wkład do jej rozwoju.

Medale Diraca przyznawane są za wybitne osiągnięcia w fizyce teoretycznej, tym jednak osobom, które nie otrzymały jeszcze Nagrody Nobla ani Nagrody Wolfa.

Phys. World 6, nr 9 (1993)

B. W.

Nagroda Gentnera-Kastlera

Nagrodę Gentnera-Kastlera za r. 1993 otrzymał Till Kirsten (Inst. Maxa Plancka Fizyki Jądrowej, Heidelberg) w uznaniu zasług jakie położył w realizacji eksperymentu GALLEX w obserwatorium podziemnym pod Gran Sasso, umożliwiającym zmierzenie strumienia neutrin słonecznych.

Nagroda ta jest przyznawana przez Francuskie i Niemieckie Towarzystwa Fizyczne w jednym roku fizykowi niemieckiemu, a w drugim – francuskiemu.

Phys. Bl. 49, nr 7/8 (1993)

B. W.

Medal Maxa Plancka

Niemieckie Towarzystwo Fizyczne przyznało w 1993 r. swoje najwyższe wyróżnienie – Medal Maxa Plancka – Kurtowi Binderowi za wybitny wkład w rozwój metody Monte Carlo i jej zastosowań do problemów ciała stałego, a w szczególności zjawisk krytycznych, zarodkowania i dynamiki zlepków (klasterów), szkieł spinowych i polimerów.

Phys. World 6, nr 5 (1993)

B. W.

Nagroda dla Greenlera

Robert Greenler (Univ. of Wisconsin – Milwaukee) otrzymał od Amerykańskiego Towarzystwa Optycznego nagrodę za „rozwijanie wśród społeczeństwa zrozumienia i doceniania nauki przez wykłady, artykuły i pokazy optyczne”.

Przypomnijmy, że ciekawy artykuł Greenlera o tęczy w podczerwieni opublikowaliśmy w zesz. 1/2 tomu 41 (1990) *Postępów Fizyki*.

Phys. World 6, nr 9 (1993)

B. W.

Wolfendale będzie prezesem IOP

Arnold Wolfendale, profesor Uniwersytetu w Durham, Astronom Królewski (także laureat Medalu Smoluchowskiego 1992) został wybrany przez Zgromadzenie Ogólne brytyjskiego Instytutu Fizyki (IOP) prezesem na kadencję rozpoczynającą się w październiku 1994 r.

Phys. World 6, nr 9 (1993)

B. W.

Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta RP, otrzymali w dniach 27 kwietnia, 11 maja i 24 czerwca 1993 r.: Edward Chruściel (AGH, Kraków), Marek Godlewski (IF PAN, Warszawa), Mieczysław Jałochowski (UMCS, Lublin), Maciej Lewenstein (CFT PAN, Warszawa), Lidia Jadwiga Maksymowicz (AGH, Kraków), Teodor Siemiarczuk (IPJ, Świerk), Tadeusz Suski (CBW PAN, Warszawa), Wacław Świątkowski (UWr), Alojzy Wrzcionko (IFM PAN, Poznań).

Sprawy Nauki, nr 3 i 4 (1993)

Nagroda FNP

W 1992 r. została ustanowiona Nagroda Fundacji na rzecz Nauki Polskiej jako wyraz potrzeby wyróżniania i popierania takich dokonań polskich uczonych, które dorównują osiągnięciom nauki światowej i wnoszą zauważalny wkład w życie duchowe i postęp cywilizacji dzisiejszej Polski. Jest to coroczna, indywidualna nagroda pieniężna, przyznawana w następujących dziedzinach nauk: humanistycznych, przyrodniczych i medycznych, ścisłych, technicznych. Dla poszczególnych dziedzin powoływane są sądy konkursowe, których wnioski podlegają zatwierdzeniu przez Radę FNP.

Kandydatów do nagród zgłaszać mogą: towarzystwa naukowe o zasięgu krajowym, członkowie Komitetu Badań Naukowych pochodzący z wyboru, komitety naukowe PAN, jak również we własnym imieniu 10 samodzielnych pracowników naukowych. Termin składania zgłoszeń upływa 31 maja roku, w którym może być przyznana nagroda. W 1992 r. wysokość nagrody wynosiła 125 mln zł. Regulamin nagrody można otrzymać w biurze FNP, Wspólna 1/3, 00-529 Warszawa.

Stypendia FNP dla młodych

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej przyznaje roczne stypendia młodym pracownikom nauki, którzy nie przekroczyli 30 roku życia i mają udokumentowany dorobek naukowy. W 1993 r. wysokość stypendium wynosiła 60 mln zł. Kandydatów zgłaszać mogą: rektorzy szkół wyższych, dyrektorzy instytutów PAN, dyrektorzy instytutów resortowych. Termin składania zgłoszeń na 1995 r. upływa 30 czerwca 1994 r.

Europa poprze badania w ex-ZSRR

Wspólnota Europejska planuje wydać w tym roku 20 mln ECU na współpracę z naukowcami niezależnych krajów dawnego ZSRR. Jest to, co do wysokości, następna po fundacji Sorosa (patrz „Arka Noego” w Kronice 3/93) pomoc.

Idea przeznaczenia funduszy na ten cel, po raz pierwszy zaproponowana przez dyrektora generalnego CERN-u, Carla Rubbię, musiała dojrzeć prawie 2 lata! Popierali ją bardzo ministrowie badań naukowych Francji i RFN. Wreszcie została zaakceptowana przez Organizację Współpracy Ekonomicznej i Rozwoju (OECD). Pomoc finansowa będzie udzielana wspólnym przedsięwzięciom Wschód-Zachód. Już zatwierdzono ok. 1/3 zgłoszonych projektów na sumę 4 mln ECU. Dotychczas najwyższą dotację otrzymał projekt badań genetycznych prowadzonych wspólnie przez Instytut Badań Genu w Moskwie i Instytut Fibigera w Kopenhadze.

Rozruch fundacji jest bardzo powolny i rosyjski minister badań naukowych, Borys Sołtykow, powiedział: „myśleliśmy, że biurokracja radziecka jest największą na świecie, okazuje się, że biurokracja Wspólnoty

Europejskiej również może pokazać co potrafi.”

Nature 364, nr 6433 (1993)

B. W.

Międzynarodowe Centrum Teorii Jądra

Jak już pisaliśmy w Kronice 2/93, we Włoszech w Trento powstało Międzynarodowe Centrum Teorii Jądra. Pełna jego nazwa brzmi: European Centre for Theoretical Nuclear Physics and Related Areas. Oznacza to, że zamiarem jest współpraca również w innych dziedzinach, jak fizyka cząstek, astrofizyka czy fizyka ciała stałego. Dyrektorem Centrum został Ben Mottelson. Fundusze na początek działalności zapewniła prowincja Trento, natomiast o finansowanie długofalowe wystąpiono do Wspólnoty Europejskiej. Centrum ma tylko parosobowy stały personel i liczy na dłuższe wizyty profesorów korzystających z urlopów naukowych (tzw. sabbatical) oraz na krótkie pobyty (parę tygodni względnie parę miesięcy) młodych teoretyków z uniwersytetów i laboratoriów europejskich.

Na bieżący rok zaplanowano 3 spotkania robocze: „Struktura hadronów”, „Stany wysokospinowe i nowe deformacje jąder” oraz „Materia jądrowa”.

Phys. Bl. 49, nr 9 (1993)

B. W.

Liniak światowy?

Trzy wielkie laboratoria fizyki wysokich energii: DESY (Niemcy), KEK (Japonia) i SLAC (USA) przedstawiły Międzynarodowej Komisji Przyszłych Akceleratorów (ICFA) propozycje „Inter Laboratory Memorandum of Understanding” wszechświatowej współpracy nad zaprojektowaniem wielkiego zderzacza liniowego.

Podstawowe zasady tej współpracy byłyby następujące: prace badawcze i rozwojowe związane z projektem urządzenia byłyby koordynowane w obrębie całego świata, przy czym wybór przyszłej lokalizacji liniaka nie powinien mieć wpływu na prowadzenie tych prac; współpraca byłaby otwarta dla każdej instytucji, która chciałaby wnieść swój wkład w rozwój zderzaczy liniowych; przyszłe urządzenie byłoby budowane przez współpracę międzynarodową.

ICFA przyjęła z zadowoleniem inicjatywę tych trzech laboratoriów i wyraziła opinię, że wielki zderzacz liniowy powinien przyspieszać elektrony i pozytony do energii w środku masy 300–500 GeV i mieć świetlność ok. $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Jego budowa powinna być finansowana międzynarodowo (wobec trudności z finansowaniem budowy SSC w Stanach Zjednoczonych i LHC w CERN-ie trudno sobie wyobrazić, że finansowanie nowego olbrzymiego urządzenia mógłby ponosić tylko jeden kraj czy nawet jeden region świata).

Phys. Bl. 49, nr 7/8 (1993)

B. W.

Ku bezpiecznemu napromieniowaniu nowotworów

Zniszczenie nowotworu drogą napromieniowania wymaga kompromisu między zastosowaniem dostatecznej dawki niszczącej chory obszar a nieuniknionymi szkodami wywołanymi w zdrowej tkance znajdującej się między źródłem promieniowania a nowotworem. Ostatnio grupa fizyków z Sandia National Laboratories (New Mexico, USA) podjęła próbę wprowadzania źródła protonów do samego nowotworu. Pustą w środku cienką igłę, zakończoną tarczą z TiD_2 wprowadzono do nowotworu i przepuszczono przez nią wiązkę jonów ^3He o energii 800 keV. W reakcji z deuterem powstają protony o energii 13.6 MeV, które w tkance nowotworowej mają za-

się ok. 2.2 mm. Przy dokładnym ustaleniu położenia nowotworu (zapewne metodami tomograficznymi) można niszczyć w ten sposób chorą tkankę nie uszkadzając zdrowej. Dobierając odpowiednio materiał tarczy można uzyskiwać właściwe reakcje jądrowe, a zatem odpowiedni do wielkości nowotworu zasięg cząstek. Fizycy z Sandii spodziewają się, że w ciągu dwóch lat na tyle dobrze opracują tę metodę aby mogła być stosowana klinicznie.

Phys. Bl. 49, nr 9 (1993)

B. W.

Kobiety łączcie się!

W marcu 1993 r. powstało europejskie stowarzyszenie kobiet pracujących w naukach ścisłych i humanistycznych (European Women in Science and Humanities – EWISH). Wzorowane jest na działającym już prawie od 20 lat amerykańskim stowarzyszeniu kobiet pracujących w nauce (Association for Women in Science).

Celem EWISH jest zbudowanie oficjalnej sieci kobiet-naukowców, co ułatwiłoby tworzenie warunków do lepszego przebiegu ich kariery zawodowej. Prezesem EWISH została Emilie Jaeger, która jest mineralogiem i profesorem emerytowanym uniwersytetu w Bernie. Można się z nią kontaktować przez fax: 41-31-829-3409.

Science 260, nr 5111 (1993)

B. W.

Siła wiatru

Indie niedługo staną się, być może, drugim po Stanach Zjednoczonych producentem mocy elektrycznej czerpanej z wiatru. Indyjskie Ministerstwo Niekonwencjonalnych Źródeł Energii zamierza osiągnąć do 1997 r. wytwarzanie 2000 MW ze źródeł niekonwencjonalnych, z tego 500 MW z energii wiatru. Obecnie w Indiach czerpie się 150 MW z tych źródeł.

Istnieje pewne zainteresowanie inwe-

storów zagranicznych tego typu energetyką w Indiach, m.in. Bank Światowy udzielił na bardzo dogodnych warunkach pożyczkę 115 mln USD, a duńska Agencja Rozwoju Międzynarodowego przyznała subwencję 50 mln USD specjalnie na wykorzystanie energii wiatru; również Szwajcarski Związek Rozwoju przyznał subwencję 4 mln USD. Według ministra Niekonwencjonalnych Źródeł Energii ten przemysł przechodzi teraz w Indiach od całkowicie finansowanego przez państwo do przedsięwzięć rynkowych.

Phys. World 6, nr 8 (1993)

Polykarp Kusch **(1911 – 1993)**

Dnia 20 marca 1993 r. zmarł Polykarp Kusch, fizyk amerykański pochodzenia niemieckiego. Był profesorem Uniwersytetu Columbia w Nowym Jorku. W 1955 r. otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki za wyznaczenie momentu magnetycznego elektronu.

Kusch był świetnym dydaktykiem i został przez swoich studentów uhonorowany nagrodą „wielkiego nauczyciela”.

B. W. CERN Courier 33, nr 4 (1993)

B. W.

KALENDARZ IMPREZ

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

1994

14 – 25 lutego 1994, Karpacz

Quantum Groups; Theory and Applications. 30 Zimowa Szkoła Fizyki Teoretycznej

Inst. Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego, prof. J. Lukierski, IFT UW_r, pl. Maxa Born'a 9, 50-204 Wrocław, tel: (71)201408, (71)222363, fax: (71)201467, (71)402800, adr.el.: lukier@plwruw11.bitnet
Z: 31.12.93, P, U: ok. 100, ang.

10 – 14 maja 1994, Warszawa

4th Int. Symposium on Systems with Fast Ionic Transport

Inst. Fizyki Politechniki Warszawskiej, prof. W. Jakubowski, IF PW, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel: 499831, tlx: 813307 pw.

16 – 20 maja 1994, Warszawa

Interferometry '94

SPIE – Polish Chapter i Politechnika Warszawska, dr hab. Małgorzata Kujawińska, Inst. Konstrukcji Przyrządów Precyzyjnych i Optycznych PW, Chodkiewicza 8, 02-525 Warszawa, fax: 292962 lub 490392
A: 15.11.93, ang.

18 – 26 maja 1994, Ustroń-Jaszowiec

Int. School and Symposium on Synchrotron Radiation in Natural Science – ISSRNS '94

Polskie Towarzystwo Promieniowania Synchrotronowego, dr K. Ławniczak-Jabłońska, Inst. Fizyki PAN, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel: 437001, fax: 430926, adr.el.: jablo@ifpan.edu.pl
P, U: 120, ang.

5 – 8 lipca 1994, Wrocław

11th Int. Conf. Solid Compounds of Transition Elements

Inst. Niskich Temp. i Badań Strukturalnych PAN, prof. W. Suski, INTiBS PAN, skr. poczt. 937, 50-950 Wrocław.

22 - 26 sierpnia 1994, Poznań

Int. Conf. on Magnetism, ICM '94

Inst. Fizyki Molekularnej PAN, prof. J. Morkowski, IFM PAN, Smoluchowskiego 17/19, 60-179 Poznań.

24 - 31 sierpnia 1994, Poznań

Symmetry and Structural Props. of Condensed Matter, Int. Summer School on Theor. Phys. (SSPCM '94)

W. Florek, Matejki 48/49, 60-769 Poznań, adr.el.: sspcm@plpuam11.bitnet
Z:1.6.94, A:15.4.94, P, ang.

19 - 23 września 1994, Kraków

2nd European Fluid Mechanics Conf.

IPPT PAN, prof. H. Zorski, Świętokrzyska 21, 00-049 Warszawa.

NOWE KSIĄŻKI

- R. Teisseyre, J. Leliwa-Kopystyński, B. Lang (red.), *Evolution of the Earth and Other Planetary Bodies*, PWN, Warszawa i Elsevier, Amsterdam 1992, s. 600.
- R. Teisseyre, L. Czechowski, J. Leliwa-Kopystyński (red.), *Dynamics of the Earth's Evolution*, PWN, Warszawa i Elsevier, Amsterdam 1993, s. 480.
- J.B. Brojan, *Repetitorium z fizyki, mechanika i termodynamika*, WNT, Warszawa 1993, s. 208.
- Ju.A. Krawcow, Ju.I. Orłow, *Optyka geometryczna ośrodków niejednorodnych*, z jęz. ros. przełożył i napisał rozdział czwarty Zygmunt J. Zawistowski, WNT, Warszawa 1993, s. 439.
- Roman Dragon, *Laureaci Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki*, informator biograficzny, wyd. II poprawione i rozszerzone (skrypt), WSI, Opole 1993, s. 145.

SPIS TREŚCI

Zeszyt 1

J. Dąbrowski – Dziwność w jądrach	3
R. Mills – Pola cechowania (tłum. Z. Ajduk)	23
RÓŻNE	
A. Hrynkiewicz – Badania naukowe podstawowe i stosowane	63
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
J.M. Stepaniak – Wspomnienie o Przemysławie Zielińskim	71
ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH	
A. Hennel – Międzywydziałowe Indywidualne Studia Matematyczno-Przyrodnicze w Uniwersytecie Warszawskim	79
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	
J.A. Zakrzewski – Konferencja na temat dziwności w jądrach	83
R. Iwanowski – Międzynarodowa Szkoła i Sympozjum nt. Wykorzystania Promieniowania Synchronotronowego w Naukach Przyrodniczych	85
RECENZJE	
M. Toda, R. Kubo, N. Saito: Fizyka statystyczna I oraz R. Kubo, M. Toda, N. Hashitsume: Fizyka statystyczna II (rec. J. Piasecki)	89
KRONIKA	93

Zeszyt 2

J. Baranowski – O historii najbardziej kontrowersyjnego defektu w półprzewodnikach	107
P.-G. de Gennes – Miękka materia (tłum. R. Hołyst)	121
RÓŻNE	
Granty KBN z fizyki – I konkurs	131
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
A.K. Wróblewski – Fizyka wysokich energii w Polsce: pierwsze 50 lat	153
NOWOŚCI NAUKOWE	
Czy uda się wytworzyć antywodór? (oprac. M. Łukaszewski)	201

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

Z. Ajduk, S. Pokorski – XV Międzynarodowa Warszawska Konferencja Fizyki Cząstek Elementarnych w Kazimierzu	205
D. Lipiński – II Międzynarodowa Szkoła Fizyki Teoretycznej „Symetria i Wła- sności Strukturalne Materii Skondensowanej	207
R. Broda – Fizyka jądrowa znowu w Zakopanem	208

RECENZJE

K. Ernst: Fizyka sportu (rec. J. Tołwiński)	213
---	-----

KRONIKA	215
---------------	-----

Zeszyt 3

A. Sobiczewski – Własności i synteza najcięższych jąder	235
H. Walther – Doświadczenia z pojedynczymi atomami i sprawdzenie podstaw fizyki kwantowej (tłum. A. Kopystyńska)	259

RÓŻNE

W. Maciejewski – Gloria i inne efekty rozszczepienia światła słonecznego w atmosferze ziemskiej	287
--	-----

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

B. Jancewicz – Drugie Sympozjum Maksa Borna	317
---	-----

RECENZJE

A. Januszajtis: Fizyka dla politechnik, t. 3, Fale (rec. B. Słowiński)	319
--	-----

LISTY DO REDAKCJI

J. Miodek – Spór o dopełniacz rzeczownika kwark	321
---	-----

KRONIKA	323
---------------	-----

Zeszyt 4

K.I. Wysokiński – Fullereny	339
H. Haken – Układy otwarte — niezwykły świat stanów nierównowagi (tłum. J. Hołyst, A. Kujawski)	365

RÓŻNE

K. Banaszek – Prosta metoda rozwiązywania jednowymiarowego równania Schrödingera	381
---	-----

WSPOMNIENIA – ROCZNICE

J.A. Zakrzewski – Hiperjądra: czterdzieści lat później	399
--	-----

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

- J. Turło – Układy odniesienia od Kopernika do Einsteina: Międzynarodowa Konferencja GIREP-u (Toruń 1991) oraz Ogólnopolska Konferencja Przedmiotowo-Metodyczna (Toruń 1992) 411

RECENZJE

- Informacja obrazowa, praca zbiorowa, koordynator: M. Ostrowski (rec. H.L. Oczkowski) 415

LISTY DO REDAKCJI

- J. Czerniawski – Jak odczytać szczególnej teorii względności? 421
A. Szymacha – Odpowiedź na list dra Czerniawskiego 422

- KRONIKA 423

Zeszyt 5

- A. Hrynkiewicz – Promieniotwórczość naturalna w środowisku 439
B.W. Petley – Podstawowe stałe fizyki i spektroskopii (tłum. B. Wojtowicz, M. Łukaszewski) 463

RÓŻNE

- A. Krasieński – Sprawa Galileusza 487
M. Heller – W sprawie „sprawy Galileusza” 507

WSPOMNIENIA – ROCZNICE

- J. Bartke – Wspomnienie o Profesorze Marianie Mięśowiczu (1907–1992) ... 515

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

- W. Dobrowolski, E. Grodzicka – Niemiecko-Polskie Sympozjum Fizyki Półprzewodników Półmagnetycznych 523

RECENZJE

- A. Dubik: Zastosowanie laserów (rec. M. Kolwas) 527

- KRONIKA 529

Zeszyt 6

- K. Siwek-Wilczyńska, J. Wilczyński – Mechanizmy reakcji w zderzeniach jądro-jądro przy niskich i średnich energiach 543
F. Wilczek – Każdy dla każdego (tłum. T. Dietl) 565

RÓŻNE

- E. Kuczyńska, B. Rykaczewska-Wiorogórska – Elektroniczne biblioteki i bazy informacyjne z dziedziny nauk fizycznych 579
D. Kleppner – Lekcja pokory (tłum. P. Sobkowicz) 593

WSPOMNIENIA – ROCZNICE

- A. Woszczyk – Jan Hendrik Oort – wielki astronom XX w. 599

ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH

- W. Gorzkowski – II Ogólnopolski Konkurs Uczniowskich Prac Naukowych
z Fizyki 611
- T. Dietl – Szkoła Nauk Ścisłych – niepaństwowa wyższa uczelnia 617

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

- H. Szydłowski – Laboratoria mikrokomputerowe w nauczaniu – Seminarium
NATO w Amsterdamie 623

RECENZJE

- M. Pluta: Mikrointerferometria w świetle spolaryzowanym (rec. J. Pety-
kiewicz) 627

LISTY DO REDAKCJI

- J. Hurwic – Polski fizyk profesorem Collège de France 629

KRONIKA 631

ROZNY SPIS TREŚCI 641

SPIS TREŚCI WEDŁUG AUTORÓW

- Z. Ajduk, S. Pokorski – XV Międzynarodowa Warszawska Konferencja Fizyki
Cząstek Elementarnych w Kazimierzu 2, 205
- K. Banaszek – Prosta metoda rozwiązywania jednowymiarowego równania
Schrödingera 4, 381
- J. Baranowski – O historii najbardziej kontrowersyjnego defektu w półprzewo-
dnikach 2, 107
- J. Bartke – Wspomnienie o Profesorze Marianie Mięśowiczu (1907–1992) 5, 515
- R. Broda – Fizyka jądrowa znowu w Zakopanem 2, 208
- J. Czerniawski – Jak odczytać szczególnej teorii względności? 4, 421
- J. Dąbrowski – Dziwność w jądrach 1, 3
- T. Dietl – Szkoła Nauk Ścisłych – niepaństwowa wyższa uczelnia 6, 617
- W. Dobrowolski, E. Grodzicka – Niemiecko-Polskie Sympozjum Fizyki Półprze-
wodników Półmagnetycznych 5, 523
- P.-G. de Gennes – Miękką materia 2, 121
- W. Gorzkowski – II Ogólnopolski Konkurs Uczniowskich Prac Naukowych
z Fizyki 6, 611
- E. Grodzicka – patrz W. Dobrowolski, E. Grodzicka 5, 523
- H. Haken – Układy otwarte — niezwykle świat stanów nierównowagi 4, 365
- M. Heller – W sprawie „sprawy Galileusza” 5, 507

A. Hennel – Międzywydziałowe Indywidualne Studia Matematyczno-Przyrodnicze w Uniwersytecie Warszawskim	1, 79
A. Hryniewicz – Badania naukowe podstawowe i stosowane	1, 63
A. Hryniewicz – Promieniotwórczość naturalna w środowisku	5, 439
J. Hurwic – Polski fizyk profesorem Collège de France	6, 629
R. Iwanowski – Międzynarodowa Szkoła i Sympozjum nt. Wykorzystania Promieniowania Synchronotronowego w Naukach Przyrodniczych	1, 85
B. Jancewicz – Drugie Sympozjum Maksa Borna	3, 317
D. Kleppner – Lekcja pokory	6, 593
A. Krasieński – Sprawa Galileusza	5, 487
E. Kuczyńska, B. Rykaczewska-Wiorogórska – Elektroniczne biblioteki i bazy informacyjne z dziedziny nauk fizycznych	6, 579
D. Lipiński – II Międzynarodowa Szkoła Fizyki Teoretycznej „Symetria i Własności Strukturalne Materii Skondensowanej	2, 207
M. Łukaszewski (oprac.) – Czy uda się wytworzyć antywodor?	2, 201
W. Maciejewski – Gloria i inne efekty rozszczepienia światła słonecznego w atmosferze ziemskiej	3, 287
R. Mills – Pola cechowania	1, 23
J. Miodek – Spór o dopełniacz rzeczownika kwark	3, 321
B.W. Petley – Podstawowe stałe fizyki i spektroskopii	5, 463
S. Pokorski – patrz Z. Ajduk, S. Pokorski	2, 205
B. Rykaczewska-Wiorogórska – patrz E. Kuczyńska, B. Rykaczewska-Wiorogórska	6, 579
K. Siwek-Wilczyńska, J. Wilczyński – Mechanizmy reakcji w zderzeniach jądro-jądro przy niskich i średnich energiach	6, 543
A. Sobiczewski – Własności i synteza najcięższych jąder	3, 235
J.M. Stepaniak – Wspomnienie o Przemysławie Zielińskim	1, 71
H. Szydłowski – Laboratoria mikrokomputerowe w nauczaniu – Seminarium NATO w Amsterdamie	6, 623
A. Szymacha – Odpowiedź na list dra Czerniawskiego	4, 422
J. Turło – Układy odniesienia od Kopernika do Einsteina: Międzynarodowa Konferencja GIREP-u (Toruń 1991) oraz Ogólnopolska Konferencja Przedmiotowo-Metodyczna (Toruń 1992)	4, 411
H. Walther – Doświadczenia z pojedynczymi atomami i sprawdzenie podstaw fizyki kwantowej	3, 259
F. Wilczek – Każdy dla każdego	6, 565
J. Wilczyński – patrz K. Siwek-Wilczyńska, J. Wilczyński	6, 543
A. Woszczyk – Jan Hendrik Oort – wielki astronom XX w.	6, 599
A.K. Wróblewski – Fizyka wysokich energii w Polsce: pierwsze 50 lat	2, 153
K.I. Wysokiński – Fullereny	4, 339
J.A. Zakrzewski – Hiperjądra: czterdzieści lat później	4, 399
J.A. Zakrzewski – Konferencja na temat dziwności w jądrach	1, 83

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 przeglądowny 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) *Postępy Fizyki* są obecnie składane komputerowo. Aby skrócić cykl wydawniczy proponujemy Autorom przygotowującym swe artykuły na komputerach nadsyłać, **wraz z maszynopisami**, tekstów artykułów pocztą elektroniczną (nasz adres: postepy@fuw.edu.pl) lub na dyskietkach. Możemy przyjmować dyskietki 5.25" i 3.5", o dowolnej gęstości zapisu, w standardzie IBM lub Mac. Redakcja gwarantuje zwrot dyskietek natychmiast po skopiowaniu zapisów.
 - Osoby korzystające z $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -a mogą nadsyłać gotowe składy (zapisane krojem podstawowym, bez wyróżnień strony tytułowej itp.), najlepiej w formacie Plain z polskimi literami kodowanymi zgodnie z systemem MeX.
 - Teksty z ChiWritera (z podaniem klucza stosowanego dla polskich liter) możemy przyjmować w wersji oryginalnej.
 - Przy innych edytorach prosimy o przygotowanie niesformatowanego pliku ASCII i listy kodów, pod którymi ukryte są znaki polskiego alfabetu.
- 3) Maszynopisy pracy (**oryginał i jedną pełną – z rysunkami, tablicami itd. – kopię**) należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. W liście towarzyszącym prosimy podać dokładny adres (również komputerowy) do dalszej korespondencji.
- 4) 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.
- 5) Rysunki należy wykonać starannie na oddzielnych arkuszach w rozmiarze 2 do 4 razy większym niż mają być w druku. Napisy, ograniczone do minimum, winny być czytelne i tylko w języku polskim. Na odwrocie rysunku należy podać jego numer, nazwisko autora i pierwsze wyrazy tytułu pracy. Podpisy do rysunków, tablice (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.
- 6) Układ strony tytułowej, tekstu, odnośników literaturowych itd. powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły np. w tym numerze).
- 7) Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej, którą należy zwrócić w ciągu 3 dni pod adresem Redakcji. Przetrzymanie korekty może spowodować przesunięcie artykułu do następnego zeszytu.
- 8) Autor otrzymuje bezpłatnie 25 egz. odbitek pracy.
- 9) Maszynopisów prac nie zamówionych i nie zakwalifikowanych do druku Redakcja nie zwraca.

Dla wpłat na rachunki w innych bankach

Pokwitowanie dla wpłacającego

zł 120.000,-

Słownie złotych sto dwadzieścia

tysięcy

wplacający

Dokładny adres

na r-k Polskie Towarzystwo
Fizyczne - Zarząd Główny
ul. Hoża 69, Warszawa

nazwa banku Bank Gdański IV O/W-wa

Nr r-ku 300009-6695-132

stempel

podpis przyjmującego

Pobrano opłatę

zł

Odcinek dla posiadacza rachunku

zł 120.000,-

Słownie złotych sto dwadzieścia

tysięcy

wplacający

Dokładny adres

na r-k Polskie Towarzystwo
Fizyczne - Zarząd Główny
ul. Hoża 69, Warszawa

nazwa banku Bank Gdański IV O/W-wa

Nr r-ku 300009-6695-132

stempel

podpis przyjmującego

Pobrano opłatę

zł

Odcinek dla banku

zł 120.000,-

Słownie złotych sto dwadzieścia

tysięcy

wplacający

Dokładny adres

na r-k Polskie Towarzystwo
Fizyczne - Zarząd Główny
ul. Hoża 69, Warszawa

nazwa banku Bank Gdański IV O/W-wa

Nr r-ku 300009-6695-132

stempel

podpis przyjmującego

Pobrano opłatę

zł

Wpłaty na rachunki oszczędnościowo - rozliczeniowe - konta osobiste wolne są od opłat

Na wszystkich częściach blankietu należy
wpisać czytelnie atramentem, długopisem
lub piśmem maszynowym jednakowo kwotę
cyframi, imię i nazwisko wpłacającego,
jego adres, siedzibę oddziału banku w któ-
rym prowadzony jest rachunek oraz numer
i nazwę tego rachunku.

Symbol planu
kasowego

Zam. 938/S WA-Gk zam. 29.03.90 DIA-90-109-90
5-31-1020/I W&P Malbork

Rodzaj zobowiązania:

Prenumerata Postępów Fizyki

na rok 1994

Symbol planu
kasowego

Bank nie odpowiada za treść korespon-
dencji pochodzącej od osób trzecich.

Za skutki wynikłe z mylnego wypełnienia
blankietu ponosi odpowiedzialność wyłącz-
nie wpłacający.

POSTĘPY FIZYKI

(dwumiesięcznik)

WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1994 r. wynosi 60 000 zł za pół roku, 120 000 zł za rok. Wpłaty na prenumeratę przyjmują:

- 1) Jednostki kolportażowe „Ruch” właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. „Ruch” przyjmuje prenumeratę na okresy półroczne, w terminach: do 20 stycznia – na I półrocze, do 20 maja – na II półrocze. Dostawa zamówionej prasy następuje przez jednostki kolportażowe „Ruch” w sposób uzgodniony z zamawiającym.
- 2) Zarząd Główny PTF (wydawca *Postępów Fizyki*). Prenumeratę można opłacić drogą wpłaty na konto ZG PTF, 300009–6695–132, Bank Gdański IV O/Warszawa, lub bezpośrednio w Biurze Zarządu Głównego PTF. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową na wskazany adres.

PRENUMERATA DLA CZŁONKÓW PTF

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

PRENUMERATA ZAGRANICZNA

Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej. Wpłaty przyjmuje Zakład Kolportażu Prasy i Wydawnictw, 00-958 Warszawa, konto: PBK, XIII Oddział Warszawa, nr 370044–1195–139–11. Prenumerata jest przyjmowana na okresy półroczne, w terminach: do 20 stycznia – na I półrocze, do 20 maja – na II półrocze. Dostawa zamówionej prasy następuje pocztą zwykłą na wskazany adres. W przypadku zlecenia dostawy za granicę pocztą lotniczą, koszt przesyłki lotniczej w pełni pokrywa prenumerator.

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributor or directly to the Zakład Kolportażu Prasy i Wydawnictw, 00-958 Warszawa, Poland. Our banker: Państwowy Bank Kredytowy, XIII Oddział Warszawa, Poland, account no. 370044–1195–139–11.

SPIS TREŚCI

K. Siwek-Wilczyńska, J. Wilczyński – Mechanizmy reakcji w zderzeniach jądro-jądro przy niskich i średnich energiach	543
F. Wilczek – Każdy dla każdego	565
RÓŻNE	
E. Kuczyńska, B. Rykaczewska-Wiorogórska – Elektroniczne biblioteki i bazy informacyjne z dziedziny nauk fizycznych	579
D. Kleppner – Lekcja pokory	593
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
A. Woszczyk – Jan Hendrik Oort – wielki astronom XX w.	599
ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH	
W. Gorzkowski – II Ogólnopolski Konkurs Uczniowskich Prac Naukowych z Fizyki	611
T. Dietl – Szkoła Nauk Ścisłych – niepaństwowa wyższa uczelnia	617
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	623
RECENZJE	627
LISTY DO REDAKCJI	629
KRONIKA	631
ROZNY SPIS TREŚCI	641

CONTENTS

K. Siwek-Wilczyńska, J. Wilczyński – Reaction mechanisms in nucleus-nucleus collisions at low and intermediate energies	543
F. Wilczek – Anyone for anyone	565
MISCELLANEA	
E. Kuczyńska, B. Rykaczewska-Wiorogórska – Library databases and electronic bulletin boards for physicists	579
D. Kleppner – A lesson in humility	593
RECOLLECTIONS – ANNIVERSARIES	
A. Woszczyk – Jan Hendrik Oort – the great astronomer of the 20th century	599
PROBLEMS OF TEACHING PHYSICS IN ACADEMIC SCHOOLS	
W. Gorzkowski – Second National Competition in Research Projects in Physics for Secondary School Students	611
T. Dietl – College of Science – a nonpublic college	617
MEETINGS AND CONFERENCES	623
REVIEWS	627
LETTERS TO THE EDITOR	629
CHRONICLE	631
ANNUAL TABLE OF CONTENTS	641