
PTF

POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK
POŚWIĘCONY
UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY
FIZYCZNEJ

TOM 30
ZESZYT 4
1979

ZARZĄD

Prezes

Prof. dr ZDZISŁAW WILHELMI

Wiceprezes

Prof. dr ANDRZEJ HRYNKIEWICZ

Sekretarz Generalny

Doc. dr PIOTR DECOWSKI

Skarbnik

Doc. dr ADAM KUJAWSKI

Członkowie Zarządu

Prof. dr AUGUST CHEŁKOWSKI

Prof. dr JERZY CZERWONKO

Prof. dr JAN STANKOWSKI

Prof. dr JANUSZ ZAKRZEWSKI

oraz redaktorzy naczelni czasopism PTF

Prof. dr ADAM SOBICZEWSKI — „Postępy Fizyki”

Prof. dr WIESŁAW CZYŻ — „Acta Physica Polonica”

Doc. dr MICHAŁ ŚWIĘCKI — „Delta”

Prof. dr ROMAN INGARDEN — „Reports on Mathematical Physics”

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW TOWARZYSTWA

Prof. dr hab. EUDOKIA OSTASZEWICZ (Białystok)

Doc. dr MIKOŁAJ ROZWADOWSKI (Bydgoszcz)

Doc. dr STEFAN SZYMURA (Częstochowa)

Doc. dr BRONISŁAW JACHYM (Gdańsk)

Dr ANDRZEJ SYCZ (Gliwice)

Dr JÓZEF KUŹMIŃSKI (Katowice)

Doc. dr hab. WITOLD PRECHT (Koszalin)

Doc. dr KAROL KROP (Kraków)

Doc. dr MAKSYMILIAN PIŁAT (Lublin)

Doc. dr JERZY JATCZAK (Łódź)

Prof. dr hab. APOLONIA WRZESIŃSKA (Opole)

Doc. dr hab. JERZY PIETRZAK (Poznań)

Doc. dr hab. ALEKSANDER SZYMAŃSKI (Rzeszów)

Doc. dr TADEUSZ REWAJ (Szczecin)

Prof. dr hab. STANISŁAW ŁĘGOWSKI (Toruń)

Prof. dr MACIEJ SUFFCZYŃSKI (Warszawa)

Prof. dr hab. KAZIMIERZ WOJCIECHOWSKI (Wrocław)

ADRES ZARZĄDU

00-681 WARSZAWA, ul. Hoża 69

P O L S K I E T O W A R Z Y S T W O F I Z Y C Z N E

POSTĘPY FIZYKI

DWUMIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY UPOWSZECHNIANIU
WIEDZY FIZYCZNEJ

TOM 30, ZESZYT 4

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
1979

RADA REDAKCYJNA

Władysław Kapuściński, Ludwik Natanson,
Leonard Sosnowski, czł. rzecz. PAN, Przemysław Zieliński

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny — Adam Sobiczewski
Członkowie Redakcji — Barbara Wojtowicz, Wojciech Rozmus, Marek Szczekowski

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

Korespondenci Oddziałów PTF

mgr *Irena Lasocka* (Białystok)
dr *Wojciech Lenkow* (Częstochowa)
dr *Stanisław Zachara* (Gdańsk)
doc. dr hab. *Józef Szpilecki* (Gliwice)
dr *Janusz Frąckowiak* (Katowice)
dr *Anna Kapuścik* (Kraków)
mgr *Józef Pomorski* (Lublin)
prof. dr hab. *Leszek Wojtczak* (Łódź)
doc. dr *Mieczysław Piróg* (Opole)
doc. dr hab. *Andrzej Graja* (Poznań)
mgr *Alina Lakner-Małowicz* (Szczecin)
dr *Hanna Męczyńska* (Toruń)
doc. dr hab. *Aniela Wolska* (Warszawa)
dr *Bernard Jancewicz* (Wrocław)

Państwowe Wydawnictwo Naukowe — Oddział w Krakowie, ul. Smoleńsk 14

Nakład 3005 + 115 egz. Ark. wyd. 8,75. Ark. druk. 6²/₁₆ + 9 wkl. Papier druk. sat.
kl. III. 70 × 100, 80 g. Oddano do składania w kwietniu 1979. Podpisano do druku
w sierpniu 1979. Druk ukończono w sierpniu 1979. Zam. 328/79. Cena 15.—

Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, Manifestu Lipcowego 13

Wojciech Królikowski

Institut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytet Warszawski
Warszawa

Siły w chromodynamice kwantowej

Forces in Quantum Chromodynamics

Abstract: Foundations of quantum chromodynamics are reviewed with special emphasis put on the nature and properties of chromodynamical forces.

1. Wstęp i charakterystyka ogólna

W teorii cząstek elementarnych jesteśmy obecnie świadkami ważnego wydarzenia znanego już dość szeroko pod nazwą *chromodynamiki kwantowej*. Jest to pewna poważna próba sformułowania ściślejszej teorii silnych oddziaływań pomiędzy hadronami traktowanymi jako stany związane *kwarków* z pewną domieszką *gluonów*. Cechą charakterystyczną tej teorii jest przypisanie kwarkom i gluonom nowego rodzaju ładunku zwanego umownie *kolorem (colour)*, który byłby źródłem wektorowego pola gluonowego przenoszącego oddziaływanie między kwarkami i gluonami. Analogia z dobrze znanym wzorem elektrodynamiki kwantowej jest oczywista: kolor jest odpowiednikiem ładunku elektrycznego, a pole gluonowe — pola fotonowego (czyli elektromagnetycznego). Natychmiast dostrzegamy jednakże i różnicę: obok kwarków również gluony niosą kolor, a więc oddziałują bezpośrednio z polem gluonowym, podczas gdy fotony nie posiadają ładunku elektrycznego, a zatem nie sprzęgają się bezpośrednio z polem fotonowym.

Okazuje się, że jest to istotna różnica, która od razu wyjaśnia sporo charakterystycznych cech fenomenologii silnych oddziaływań zwłaszcza przy wysokich energiach i dużych przekazach pędu. Mam na myśli przede wszystkim występowanie w doświadczeniach nad głęboko nieelastycznymi zderzeniami *przybliżonego skalowania Bjorkena*, które interpretujemy jako wyraz tzw. *asymptotycznej swobody*, swoistej dla chromodynamiki kwantowej. Termin ten oznacza malenie do zera sił działających między cząstkami niosącymi kolor wraz z malejącą do zera odległością bądź, co na jedno wychodzi, rosnącym

do nieskończoności przekazem pędu. Również produkcję hadronów w postaci par *jetów* (inicjowanych, jak sądzimy, przez tworzące się najpierw pary kwark — antykwark) wiążemy w istocie z asymptotyczną swobodą. Ogólniej, powodzenie *modelu patronowego* w zastosowaniu do procesów głęboko nieelastycznych tłumaczymy występowaniem w silnych oddziaływaniach asymptotycznej swobody.

Niektórzy sądzą (i są ku temu pewne przesłanki), że wspomniana różnica między chromodynamiką kwantową a elektrodynamiką jest też powodem *uwięzienia* (bądź *częściowego uwięzienia*) kwarków i gluonów wewnątrz hadronów. Jak wiadomo, uparte niewystępowanie w doświadczeniu swobodnych (tzn. niezwiązanych w hadronach) kwarków i gluonów (poza niepotwierdzonymi sygnałami) jest podstawową trudnością doświadczalną koncepcji kwarków. Rozważa się w tej chwili różne mechanizmy jako bezpośrednie przyczyny uwięzienia kwarków i gluonów. Najpopularniejszym jest *uwięzienie poprzez katastrofę podczerwoną*, która być może nie daje się w chromodynamice (na szczęście!?) usunąć tak, jak w elektrodynamice, prowadząc jak gdyby do przedłużenia w drugą stronę zjawiska asymptotycznej swobody, mianowicie do nieograniczonego wzrostu sił między cząstkami niosącymi kolor wraz ze wzrostem odległości. Wykluczałoby to istnienie swobodnych cząstek posiadających kolor. Warto wspomnieć, że możliwość taka wiązałaby się z istnieniem i stosowalnością nieperturbacyjnych rozwiązań równań chromodynamiki, ponieważ pokazano, że w rachunku perturbacyjnym (o ile założyć jego stosowalność) katastrofę podczerwoną w chromodynamicemo zna usuwać dość podobnie jak w elektrodynamice. Innym możliwym mechanizmem jest *uwięzienie poprzez próżnię nadprzewodzącą chromomagnetyzm*, która w analogii do nadprzewodnika elektryczności wykazywałaby dualny efekt typu Meissnera polegający na wypychaniu z nadprzewodnika linii pola chromoelektrycznego. Wobec tego w przypadku przyciągania statycznego dwóch cząstek posiadających kolor linie przy dużych odległościach r kolimowałyby się w rurkę pola chromoelektrycznego łączącą po prostej obie cząstki. Energia pola chromoelektrycznego zawarta w tej rurce wzrastałaby proporcjonalnie do jej długości, tzn. do r . Stąd, potencjał statyczny przyciągania dwóch cząstek posiadających kolor wzrastałby przy dużych r liniowo z r , co dawałoby wzajemne uwięzienie przyciągających się cząstek. Dodajmy, że również ten mechanizm wiązałby się z istnieniem i stosowalnością nieperturbacyjnych rozwiązań równań chromodynamiki. Nie jest *a priori* wcale oczywiste czy wymienione powyżej dwa hipotetyczne mechanizmy uwięzienia cząstek niosących kolor są od siebie istotnie różne.

Podkreślona tu różnica między gluonowymi i fotonowymi oddziaływaniami wiąże się z algebraicznymi własnościami koloru, który opisujemy przez kilka (dokładnie osiem) operatorów na ogół nieprzemienne, spełniających algebrę pewnej grupy $SU(3)$ zwanej *kolorową grupą $SU(3)$* . Ładunek elektryczny natomiast, jest opisany oczywiście przez jeden operator. Obie teorie są przy tym niezmiennicze względem odpowiednich *transformacji cechowania* wyrażających w sposób *lokalny* prawa zachowania koloru i ładunku elektrycznego. Niezmienniczość ta jest uwarunkowana *zerową* masą gluonu i fotonu. Mówimy (ze względu na nieprzemienność operatorów opisujących kolor), że *chromodynamika kwantowa jest nieabelową teorią pola z cechowaniem, czyli tzw. teorią typu Yang-Millsa*, podczas gdy elektrodynamika jest *teorią abelową*.

Nieabelowość chromodynamiki kwantowej, opisana przez kolorową grupę $SU(3)$, wyjaśnia również szereg cech fenomenologicznych silnych oddziaływań przy niskich energiach, ingerując bezpośrednio w spektroskopię hadronów. Już statyczna postać oddziaływań zgodnych z kolorową grupą $SU(3)$ tłumaczy np. fakt, że kwarki wiążą się po trzy, albo w pary kwark-antykwar, a nie np. po dwa.

W artykule tym omówimy kilka wybranych zagadnień dotyczących natury i właściwości sił w chromodynamice kwantowej. Rozważania nasze poprzedzimy notatką historyczną. Dla uzupełnienia i porównania wiadomości odsyłamy Czytelnika do licznych artykułów poświęconych kwarkom i ich związkom z leptonami, które ukazały się w ostatnich latach w Postępkach Fizyki [1].

2. Notatka historyczna

Od początku istnienia modelu kwarków (a powstał on w 1963 r.) operowano trzema ich rodzajami, które dziś oznaczamy symbolami u , d oraz s (od angielskich słów *up*, *down* oraz *strange*). Wymagała tego spektroskopia znanych wówczas hadronów. Jak wiadomo, w 1975 r. pojawiła się bezpośrednia potrzeba wprowadzenia czwartego rodzaju kwarków oznaczonego symbolem c (od angielskiego *charm*) w związku z odkryciem w obszarze mas 3—4 GeV nowych hadronów ψ , a następnie η_c , χ oraz D , F i D^* , F^* zawierających w sobie *powab* (*charm*). Już przedtem potrzeba taka narzucała się fizykom zajmującym się jednolitą teorią elektromagnetyzmu i słabych oddziaływań, jako sposób eliminacji (z teorii) nieobserwowanych przejść słabych niezmienniających ładunku elektrycznego a zmieniających *dziwność* (*strangeness*), jak np. $K^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$. W 1977 r. odkryto w okolicy 9—10 GeV dalszą rodzinę cząstek: hadrony Y świadczące o istnieniu piątego rodzaju kwarków b (od słowa *bottom*). Ze względów teoretycznych (aby wyeliminować tzw. anomalie Bella—Jackiwa) sądzimy, że przy wysokich energiach istnieje jeszcze co najmniej szósty rodzaj kwarków t (od słowa *top*), przy czym teoria z sześcioma kwarkami jest minimalną teorią, w której można opisać obserwowane w rozpadach K naruszenie kombinowanej parzystości PC bez wprowadzania dodatkowych oddziaływań supersłabych. W żargonie fizyki cząstek elementarnych te różne rodzaje kwarków u , d , s , c , b , ... nazywa się dziś umownie *posmakami* (*flavours*). Jest uderzające, że widmo mas znanych w tej chwili kwarków ma wyraźnie rozbieżny charakter. Ewentualne kolejne grupy przybliżonej symetrii: $SU(2)$ dla u i d , $SU(3)$ dla u , d i s , $SU(4)$ dla u , d , s i c , $SU(5)$ dla u , d , s , c i b itd., są tu coraz bardziej łamane przez masy kwarków, chociaż wiadomo, że $SU(2)$ jest bardzo dobrą przybliżoną symetrią (symetria izospinowa), a $SU(3)$ — jeszcze niezłą, mimo że masa s już wyraźnie odbiega od mas u i d .

Za początek chromodynamiki kwantowej można uznać dwa momenty. Pierwszym było zaobserwowanie, że statystyka Fermi—Diraca wymaga przypisania kwarkom (traktowanym jako fermiony z uwagi na ich spin $1/2$) nowej liczby kwantowej o trzech wartościach [2], którą nazwano później kolorem. Jest to konsekwencją faktu, że stany trzech kwarków tworzące podstawowy multiplet barionów o spinach $1/2$ i $3/2$ są syme-

tryczne ze względu na wszystkie inne znane uprzednio liczby kwantowe. Nowa liczba kwantowa o trzech (co najmniej) wartościach jest więc potrzebna do ich antysymetryzacji. Zauważono jednocześnie, że tę nową liczbę kwantową można opisać za pomocą generatorów pewnej grupy $SU(3)$ nazwanej później kolorową grupą $SU(3)$.

Drugim momentem było wysunięcie przypuszczenia, że ta nowa liczba kwantowa (nazwana później kolorem) jest źródłem sił przenoszonych między kwarkami przez pewne cząstki wektorowe (ochrzczone później nazwą gluony) [3, 4] i prowadzi wtedy do nasywania się sił (i neutralizacji koloru) w układach trzech kwarków oraz kwarku i antykwarku, a nie np. dwóch kwarków [4]. Okazuje się, że trzy kwarki oraz kwark i antykwark mogą tworzyć stany skalarne ze względu na kolorową grupę $SU(3)$, w których kolor jest równy zeru (tzw. zeruje się ósemka jego operatorów).

Pełen formalizm chromodynamiki kwantowej został ustalony z chwilą zapostulowania, że pole gluonowe, dane przez osiem pól wektorowych, sprzężone jest z polem kwarków i ze sobą poprzez osiem prądów opisujących prąd koloru, tworząc formalizm typu Yanga–Millsa z kolorową grupą $SU(3)$ jako grupą cechowania [5].

Rozstrzygającym momentem dla “wylansowania” chromodynamiki kwantowej było odkrycie w 1973 r. zdumiewającego faktu, że teoria ta (wraz z innymi teoriami typu Yanga–Millsa) posiada własność asymptotycznej swobody [6]. Ta zaskakująca własność, o której można powiedzieć (parafrazując znany cytat z Woltera), że trzeba by ją wymyśleć, gdyby nie istniała, pozwala przy dużych przekazach pędu stosować do silnych oddziaływań rachunek perturbacyjny (pod warunkiem, że uwzględnimy jakoś nieperturbacyjny fenomen uwięzienia kwarków i gluonów)! Po tym odkryciu, należącym niewątpliwie do największych osiągnięć formalnych nowej fizyki, możliwość wyjaśnienia na tej drodze przybliżonego skalowania Bjorkena narzuciła się już sama. Mówiąc ogólniej, przyczyna powodzenia modelu partonowego [7], operującego przy opisie procesów głęboko nieelastycznych kwaziswobodnymi składnikami hadronów, stała się wtedy w zasadzie jasna. Jednocześnie uprzytomniono sobie konieczność uwzględnienia w tym opisie poprzecznych pędów partonów i poprawienia przez to pierwotnego modelu partonowego.

Ostatni okres rozwoju chromodynamiki związany jest ze zjawiskiem jetów odkrytych w 1975 r. i z ich chromodynamiczną teorią, skonstruowaną w 1977 r. [8]. Istotnym problemem jest tu właściwe zdefiniowanie pojęcia *jetu hadronów* i przekroju czynnego na produkcję jetów. Jest to pojęcie o podstawowym znaczeniu, ponieważ *jet kwarkowy* hadronów (inicjowany przez kwark) i *jet gluonowy* hadronów (inicjowany przez gluon) zastępują w realnym świecie hadronów uwięzione, a więc nieobserwowane bezpośrednio kwark i gluon. Sądzi się obecnie, że w procesach głęboko nieelastycznych w chromodynamice kwantowej można do kwarków i gluonów stosować rachunek perturbacyjny pod warunkiem, że zastąpimy je w realnym świecie przez odpowiednie jety, a wszystkie wielkości podlegające pomiarowi (przekroje czynne itd.) zdefiniujemy w sposób wolny od katastrofy podczerwonej (chromodynamiki kwantowej). Sądzi się, że można tak postępować, mimo że kwarki i gluony są uwięzione przez mechanizm nieperturbacyjny. Obecnie obserwowane jety interpretuje się jako jety kwarkowe. Czy odpowiadają one dostatecznie ściśle pojęciu jetu wprowadzonemu w perturbacyjnej chromodynamice kwantowej nie jest jeszcze w pełni jasne. Natomiast ewidencji doświadczalnej dla jetów gluonowych jeszcze w ogóle nie ma.

3. Podstawowy formalizm

Jak dobrze wiadomo, w elektrodynamice rozpatruje się pole elektromagnetyczne czyli fotonowe $A^\mu(x)$ oddziałujące z polem elektronowym $\psi(x)$. Gęstość swobodnego lagranżjanu bez oddziaływania ma w tym przypadku postać

$$\mathcal{L}_0 = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi}(i\gamma^\mu\partial_\mu - m_e)\psi, \quad (1)$$

gdzie

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu. \quad (2)$$

Posłużyliśmy się tu oznaczeniami $\delta_\mu = \partial/\partial x^\mu$, $(x^\mu) = (x_0, \vec{x}) = (t, \vec{r})$ oraz $(\gamma^\mu) = (\gamma_0, \vec{\gamma}) = (\beta, \beta\vec{\alpha})$, $\bar{\psi}(x) = \psi(x)\beta$. Ogólnie piszemy $(a^\mu) = (a_0, \vec{a})$ oraz $a^\mu b_\mu = a_0 b_0 - \vec{a} \cdot \vec{b}$. W naszych jednostkach $c = 1 = \hbar$, więc $p_\mu = i\partial_\mu$, $(p^\mu) = (p_0, \vec{p}) = (E, \vec{p})$. Z powodu występowania pola elektronowego, swobodny lagranżjan bez oddziaływania (1) nie jest niezmienniczy względem lokalnej transformacji cechowania

$$A_\mu \rightarrow A_\mu - \partial_\mu \theta, \quad \psi \rightarrow e^{ie\theta}\psi, \quad (3)$$

gdzie $\theta(x)$ zależy od punktu czasoprzestrzeni, zaś e jest ładunkiem elektronu. Tak jest, mimo że jego część fotonowa wykazuje tę niezmienniczość, gdyż $F_{\mu\nu} \rightarrow F_{\mu\nu}$. Można się jednak łatwo przekonać, że pełny lagranżjan z oddziaływaniem uzyskuje tę niezmienniczość, jeśli oddziaływanie wprowadzimy za pomocą podstawienia

$$\partial_\mu \xrightarrow{\text{podstawienie}} D_\mu = \partial_\mu + ieA_\mu. \quad (4)$$

Mówimy wówczas o *minimalnym sprzężeniu* między polem fotonowym i elektronowym, a operację D_μ nazywamy *pochodną kowariantną* względem grupy lokalnych transformacji cechowania (3), ponieważ

$$D_\mu \psi \rightarrow e^{ie\theta} D_\mu \psi. \quad (5)$$

Po podstawieniu (4) pełny lagranżjan przyjmuje postać

$$\mathcal{L}(A_\mu, \psi, \partial_\mu) = \mathcal{L}_0(A_\mu, \psi, D_\mu) \quad (6)$$

czyli

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m_e)\psi = \mathcal{L}_0 - j^\mu A_\mu, \quad (7)$$

gdzie

$$j^\mu = e\bar{\psi}\gamma^\mu\psi \quad (8)$$

jest prądem ładunku elektrycznego. Zachodzi tutaj równość

$$F_{\mu\nu} = D_\mu A_\nu - D_\nu A_\mu = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu. \quad (9)$$

Widzimy, że postulat niezmienniczości elektrodynamiki względem grupy lokalnych transformacji cechowania (3), związanych z ładunkową grupą $U(1)$, implikuje występowanie w lagranżjanie minimalnego sprzężenia oraz, dodatkowo, *zerowanie się* masy fotonu. Poza tym mogłyby się jeszcze pojawić pewne nieminimalne sprzężenia pod warun-

kiem ich niezmienniczości względem transformacji (3), np. oddziaływanie typu Pauliego $-j^{\mu\nu}F_{\mu\nu}$, gdzie

$$j^{\mu\nu} = \mu^{\text{ex}} \bar{\psi} \sigma^{\mu\nu} \psi, \quad \sigma^{\mu\nu} = \frac{i}{2} [\gamma^\mu, \gamma^\nu]. \quad (10)$$

Tutaj μ^{ex} byłby dodatkowym anomalnym momentem magnetycznym elektronu, nie wynikającym z elektrodynamiki kwantowej z minimalnym sprzężeniem. Doświadczenie pokazuje, że $\mu^{\text{ex}} = 0$.

Lagranżjan (7) prowadzi poprzez równania Eulera–Lagrange’a do sprzężonego układu równań Maxwella i równania Diraca, jako równań ruchu elektrodynamiki:

$$\partial_\nu F^{\mu\nu} = -j^\mu, \quad (i\gamma^\mu D_\mu - m_e)\psi = 0. \quad (11)$$

Z równań tych wynika równanie ciągłości dla ładunku elektrycznego:

$$\partial_\mu j^\mu = 0, \quad (12)$$

a stąd globalne prawo zachowania:

$$\frac{dQ}{dt} = 0, \quad Q = \int d^3x j_0. \quad (13)$$

Zauważmy, że niezmienniczość lagranżjanu (1) lub (7) względem globalnej transformacji cechowania, którą otrzymujemy z (3) kładąc $\theta = \text{const}$:

$$A_\mu \rightarrow A_\mu, \quad \psi \rightarrow e^{ie\theta} \psi, \quad (14)$$

wystarczy już do otrzymania równania ciągłości (12) i oczywiście globalnego prawa zachowania (11). Niezmienniczość lagranżjanu (7) względem lokalnej transformacji cechowania (3) jest więc dalej idącym postulatem natury geometrycznej pociągającym za sobą występowanie w równaniach ruchu operatora przesunięcia $i\partial_\mu$ tylko za pośrednictwem kowariantnego operatora przesunięcia iD_μ oraz, dodatkowo, zerowanie się masy fotonu.

Przypomniany wyżej formalizm elektrodynamiki klasycznej podlega oczywiście skwantowaniu, gdy przechodzimy do elektrodynamiki kwantowej. Postępowanie to zależy od wycechowania pola fotonowego $A^\mu(x)$ i jest szczególnie przejrzyste, choć niekowariantne relatywistycznie (w sposób jawny), w tzw. wycechowaniu Coulomba, gdzie

$$\text{div} \vec{A} = 0. \quad (15)$$

Wówczas, z czterech składowych 4-wektora A^μ , tylko część przestrzenna \vec{A} jest operatorem kwantowego pola fotonowego, opisując prawdziwe poprzeczne fotony, podczas gdy część czasowa \vec{A}_0 staje się klasycznym, statycznym polem Coulomba, odpowiadając — jak często się mówi — fotonom Coulomba.

Przejdźmy teraz do chromodynamiki i rozważmy pole gluonowe, opisane przez kolorowy oktet pól wektorowych $A_a^\mu(x)$ ($a = 1, \dots, 8$), oddziałujące z polami kwarkowymi $q_f(x)$ o różnych posmakach f , z których każde jest kolorowym trypletem (pól spinorowych Diraca). Na podstawie doświadczenia wiemy, że

$$q_f = u, d, s, c, b, \dots \quad (16)$$

Z ósemki pól A_a^μ wygodnie jest utworzyć następującą bezśladową macierz 3×3 i opisywać z jej pomocą pole gluonowe:

$$A^\mu = \frac{\lambda_a}{2} A_a^\mu, \quad (17)$$

gdzie $\lambda_a (a = 1, \dots, 8)$ są ósemką tzw. macierzy Gell–Manna 3×3 , reprezentujących w działaniu na kwark osiem generatorów kolorowej grupy $SU(3)$ (we wzorze (17) i dalej stosujemy konwencję sumacyjną dla indeksu kolorowego $a = 1, 2, \dots, 8$). Macierze te są bezśladowe, tzn. $\text{Tr} \lambda_a = 0$, ortogonalne do siebie i unormowane wg wzoru $\text{Tr} \gamma_a \gamma_b = 2\delta_{ab}$ oraz spełniają następujące grupowe relacje komutacyjne:

$$\left[\frac{\lambda_a}{2}, \frac{\lambda_b}{2} \right] = i f_{abc} \frac{\lambda_c}{2}, \quad (18)$$

gdzie f_{abc} są współczynnikami strukturalnymi grupy $SU(3)$ tworzącymi znany, całkowicie antysymetryczny tensor Gell–Manna. Naśladując wzór elektrodynamiki, wprowadźmy operator

$$D_\mu = \partial_\mu + ig A_\mu, \quad (19)$$

gdzie g jest stałą sprzężenia grającą rolę analogiczną do ładunku elektronu e w elektrodynamice. Operator (19) jest oczywiście macierzą 3×3 (przy ∂_μ mamy tu macierz jednostkową 3×3). Rozwijając dalej analogię z elektrodynamiką, zapostulujmy w chromodynamice następujący pełny lagranżjan z oddziaływaniem:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} 2 \text{Tr} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \sum_f \bar{q}_f (i\gamma^\mu D_\mu - m_{q_f}) q_f, \quad (20)$$

gdzie

$$F_{\mu\nu} = D_\mu A_\nu - D_\nu A_\mu = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu + ig [A_\mu, A_\nu]. \quad (21)$$

Jest to lagranżjan ze sprzężeniem minimalnym między polem gluonowym a polami kwarkowymi oraz z zerową masą gluonów. Ze wzoru (21) wynika, że $F_{\mu\nu}$ jest macierzą 3×3 , którą można zapisać w postaci

$$F_{\mu\nu} = \frac{\lambda_a}{2} F_{\mu\nu a}, \quad (22)$$

gdzie

$$F_{\mu\nu a} = \partial_\mu A_{\nu a} - \partial_\nu A_{\mu a} - g f_{abc} A_{\mu b} A_{\nu c} \quad (a = 1, \dots, 8). \quad (23)$$

Zanotujmy, że ślad występujący w lagranżjanie (20) daje się wyrazić wzorem

$$2 \text{Tr} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} = F_{\mu\nu a} F_a^{\mu\nu}. \quad (24)$$

Można teraz wykazać, że lagranżjan (20) jest niezmienniczy względem lokalnej, nieabelowej transformacji cechowania o następującej postaci infinitesimalnej:

$$A_\mu \rightarrow A_\mu + ig [\theta, A_\mu] - \partial_\mu \theta + 0(\theta^2), \quad q_f \rightarrow e^{i\theta^a} q_f = (1 + i g \theta) q_f + 0(\theta^2), \quad (25)$$

gdzie

$$\theta = \frac{\lambda_a}{2} \theta_a, \quad (26)$$

przy czym $\theta_a(x)$ ($a = 1, \dots, 8$) zależą od punktu czasoprzestrzeni. Z pierwszego wzoru (25) dostajemy

$$F_{\mu\nu} \rightarrow F_{\mu\nu} + ig[\theta, F_{\mu\nu}] + O(\theta^2) \quad (27)$$

oraz

$$\text{Tr } F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \rightarrow \text{Tr } F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}, \quad (28)$$

zaś z obu wzorów (25)

$$D_\mu q_f \rightarrow e^{ig\theta} D_\mu q_f \quad (29)$$

oraz

$$\bar{q}_f \gamma^\mu D_\mu q \rightarrow \bar{q}_f \gamma^\mu D_\mu q_f. \quad (30)$$

Formuły (28) i (30) pociągają już za sobą niezmienniczość lagranżianu (20) względem transformacji (25). W związku z własnością (29) operator (19) nosi nazwę *pochođnej kowariantnej* względem grupy lokalnych, nieabelowych transformacji cechowania (25) związanych z kolorową grupą SU(3).

Lagranżjan (20) daje następujący sprzężony układ równań ruchu chromodynamiki:

$$\partial_\nu F^{\mu\nu} = -j^\mu, \quad (i\gamma^\mu D_\mu - m_{q_f})q_f = 0, \quad (31)$$

gdzie

$$j^\mu = g \frac{\lambda_a}{2} \sum_f \bar{q}_f \gamma^\mu \frac{\lambda_a}{2} q_f - ig[F^{\mu\nu}, A_\nu] \quad (32a)$$

jest macierzą 3×3 opisującą prąd koloru. Można ją zapisać w postaci

$$j^\mu = \frac{\lambda_a}{2} j_a^\mu, \quad (33)$$

gdzie

$$j_a^\mu = g \sum_f \bar{q}_f \gamma^\mu \frac{\lambda_a}{2} q_f + ig F_b^{\mu\nu} (-if_{abc}) A_{\nu c} \quad (a = 1, \dots, 8). \quad (34)$$

Z równań ruchu (31) wynika równanie ciągłości dla koloru

$$\partial_\mu j^\mu = 0, \quad (35a)$$

a stąd globalne prawo jego zachowania

$$\frac{dQ}{dt} = 0, \quad Q = \int d^3x j_0. \quad (36)$$

Oczywiście Q jest macierzą 3×3 opisującą kolor, którą można przedstawić wzorem

$$Q = \frac{\lambda_a}{2} Q_a, \quad (37)$$

przy czym

$$\frac{dQ_a}{dt} = 0, \quad Q_a = \int d^3x j_{0a} \quad (a = 1, \dots, 8), \quad [Q_a, Q_b] = if_{abc} Q_c, \quad (38)$$

gdzie ostatnie grupowe relacje komutacyjne (por. wzór (18)) obowiązują dopiero po skwantowaniu chromodynamiki. Dla jednego kwarka mamy wtedy $Q_a = \lambda_a/2$.

Podobnie jak pole elektromagnetyczne składa się z pola elektrycznego i magnetycznego, również pole "chromoelektromagnetyczne" $F^{\mu\nu}$ można złożyć z pola "chromoelektrycznego"

$$\vec{E} = (-F^{01}, -F^{02}, -F^{03}), \quad \vec{E} = \frac{\lambda_a}{2} \vec{E}_a \quad (39a)$$

i pola "chromomagnetycznego"

$$\vec{B} = (-F^{23}, -F^{31}, -F^{12}), \quad \vec{B} = \frac{\lambda_a}{2} \vec{B}_a \quad (39b)$$

Spełniają one na mocy wzorów (31) i (21) następujące równania ruchu mające postać pary równań typu Maxwella oraz związków wyrażających \vec{E} i \vec{B} przez A_0 i \vec{A} :

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{E} &= j_0, \quad \vec{E} = -\operatorname{grad} A_0 - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} - ig[A_0, \vec{A}], \\ \operatorname{rot} \vec{B} - \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} &= \vec{j}, \\ \vec{B} &= \operatorname{rot} \vec{A} - ig(\vec{A} \times \vec{A}), \end{aligned} \quad (40a)$$

gdzie na podstawie wzoru (32) zachodzi

$$\begin{aligned} j_0 &= g \frac{\lambda_a}{2} \sum_f q_f^+ \frac{\lambda_a}{2} q_f + ig(\vec{A} \cdot \vec{E} - \vec{E} \cdot \vec{A}), \\ \vec{j} &= g \frac{\lambda_a}{2} \sum_{f, \lambda} q_f^+ \alpha_{\lambda}^{\lambda_a} q_f + ig(A_0 \vec{E} - \vec{E} A_0 + \vec{A} \times \vec{B} + \vec{B} \times \vec{A}). \end{aligned} \quad (41a)$$

Ze zróżniczkowania związków (40a) wyrażających \vec{E} i \vec{B} przez A_0 i \vec{A} dostajemy równania ruchu, które zastępują tu drugą parę równań typu Maxwella:

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{B} &= k_0, \\ \operatorname{rot} \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} &= -\vec{k}, \end{aligned} \quad (40b)$$

gdzie

$$k_0 = ig(\vec{A} \cdot \vec{B} - \vec{B} \cdot \vec{A}), \quad \vec{k} = ig(A_0 \vec{B} - \vec{B} A_0 - \vec{A} \times \vec{E} - \vec{E} \times \vec{A}), \quad (41b)$$

przy czym pojawia się 4-wektor prądu aksjalnego $(k^\mu) = (k_0, \vec{k})$, który można wyrazić wzorem

$$k^\mu = -ig[\tilde{F}^{\mu\nu}, A_\nu], \quad \tilde{F}^{\mu\nu} = \frac{1}{2} \varepsilon^{\mu\nu\sigma\rho} F_{\sigma\rho} \quad (32b)$$

($\varepsilon^{\mu\nu\sigma\rho}$ jest znanym, w pełni antysymetrycznym tensorem o wartościach $+1, 0, -1$).

Równania ruchu (40b) dają się zapisać w postaci

$$\partial_\nu \tilde{F}^{\mu\nu} = -k^\mu \quad (31b)$$

implikującej równanie ciągłości

$$\partial_\nu k^\mu = 0. \quad (35b)$$

Oczywiście równanie ruchu (31b) wynika ze zróżniczkowania związku (21) wyrażającego $F^{\mu\nu}$ przez A^μ . Zauważmy, że prąd aksjalny k^μ nie zawiera części odpowiadającej kwarkom i pochodzi wyłącznie od gluonów. Jego występowanie jest spowodowane nieabelowym charakterem chromodynamiki. O ile prąd j^μ będący analogią prądu elektrycznego jest tu prądem koloru, czyli prądem "ładunku chromoelektrycznego" kwarków i gluonów, to prąd aksjalny k^μ nie mający analogii w elektrodynamice, jest prądem "ładunku chromomagnetycznego" niesionego wyłącznie przez gluony. Gluony mają więc w pewnym sensie ładunki chromomagnetyczne o pseudoskalarnym charakterze! Można zatem mówić o przewodzeniu chromomagnetyzmu przez gluony.

Przedstawiony powyżej formalizm chromodynamiki podlega oczywiście kwantyzacji np. w wycechowaniu *Coulomba*. Wtedy przechodzimy od klasycznej do kwantowej chromodynamiki.

Lagranżjan chromodynamiki (20) oraz jej równania ruchu (31) i (32) pokazują, że gluony niosąc kolor oddziałują ze sobą bezpośrednio, przy czym w lagranżjanie (20) występuje sprzężenie trzech oraz czterech pól wektorowych. Jest to oczywiście konsekwencją nieabelowości chromodynamiki kwantowej (tzn. jej niezmienniczości względem grupy lokalnych nieabelowych transformacji cechowania, związanych z kolorową grupą $SU(3)$).

4. Oddziaływanie jednogluonowe

Najprostszym oddziaływaniem w chromodynamice kwantowej między dwoma kwarkami lub kwarkiem i antykwarkiem jest wymiana jednego gluonu (dokładniej: jakiegokolwiek z ośmiu możliwych gluonów). Oddziaływanie to w przybliżeniu statycznym jest dane przez potencjał typu *Coulomba* postaci

$$V = \frac{\alpha_s}{r} Q_a^{(1)} Q_a^{(2)}, \quad (42)$$

gdzie $\alpha_s = g^2/4\pi$ gra rolę stałej Sommerfelda $\alpha = e^2/4\pi$ dla chromodynamiki, zaś $Q_a (a = 1, \dots, 8)$ jest ósemką operatorów opisujących kolor kwarku lub antykwarku. Jest to oczywiście oddziaływanie "chromoelektrostatyczne". Dla kwarku mamy tu

$$Q_a = \frac{\lambda_a}{2}, \quad (43)$$

gdzie $\lambda_a (a = 1, \dots, 8)$ jest ósemką omawianych już wyżej macierzy Gell-Manna 3×3 reprezentujących w działaniu na kwark, będący kolorowym tripletem, osiem generatorów kolorowej grupy $SU(3)$. Posługując się tożsamością

$$Q_a^{(1)} Q_a^{(2)} = \frac{1}{2} (C - \frac{8}{3}), \quad (44)$$

gdzie

$$C = (Q_a^{(1)} + Q_a^{(2)})^2 \quad (45)$$

jest tzw. operatorem Casimira, dostajemy następujący wzór na potencjał (42):

$$V = \frac{a_s}{r} \frac{1}{2} \left(C - \frac{8}{3} \right). \quad (46)$$

Stąd energia wiązania, obliczona nierelatywistycznie, ma postać

$$\bar{V} = \bar{V}_0 \frac{1}{2} \left(C - \frac{8}{3} \right), \quad (47)$$

gdzie $\bar{V}_0 > 0$ oznacza pewną stałą. Wartość operatora Casimira C zależy od stanu kolorowego utworzonego przez dwa kwarki lub kwark i antykwark. Dla dwóch kwarków, będących kolorowymi trypletami 3 , ich stan wypadkowy może być antytrypletem 3^* lub sekstetem 6 . Dla kwarku i antykwarku, z których drugi jest kolorowym antytrypletem 3^* , może to być singlet 1 lub oktet 8 . Symbolicznie piszemy

$$, \quad 3 \times 3 = 3^* + 6, \quad 3 \times 3^* = 1 + 8.$$

Podobnie dla trzech kwarków mamy

$$3 \times 3 \times 3 = 1 + 8 + 8 + 10.$$

Wartość operatora Casimira C danego ogólnie dla układu $N = 1, 2, 3 \dots$ kwarków i antykwarków wzorem

$$C = \left(\sum_{i=1}^N Q_a^{(i)} \right)^2 \quad (48)$$

zestawia następująca tabelka:

Reprezentacja SU(3)	1	3 lub 3*	6	8	10	...
C	0	$\frac{4}{3}$	$\frac{10}{3}$	3	6	...

Ogólnie dla układu $N \geq 2$ kwarków i antykwarków energia wiązania, obliczona nierelatywistycznie i pochodząca od oddziaływań dwucząstkowych danych potencjałem (42), wyraża się formułą

$$\bar{V} = \bar{V}_0 \frac{1}{2} \left(C - \frac{4N}{3} \right), \quad (49)$$

gdzie $\bar{V}_0 > 0$ jest pewną stałą. Założyliśmy tu symetrię, albo antysymetrię przestrzenną funkcji falowej układu N kwarków i antykwarków.

Widzimy ze wzoru (49), że niezależnie od liczby oddziałujących kwarków i antykwarków maksymalne wiązanie pojawia się w stanach singletowych ze względu na kolor, gdzie $C = 0$. Dla układu dwóch kwarków qq stan singletowy nie występuje i (względnie słabe) wiązanie mamy tylko w stanie 3^* , który nazywamy *dikwarkiem*. Dla układu kwarku i antykwarku $q\bar{q}$ wiązanie mamy tylko w stanie singletowym, który utożsamiamy z mezonem. Wreszcie dla układu trzech kwarków qqq wiązanie występuje tylko w stanie sin-

gletowym, który identyfikujemy z barionem, oraz (słabsze) w stanie 8. Ze wzoru (49) można również odczytać, że dodatkowa para $q\bar{q}$ nie wykazuje energii wiązania z układem $q\bar{q}$ oraz qqq reprezentującym odpowiednio mezon oraz barion. Tak jest nawet w wypadkowym stanie singletowym. Stąd wniosek, że tzw. egzotyczne mezony $q\bar{q}q\bar{q}$ oraz bariony $qqq\bar{q}$, jeśli w ogóle się tworzą, to z niewielkim prawdopodobieństwem. Pojawiły się jednak niedawno pewne argumenty doświadczone za istnieniem tzw. *barionium*, którym byłby stan związany $q\bar{q}q\bar{q}$ tworzący się jako nietrwały stan pośredni w zderzeniu barion-antibarion (sądzi się, że byłby to raczej układ dikwark-antydikwark niż mezon-mezon). Dodajmy, że naturalnie potencjał (42) i formuła (49) opisują problem wiązania się kwarków i antykwarków tylko w pierwszym przybliżeniu.

Potencjał typu Coulomba (42) nie daje oczywiście uwięzienia kwarków. Niektórzy fizycy zajmujący się chromodynamiką kwantową wierzą, że poprawki do tego potencjału pochodzące z współdziałania dodatkowych gluonów (w tym także podczerwonych) oraz par kwark-antykwarik dadzą w efekcie uwięzienie kwarków w stanach singletowych (tzn. skalarnych) ze względu na kolor. Mówiąc bardziej precyzyjnie, chodziłoby tu raczej o nieperturbacyjne oddziaływanie między kwarkami, ponieważ perturbacyjne nie wydaje się mieć tej własności. W każdym razie większość fizyków pracujących w tej dziedzinie przyjmuje jako hipotezę roboczą uwięzienie lub częściowe uwięzienie kwarków w stanach singletowych ze względu na kolor.

W praktycznych rachunkach, jak np. dla widma *charmonium* te hipotetyczne poprawki do potencjałów typu Coulomba (42) dające uwięzienie próbuje się opisać przez potencjał V_c rosnący liniowo z r (występujący oczywiście tylko w stanach związanych układu kwarków i antykwarków). Jest to zgodne np. z hipotetycznym mechanizmem uwięzienia poprzez próżnię nadprzewodzącą chromomagnetyzm. Tak więc, jako efektywny potencjał działający w stanie singletowym układu $q\bar{q}$, przyjmuje się

$$V + V_c = -\frac{4\alpha_s}{3r} + \frac{r}{\lambda^2} + \kappa \quad (50)$$

(patrz wzór (46)). Podobnie w stanie 3^* układu qq oraz dla każdej pary qq w stanie singletowym układu qqq działa analogiczny potencjał ze współczynnikiem $-(2/3)\alpha_s$ zamiast $-(4/3)\alpha_s$ (patrz wzór (46)), a więc także przyciąganie (ale słabsze). Natomiast w stanie 6 układu qq występuje współczynnik $+(1/3)\alpha_s$ dający odpychanie.

W przypadku *charmonium* $c\bar{c}$ potencjał (50) wstawiony do równania Breita, uwzględniającego sprzężenie spin-orbita i spin-spin, prowadzi do rozsądnej zgodności z doświadczalnym widmem cząstek ψ i χ . Nawet wstawiony do równania Schrödingera nie jest jakościowo sprzeczny z tym widmem. Na parametry w potencjale (50) uzyskuje się wtedy wartości $(4/3)\alpha_s = 0.27$, $1/\lambda^2 = 0.25$ GeV oraz $\kappa = -0.76$ GeV.

Sprzężenie spin-spin (łącznie z oddziaływaniem tensorowym) implikowane potencjałem typu Coulomba (46) ma postać

$$V_{ss} = \frac{\alpha_s}{4m_{q_1}m_{q_2}} \frac{1}{2} \left(C - \frac{8}{3} \right) \left\{ -\frac{8\pi}{3} \delta(\vec{r}) \vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2 + \right. \\ \left. + \frac{1}{r^3} \left[\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2 - 3 \frac{(\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{r})(\vec{\sigma}_2 \cdot \vec{r})}{r^2} \right] \right\}, \quad (51)$$

gdzie $\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$, zaś m_{q_1} i m_{q_2} są masami oddziałujących kwarków. Jest to oczywiście oddziaływanie "chromomagnetostaticzne". Daje ono nadsztylną strukturę widma mas hadronów, rozszczepiając w rodzinie starych hadronów np. mezony pseudoskalarne π, η, K, η' od mezonów wektorowych $\rho, \omega, K^*, \varphi$ oraz bariony o spinie $1/2$ N, Λ, Σ, Ξ od barionów o spinie $3/2$ $\Delta, \Sigma^*, \Xi^*, \Omega$. Podobnie dla rodziny hadronów zawierających powab. W stanach o $l=0$ drugi wyraz w oddziaływaniu (51) znika. Wobec tego w przypadku przyciągającego potencjału (46), tzn. $C-8/3 < 0$, sprzężenie V_{ss} sprawia, że stany o zgodnych spinach ($s=1$), w których $\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2 = 1$, mają większe masy niż stany o przeciwnych spinach ($s=0$), w których $\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2 = -3$. Jest to zgodne z sytuacją doświadczalną zarówno dla mezonów jak i barionów. Dla mezonów mamy więc sytuację analogiczną do tej, jaka występuje dla parapozytronium ($s=0$) i ortopozytronium ($s=1$) w elektrodynamice kwantowej, ponieważ e i e^+ przyciągają się. Natomiast dla barionów sytuacja jest odwrotna niż w elektrodynamice kwantowej, gdzie e^- i e^- odpychają się. A więc to, że układ qqq w ogóle się wiąże oraz że bariony o spinie $3/2$ są cięższe od barionów o spinie $1/2$, wskazuje wyraźnie na nieabelowy charakter sił między kwarkami.

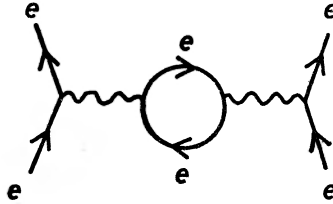
Zauważmy, że sprzężenie spin-spin (51) rozszczepia również masy hadronów o różnych izospinach wewnątrz multipletu o ustalonym spinie, o ile kwarki składające się na te hadrony mają różne masy. Wtedy bowiem mają też różne chromomagnetyony $g/2m_q$, gdzie $\alpha_s = g^2/4\pi$, a (nawet takie same) kwarki mogą w różnych hadronach występować z różną względną orientacją spinu. Oczywiście, rozszczepienie mas hadronów o różnych dziwnościach pochodzi przede wszystkim wprost od członu masowego w lagranżianie kwarkowym. Dodajmy, że do wzoru (51) wprowadza się zwykle jeszcze dodatkowo *anomalne momenty chromomagnetyczne* kwarków, zakładając, że ich całkowite momenty chromomagnetyczne występujące teraz we wzorze (51) zamiast chromomagnetonów, są proporcjonalne do zwykłych całkowitych momentów magnetycznych. Tak postępując otrzymuje się np. rozsądne rozszczepienie mas hiperonów Λ i Σ^0 .

5. Poprawki od polaryzacji próżni

Najprostsze oddziaływanie polegające na wymianie jednego gluonu między dwiema cząstkami posiadającymi kolor (opisane w przybliżeniu statycznym potencjałem typu Coulomba (42)) nie uwzględnia wpływu pola gluonowego na próżnię otaczającą cząstki. W rzeczywistości pod wpływem pola gluonowego próżnia ta ulega *polaryzacji* ze względu na kolor, modyfikując z kolei oddziaływanie między obu cząstkami.

Zjawisko polaryzacji próżni ze względu na ładunek elektryczny jest dobrze znane w elektrodynamice kwantowej. Objawia się ono np. przesunięciem poziomu $n=2, l=0$ w wodorze o -27 MHz w ramach pełnego przesunięcia Lamba-Retherforda tego poziomu o $+1039$ MHz (reszta rozszczepienia poziomów $n=2, l=0$ i $n=2, l=1$ wynoszącego $+1052$ MHz pochodzi od przesunięcia Lamba-Retherforda poziomu $n=2, l=1$ o -13 MHz). Polaryzacja próżni w elektrodynamice kwantowej polega na tym, że pole elektromagnetyczne wytworzone przez ładunek cząstek kreuje wirtualne pary cząstek o przeciwnych ładunkach, które z kolei ekranują ładunek pierwotnych cząstek modyfikując ich wzajemne oddziaływania. W konsekwencji polaryzacji próżni, stała Som-

merfelda $\alpha = e^2/4\pi = 1/137$ (występująca w potencjale Coulomba opisującym statyczne oddziaływanie dwu naładowanych cząstek) należy zastąpić przez mniejszą efektywną "stałą" sprzężenia $\alpha^{ef}(q^2)$, która okazuje się być zależną od kwadratu przekazu pędu q^2 między cząstkami. W reprezentacji położeniowej cząstek jest więc operatorem różniczkowym działającym na $1/r$.



Rys. 1. Poprawka od polaryzacji próżni w elektrodynamice kwantowej

W najniższym rzędzie rachunku perturbacyjnego poprawkę pochodzącą od polaryzacji próżni do wymiany jednego fotonu między dwoma elektronami przedstawia rys. 1. Diagram ten prowadzi do rozbieżnego wyrażenia na $\alpha^{ef}(q^2)$, o ile występująca tu nieubrana stała sprzężenia α_0 uważać za skończoną. Jednakże staje się ono skończone, jeśli wartość $\alpha^{ef}(q^2)$ w pewnym dowolnie ustalonym punkcie $q^2 = \mu^2$, zwanym *punktem renormalizacji*, uznać za skończoną. Wówczas dostaje się

$$\alpha^{ef}(q^2) = \alpha^{ef}(\mu^2) \left[1 + \frac{\alpha^{ef}(\mu^2)}{3\pi} \ln \frac{q^2}{\mu^2} \right]. \quad (52)$$

Tutaj $q^2 = \vec{q}^2 - q_0^2$ (a nie $q^2 = q_0^2 - \vec{q}^2!$) i przechodzi w przybliżeniu statycznym w $q^2 = \vec{q}^2$. Sumując teraz diagramy takie, jak na rys. 1, ale z dowolną liczbą pętli polaryzacyjnych na tej samej linii fotonowej, otrzymuje się wzór

$$\alpha^{ef}(q^2) = \frac{\alpha^{ef}(\mu^2)}{1 - \frac{\alpha^{ef}(\mu^2)}{3\pi} \ln \frac{q^2}{\mu^2}}, \quad (53)$$

który pokazuje, że efektywna "stała" sprzężenia staje się nieskończona, gdy q^2 rośnie do wartości $\mu^2 \exp[3\pi/\alpha^{ef}(\mu^2)]$ ($\sim 10^{561} \mu^2$, jeśli $\alpha^{ef}(\mu^2) \sim \alpha$), zaś z drugiej strony dąży do zera, gdy $q^2 \rightarrow 0$. Widzimy więc, że w elektrodynamice kwantowej rachunek perturbacyjny dobrze funkcjonuje przy małych przekazach pędu q^2 (czyli dużych odległościach r), a załamuje się przy dużych q^2 (czyli małych r). Mówimy w związku z tym o *ultrafioletowej niestabilności* elektrodynamiki kwantowej. Należy jeszcze raz podkreślić, że wzór (53) obowiązuje tylko w ziterowanym najniższym rzędzie rachunku perturbacyjnego i załamuje się przy dużych przekazach pędu q^2 .

Powstaje oczywiste pytanie, jak wprowadzić do wzoru (53) fizyczną stałą sprzężenia $\alpha = 1/137$, która określiłaby nam wielkość efektywnej "stałej" sprzężenia $\alpha^{ef}(q^2)$. Otóż okazuje się, że efektywnym obszarem polaryzacji próżni wokół elektronu jest kulka o promieniu równym jego fali Comptona $1/m_e$, gdzie m_e jest masą elektronu. Stąd wnioskujemy, że $\alpha = \alpha^{ef}(m_e^2)$. Do wyniku tego można formalnie dojść następująco. Nieubrany

(tzn. nieekranowany przez polaryzację próżni) ładunek elektryczny e_0 odpowiada odległości $r \rightarrow 0$ czyli przekazowi pędu $q^2 \rightarrow \infty$. A więc nieubrana stała sprzężenia $\alpha_0 = e_0^2/4\pi$ dana jest przez rozbieżne przejście graniczne

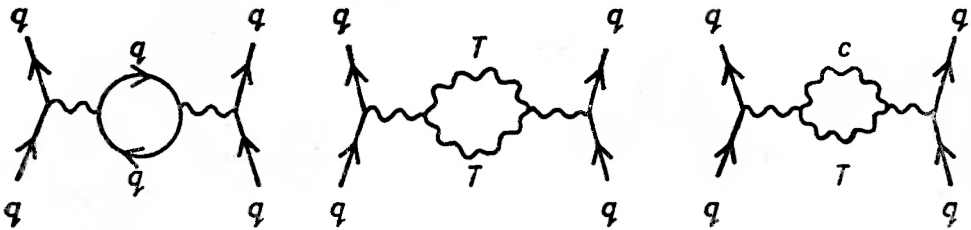
$$\alpha_0 = \lim_{q^2 \rightarrow \infty} \alpha^{ef}(q^2) = \alpha^{ef}(\mu^2) \left[1 + \frac{\alpha^{ef}(\mu^2)}{3\pi} \lim_{q^2 \rightarrow \infty} \ln \frac{q^2}{\mu^2} \right], \quad (54)$$

gdzie użyliśmy wzoru (52) otrzymanego w najniższym rzędzie rachunku perturbacyjnego. (To, że $\alpha_0 = \infty$, jest oczywiście konsekwencją użycia rachunku perturbacyjnego przy $q^2 \rightarrow \infty$ tzn. poza obszarem jego poprawności matematycznej. Poprawność tę psuje tu naturalnie punktowość elektronu tkwiąca u fizycznych podstaw elektrodynamiki kwantowej.) Z drugiej strony tenże rachunek perturbacyjny daje następujący związek między nieubraną a fizyczną stałą sprzężenia:

$$\alpha_0 = \alpha \left(1 + \frac{\alpha}{3\pi} \lim_{q^2 \rightarrow \infty} \ln \frac{q^2}{m_e^2} \right). \quad (55)$$

Tutaj, aby nadać sens w rozumowaniu rozbieżnym wyrażeniom (54) i (55), wprowadza się zwykle górne obcięcie M^2 w przekazy pędu q^2 i przechodzi do granicy $q^2 \rightarrow M^2$ zamiast $q^2 \rightarrow \infty$ (a dopiero na końcu wszystkich rachunków zdąża się z M^2 do ∞). Żądanie konsystencji wyrażeń (54) i (55) prowadzi rzeczywiście do $\alpha = \alpha^{ef}(\mu^2)$ przy $\mu^2 = m_e^2$. Widzimy więc ostatecznie, że przyjmując jako punkt renormalizacji μ^2 wartość m_e^2 dostaje się ze wzoru (53) związek

$$\alpha^{ef}(q^2) = \frac{\alpha}{1 - \frac{\alpha}{3\pi} \ln \frac{q^2}{m_e^2}}. \quad (56)$$



Rys. 2. Poprawki od polaryzacji próżni w chromodynamice kwantowej

Gdy przechodzimy do chromodynamiki kwantowej, zjawisko polaryzacji próżni znacznie się komplikuje ze względu na to, że obok kwarków również gluony niosą kolor i wobec tego sprzęgają się z polem gluonowym. W najniższym rzędzie rachunku perturbacyjnego poprawkę pochodzącą od polaryzacji próżni do wymiany jednego gluonu między dwoma kwarkami przedstawiają trzy diagramy na rys. 2, gdzie dla pola gluonowego użyto wspomnianego wcześniej wycechowania Coulomba, które dzieli każde z ośmiu pól wektorowych na klasyczne, statyczne pole typu Coulomba i na kwantowe pole po-

przecznę. Symbol T oznacza na rys. 2 gluon poprzeczny, zaś C — gluon typu Coulomba (lub poprawniej — statyczne oddziaływanie typu Coulomba z wymianą koloru). W przybliżeniu statycznym linie gluonowe łączące pętlę polaryzacji z liniami kwarkowymi także odpowiadają gluonom typu Coulomba. Diagramy na rys. 2 prowadzą do następującego wzoru na efektywną “stałą” sprzężenia w chromodynamice kwantowej (która zastępuje teraz stałą $\alpha_s = g^2/4\pi$ we wzorze (42) na potencjał typu Coulomba)

$$\alpha_s^{\text{ef}}(q^2) = \alpha_s^{\text{ef}}(\mu^2) \left[1 + B\alpha_s^{\text{ef}}(\mu^2) \ln \frac{q^2}{\mu^2} \right], \quad (57)$$

gdzie

$$B = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{2}{3} n_f + 5 - 16 \right) = \frac{2n_f - 33}{12\pi}, \quad (58)$$

zaś μ^2 jest dowolnie ustalonym punktem renormalizacji. W wyrażeniu (58) na B przyczynki $(2/3)n_f$, 5 oraz -16 pochodzą kolejno od trzech diagramów na rys. 2, przy czym n_f oznacza liczbę rodzajów (posmaków) kwarków tworzących pętlę polaryzacyjne (przy danym przekazywaniu pędu q^2). W obecnych doświadczeniach maksymalna wartość n_f wynosi 5 (występują bowiem kwarki u , d , s , c , b). Zauważmy, że dwa pierwsze przyczynki do B mają ten sam znak co analogiczny współczynnik w elektrodynamice kwantowej i dają ekranowanie koloru, natomiast trzeci przyczynek ma znak przeciwny i prowadzi do “antyekranowania” (wzmacniania) koloru. Jeśli tylko $n_f \leq 16$ ($< 33/2$), ten trzeci przyczynek bierze górę i mamy $B < 0$. Sumując teraz diagramy takie jak na rys. 2, ale z dowolną liczbą pętli polaryzacyjnych na tej samej linii gluonowej, dostaje się wzór

$$\alpha_s^{\text{ef}}(q^2) = \frac{\alpha_s^{\text{ef}}(\mu^2)}{1 - B\alpha_s^{\text{ef}}(\mu^2) \ln \frac{q^2}{\mu^2}}, \quad (59)$$

który pokazuje, że w przypadku $B < 0$ efektywna “stała” sprzężenia staje się nieskończona, gdy q^2 maleje do wartości $\mu^2 \exp[1/B\alpha_s^{\text{ef}}(\mu^2)]$, zaś z drugiej strony dąży do zera, gdy $q^2 \rightarrow \infty$. Ostatnią cechę nazywamy właśnie asymptotyczną swobodą i widzimy, że jest związana z posiadaniem koloru przez gluony, a więc z nieabelowością chromodynamiki kwantowej. Możemy zatem stwierdzić, że w chromodynamice kwantowej rachunek perturbacyjny dobrze funkcjonuje przy dużych przekazach pędu q^2 (czyli małych odległościach r) a załamuje się przy małych q^2 (czyli dużych r). W związku z tym mówimy o *podczerwonej niestabilności* chromodynamiki kwantowej. Mamy więc tu sytuację dokładnie odwrotną do sytuacji w elektrodynamice kwantowej. Należy ponownie podkreślić, że wzór (59) obowiązuje jedynie w ziterowanym najniższym rzędzie rachunku perturbacyjnego i załamuje się przy małych przekazach pędu q^2 .

W elektrodynamice kwantowej można zmierzyć fizyczną stałą sprzężenia α poprzez badanie efektywnego potencjału Coulomba przy dużych r , czyli przy małych q^2 (efektywnie przy $q^2 \rightarrow m_e^2$). Rzeczywiście, dla transformaty Fouriera efektywnego potencjału Coulomba wnioskujemy na podstawie wzoru (56), że

$$\frac{4\pi}{(2\pi)^3} \frac{\alpha^{\text{ef}}(q^2)}{q^2} \xrightarrow{q^2 \rightarrow m_e^2} \frac{4\pi}{(2\pi)^3} \frac{\alpha}{q^2}. \quad (60)$$

Analogiczne przejście graniczne nie jest możliwe do wykonania w chromodynamice kwantowej, gdzie załamuje się rachunek perturbacyjny dla małych q^2 . W związku z tym musimy tu wprowadzić dowolny punkt renormalizacji μ^2 i operować arbitralną stałą sprzężenia $\alpha_s = \alpha_s^{\text{ef}}(\mu^2)$. Przy innym wyborze μ'^2 punktu renormalizacji mamy inną stałą sprzężenia $\alpha'_s = \alpha_s^{\text{ef}}(\mu'^2)$, ale na mocy wzoru (59) zachodzi zawsze

$$\frac{1}{\alpha_s} + B \ln \mu^2 = \frac{1}{\alpha'_s} + B \ln \mu'^2. \quad (61)$$

Stąd wniosek, że istnieje jednak "prawdziwy", niezależny od wyboru punktu renormalizacji parametr teorii, który można zdefiniować wzorem

$$B \ln \Lambda^2 = \frac{1}{\alpha_s} + B \ln \mu^2. \quad (62)$$

Po skorzystaniu z tej definicji formuła (59) daje się przepisać w postaci

$$\alpha_s^{\text{ef}}(q^2) = \frac{1}{-B \ln \frac{q^2}{\Lambda^2}} = \frac{12\pi}{(33 - 2n_f) \ln \frac{q^2}{\Lambda^2}}. \quad (63)$$

Parametr Λ , noszący nazwę *parametru skali masy*, musi być wyznaczony z doświadczenia (podobnie jak stała sprzężenia α w elektrodynamice kwantowej). Zastosowanie chromodynamiki kwantowej do procesów głęboko nieelastycznych, a zwłaszcza badanie odstępstw od ścisłego skalowania Bjorkena, wskazuje, że $\Lambda \sim 500$ MeV. Parametr Λ charakteryzuje tu przekazy pędu, przy których efektywna "stała" sprzężenia stawałaby się wielka, gdyż $\alpha_s^{\text{ef}}(\Lambda^2) = \infty$ (patrz wzór (63)), co odpowiadałoby uwięzieniu kwarków wewnątrz kuli o promieniu $1/\Lambda$ (np. dla $\Lambda = 500$ MeV promień ten wynosiłby ok. 0.5 fm). Jednakże perturbacyjna formuła (63) została wyprowadzona w przypadku małego $\alpha_s^{\text{ef}}(q^2)$, tzn. przy dużych $\ln(q^2/\Lambda^2)$ (czyli $q^2 \gg \Lambda^2$), nie ma więc podstaw do jej stosowania przy $q^2 \sim \Lambda^2$.

Z drugiej strony widzimy jednak, że rachunek perturbacyjny wskazuje na występującą w chromodynamice kwantowej tendencję wzrostu efektywnej "stałej" sprzężenia wraz z malejącym przekazem pędu q^2 (czyli rosnącą odległością r), a więc dążność do kolimacji linii pola chromoelektrycznego z wzrastającą odległością r . Przyczyną tej tendencji jest "antyekranowanie" (wzmocnienie) koloru spowodowane trzecim diagramem na rys. 2, który w przybliżeniu statycznym przedstawia chromomagnetyczną (T) poprawkę do oddziaływania chromoelektrycznego (C). Odpowiada ona "przyciąganiu się" linii pola chromoelektrycznego (na skutek oddziaływania chromomagnetycznego pomiędzy nimi), które prowadzi do pewnej kolimacji tych linii. "Przyciąganie" to jest jakby wyrazem "kolorowego prawa Biota-Savarta", bowiem w przypadku statycznym wzdłuż linii pola chromoelektrycznego "biegną" w zgodnym kierunku gluony typu Coulomba niosąc kolor. Jak mówiliśmy wcześniej, kolimacja tych linii przy $r \rightarrow \infty$ w rurkę pola chromoelektrycznego, łączącego przyciągające się dwa kwarki lub kwark i antykwark, dałaby wzajemne ich uwięzienie poprzez potencjał rosnący liniowo z r . Jest w tej chwili sprawą otwartą, czy rzeczywiście na skutek działania jakiegoś mechanizmu nieperturbacyjnego

(jak np. hipotetyczne uwięzienie poprzez próżnię nadprzewodzącą chromomagnetyzm) występuje w chromodynamice kwantowej kolimacja linii pola chromoelektrycznego, wystarczająca do uwięzienia kwarków.

Tak czy inaczej, możemy stwierdzić, że pojawiła się przed nami trudna matematycznie ale precyzyjna teoria kwantowa, mająca szansę okazać się ścisłą teorią fizyczną silnych oddziaływań. Spełniałaby ona tu rolę równie podstawową jak ta, którą dla oddziaływań elektromagnetycznych odgrywa elektrodynamika kwantowa Maxwella–Diraca [9].

Literatura

- [1] Artykuły w *Postęпах Fizyki* w ostatnich latach poświęcone różnym aspektom problemu kwarków i ich związku z leptonami: A. Szymacha, Zunifikowane teorie oddziaływań słabych i elektromagnetycznych, *Postępy Fizyki* 27, 117 (1976); W. Gajewski i M. Świącki, Model partonowo-kwarkowy hadronów, *Postępy Fizyki* 27, 323 (1976); G. Białkowski, Nowe cząstki, *Postępy Fizyki* 27, 575 (1976); M. Kupczyński, Odkrycie powabu, *Postępy Fizyki* 28, 275 (1977); S. Pokorski, Produkcja hadronów z dużymi pędami poprzecznymi w zderzeniach hadronów przy wysokich energiach, *Postępy Fizyki* 28, 391 (1977); A. Para, Słabe prądy neutralne, *Postępy Fizyki* 28, 405 (1977); Y. Nambu, Uwięzienie kwarków (tłum. G. Wilk), *Postępy Fizyki* 28, 631 (1977); W. B. Berestecki, Ładunek zerowy i swoboda asymptotyczna (tłum. J. Kalinowski), *Postępy Fizyki* 28, 659 (1977); J. Zakrzewski, Leptony, kwarki — i co dalej?, *Postępy Fizyki* 29, 67 (1978); S. C. C. Ting, Odkrycie cząstki J — wspomnienia osobiste (tłum. H. Ambramowicz), *Postępy Fizyki* 29, 147 (1978); B. Richter, Od cząstki ψ do powabu — eksperymenty z lat 1975 i 1976 (tłum. M. Szeptycka), *Postępy Fizyki* 29, 175 (1978); M. Szczekowski, Produkcja dwóch i trzech leptonów w eksperymentach leptonowych, *Postępy Fizyki* 29, 305 (1978); A. Jurewicz, Postępy „nowej fizyki”, *Postępy Fizyki* 29, 345 (1978); R. F. Schwitters, Cząstki elementarne obdarzone powabem (tłum. G. Wilk), *Postępy Fizyki* 30, 23 (1979); M. Szczekowski, Piąty kwark?, *Postępy Fizyki* 30, 69 (1979).
- [2] O. W. Greenberg, *Phys. Rev. Lett.* 13, 598 (1964); M. Han i Y. Nambu, *Phys. Rev.* 139, 1006 (1965).
- [3] Y. Nambu, *Preludes in Theoretical Physics*, Amsterdam, 1966.
- [4] W wersji operującej jedynie dwoma diagonalnymi operatorami koloru: W. Królikowski, *Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Math. Astr. Phys.* 15, 363 (1967). Tutaj kolor nazywano ładunkiem kwarkowym. Nazwę kolor wprowadził Gell-Mann w 1972 r. W wersji ostatecznej z ośmioma operatorami koloru: H. J. Lipkin, *Phys. Lett.* 45B, 267 (1973).
- [5] H. Fritsch, M. Gell-Mann, Proc. XVI Int. Conf. on High Energy Physics, Chicago — Batavia 1972, tom 2, str. 135.
- [6] D. Gross, F. Wilczek, *Phys. Rev. Lett.* 30, 1343 (1973); H. D. Politzer, *Phys. Rev. Lett.* 30, 1346 (1973); G. 't Hooft (wynik nieopublikowany).
- [7] F. P. Feynman, *Photon-Hadron Interactions*, Benjamin, 1972; J. D. Bjorken, E. A. Paschos, *Phys. Rev.* 185, 1975 (1969).
- [8] G. Sterman, S. Weinberg, *Phys. Rev. Lett.* 39, 1436 (1977).
- [9] Dość aktualny opis sytuacji w fizyce cząstek elementarnych można również znaleźć w artykule: W. Królikowski, W poszukiwaniu elementarnych składników materii, wykłady w ramach Wszechnicy PAN w 1976, wydane w *Nauka a rewolucja naukowo-techniczna*, Ossolineum 1979.

Ewa Skrzypczak

Institut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytet Warszawski
Warszawa

Fizyka i jej metody w naukach medycznych

Physics and its Methods in Medicine

Abstract: The article presents a review of problems in medicine (both hospital practice and research) in which methods of physics are used. A somewhat arbitrary classification of various fields of activity in medical physics is given. Several examples are discussed in more detail. The importance of approaches resulting from the education and experience of physicists in solving problems of medical physics in collaboration with physicians is indicated.

1. Wstęp

Mimo, że fizyka medyczna jako określony dział fizyki istnieje stosunkowo od niedawna, to jednak pewne związki między fizyką a medycyną można odnaleźć w czasach bardzo odległych (w skali rozwoju nauk ścisłych). Nadworny lekarz królowej Elżbiety I angielskiej, Gilbert, znany jest w historii fizyki jako jeden z badaczy zjawisk magnetycznych. W języku angielskim odnajdujemy wspólny rdzeń słowotwórczy w słowie "fyzyk" (physicist) i "lekarz" (physician). Można by, oczywiście, przytoczyć znacznie więcej przykładów takich powiązań, także o charakterze bardziej merytorycznym.

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat niejedno odkrycie, związane z badaniami podstawowymi w dziedzinie fizyki, otworzyło zupełnie nowe możliwości w diagnostyce i terapii medycznej oraz w zakresie profilaktyki i ochrony zdrowia. Najbardziej znanymi przykładami są, z pewnością, odkrycie i zbadanie podstawowych właściwości promieni X przez Roentgena, niemal natychmiast wykorzystanych w diagnostyce medycznej, czy odkrycie i zbadanie niektórych pierwiastków promieniotwórczych przez M. Skłodowską-Curie i P. Curie, wkrótce wykorzystanych do terapii chorób nowotworowych. Z innych, szeroko znanych przykładów, można wymienić wykorzystanie ultradźwięków do uwidoczniania wewnętrznych struktur w organizmach, wiązek laserowych do przeprowadzania

subtelnych zabiegów chirurgicznych, stosowanie cząstek przyspieszonych w akceleratorach dla celów terapii onkologicznej, czy wykorzystanie detekcji i analizy biosygnatów (np. przebiegów elektrycznych) dla celów diagnostycznych.

Stałe liczenie na kojarzenie potrzeb i zainteresowań medycyny z odkryciami i osiągnięciami w badaniach fizycznych byłoby jednak, oczywiście, niewystarczające na dłuższą metę. Stopniowo powstał i w znacznym stopniu okrzepł dział fizyki, określany jako fizyka medyczna. Mimo pewnych wysiłków, głównie na odpowiednich kongresach i zjazdach, nie sformułowano dotychczas — o ile mi wiadomo — zadowalającej, a zarazem związanej definicji zakresu działań oraz środków, jakimi posługuje się i celów, jakie stawia sobie ten dział fizyki. Najbardziej może odpowiadającym rzeczywistości jest stwierdzenie, że fizyka medyczna zajmuje się badaniami, zarówno doświadczalnymi jak i teoretycznymi, w których wykorzystywane są metody, podejścia i drogi rozumowania właściwe fizyce; w problemach związanych z badaniami biomedycznymi i praktyką kliniczną. Nawet przy tak nieprecyzyjnym określeniu fizyki medycznej łatwo dostrzec, że zakres tej dyscypliny jest bardzo szeroki.

Celem niniejszego artykułu nie jest, oczywiście, prezentacja wszystkich kierunków i działów fizyki medycznej, czy choćby ich pełna klasyfikacja; sprostanie temu zadaniu byłoby niemożliwe, a nawet niecelowe w artykule przeznaczonym dla Czytelników *Postępów Fizyki*. Spróbujemy natomiast na tle bardzo ogólnego, niemal arbitralnego podziału obszernego zakresu działań w tej dziedzinie, przedstawić kilka przykładów, które powinny przybliżyć Czytelnikowi — fizykowi rolę i zadania fizyki medycznej.

2. Zakres zainteresowań i badań fizyki medycznej

Podział fizyki medycznej na poszczególne działy jest — jak każda klasyfikacja — umowny i z konieczności niedoskonały. Jako zasadę podziału można przyjąć np. środki działania (różne metody eksperymentalne, różne metody analizy wyników i danych, różne podejścia teoretyczne), ich cele (konstrukcja i wykorzystanie aparatury, usprawnienie niektórych postępowań klinicznych, badanie funkcjonowania struktur występujących w żywych organizmach na różnym poziomie ich złożoności itp.), czy działy fizyki wykorzystywane w naukach medycznych (np. fizyka jądrowa, optyka, akustyka itp.).

Dla celów tego artykułu przyjmujemy odmienną zasadę klasyfikacji, też zresztą nie pozbawioną wad i niekonsekwencji oraz częściowego zachodzenia na siebie poszczególnych działów. Zaletą jej jest, jak się wydaje, przejrzystość celów, którym służy każdy z wymienionych niżej działów z punktu widzenia nauk medycznych¹. Wyróżnimy zatem:

- A) zagadnienia diagnostyki medycznej,
- B) zagadnienia terapii i rehabilitacji,
- C) problemy związane z monitorowaniem przebiegu leczenia i kompleksowymi badaniami stanu fizjologicznego organizmu,

¹ Bardzo szczegółową klasyfikację problematyki fizyki medycznej z rozbudowaną i rozgałęzioną na wiele wąskich grup tematycznych strukturą można znaleźć np. w *Phys. Med. Biol.* **23**, 1243 (1978).

- D) zagadnienia profilaktyki i ochrony zdrowia przed promieniowaniem i różnorodnymi skażeniami środowiska,
- E) badania podstawowe w naukach biologicznych, prowadzone metodami i środkami właściwymi fizyce.

Każdą z wyżej wymienionych grup można podzielić na odpowiednie poddziały, w których stosowane metody różnią się znacznie od siebie.

Przyznając, że dalszy podział nie może być kompletny wymieniamy poniżej przykłady problematyki, wchodzącej w skład wyżej wymienionych działów.

W diagnostyce medycznej (grupa A) można wymienić następujące metody, oparte o odpowiednie zjawiska i podejścia stosowane w fizyce:

1) wykorzystujące kwanty promieniowania elektromagnetycznego, i cząstki jonizujące (wśród nich: konwencjonalne badania rentgenowskie, scyntygrafia, tomografia komputerowa, kseroradiografia, jonografia oraz metody wykorzystujące, np. dla badań procesów metabolicznych, substancje znakowane izotopami promieniotwórczymi),

2) wykorzystujące ultradźwięki,

3) wykorzystujące procesy zachodzące w żywych organizmach bez stosowania czynników ingerujących od zewnątrz (tzw. metody bezinwazyjne, np. analiza biosygnarów, termografia),

4) wykorzystujące złożone i często ze sobą powiązane zespoły danych (np. ujęte ilościowo bądź jakościowo dane fizjologiczne), analizowanych następnie zaawansowanymi metodami statystycznymi.

W terapii i rehabilitacji medycznej, wykorzystującej metody fizyki (grupa B) można spośród obszernej listy zagadnień wymienić dla przykładu:

1) stosowanie kwantów promieniowania elektromagnetycznego, bądź cząstek jonizujących, czy neutronów do leczenia chorób nowotworowych,

2) stosowanie wiązek laserowych, np. w okulistyce,

3) stosowanie mikrofal, w szczególności do wywoływania lokalnych zmian temperatury w organizmie (hipo- i hipertermia),

4) konstrukcja i stosowanie sztucznych narządów i protez.

Do grupy C) problemów, związanych z monitorowaniem przebiegu leczenia, gdzie o skuteczności działania decyduje szybkie lub nieomal jednoczesne zbieranie i wykorzystywanie różnorodnych danych o stanie pacjenta, należy zaliczyć zagadnienia fizyki i techniki (w szczególności automatyki), których rozwiązanie prowadzi do szybkiego uzyskiwania i przetwarzania danych w układzie sprzężenia zwrotnego umożliwiającego ich szybkie wykorzystanie do podejmowania decyzji o dalszym postępowaniu diagnostycznym i terapeutycznym.

Do zespołu zagadnień (D) należą liczne problemy, związane z ogólnie pojętą profilaktyką i ochroną przed promieniowaniem oraz różnego rodzaju skażeniami i zagrożeniami, występującymi w środowisku naturalnym czy w miejscach pracy. Działania fizyków medycznych koncentrują się tu na zagadnieniach pomiarowych i aparaturowych, na badaniu oddziaływań czynników takich jak promieniowanie, silne pola elektryczne czy magnetyczne, hałas, działających na żywe organizmy i na proponowaniu środków profilaktycznych, ustalaniu dopuszczalnych norm itp.

Grupa zagadnień (E) obejmuje problemy, w których eksperymentalne i teoretyczne metody fizyki wykorzystywane są w:

1) badaniach statycznych (struktur) i dynamicznych (procesów) na poziomie komórkowym i subkomórkowym (np. badanie cyklu komórkowego i jego faz, badanie błon komórkowych i procesów w nich zachodzących, badanie oddziaływań międzykomórkowych oraz komórek biologicznych z innymi obiektami, np. ze ściankami naczyń krwionośnych),

2) badanie struktur i procesów na poziomie bardziej złożonych układów fizjologicznych (np. funkcjonowanie komórek nerwowych, czy włókien mięśniowych, funkcjonowanie całych narządów, układów sterujących i regulujących w złożonych obiektach biologicznych).

Łatwo dostrzec, że w podanym powyżej schemacie klasyfikacyjnym problematyki wchodzącej w zakres fizyki medycznej szereg zagadnień różnych grup wiąże się wzajemnie ze sobą, a granice pomiędzy poszczególnymi działami są płynne i należy je traktować jako umowne.

W dalszym ciągu tego artykułu przedstawimy nieco bliżej parę przykładów, w których zastosowanie aparatu myślowego i instrumentalnego fizyki, wspomaganego odpowiednim aparatem matematycznym prowadzi lub budzi nadzieję doprowadzenia do istotnego postępu w pracach badawczych w naukach biologicznych lub w praktyce medycznej.

Każdy z tematów, które poruszymy poniżej będzie — z konieczności — potraktowany w znacznym skrócie, ponieważ szczegółowe omówienie wymagałoby niemal w każdym przypadku odrębnego, dość obszernego artykułu, podczas gdy celem niniejszego przeglądu jest raczej ukazanie “z lotu ptaka” możliwie szerokiego wachlarza problemów, którymi zajmuje się fizyka medyczna, a nie pełne przedstawienie jednego czy dwóch zagadnień; to ostatnie stanowi z natury rzeczy przedmiot artykułów w czasopismach specjalistycznych.

3. Niektóre problemy fizyki medycznej w zastosowaniu do diagnostyki medycznej

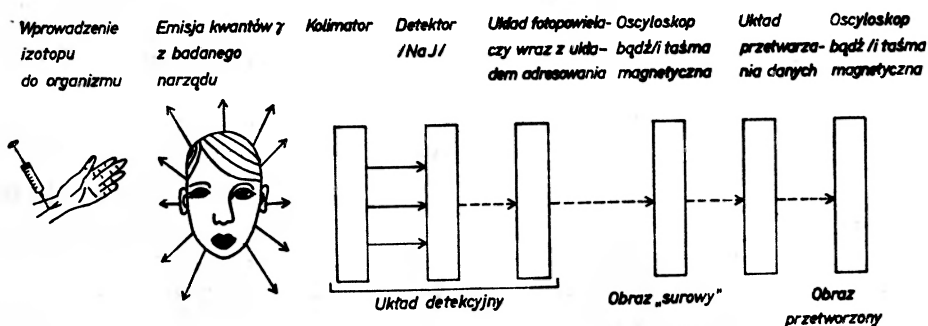
W tej części artykułu podamy przykłady o dużym znaczeniu dla diagnostyki lekarskiej, stanowiące zarazem pole działania dla fizyków medycznych.

3.1. Scyntygrafia — metoda uwidoczniania narządów i wykrywania w nich zmian patologicznych

Powszechnie znana i od dawna stosowana metoda prześwietleń i zdjęć rentgenowskich, uwidoczniających m. in. patologiczne zmiany w wewnętrznych narządach organizmu, np. w płucach czy kośćcu, w istocie swej wykorzystuje różnice w przenikalności promieni X przez ośrodek materialny o różnym składzie atomowym, w szczególności o różnej liczbie atomowej Z . Jeżeli jednak przedmiotem badań jest obiekt o słabo zróżnicowanym składzie atomowym, to badanie rentgenowskie, nawet przy stosowaniu odpowiednich substancji (tzw. kontrastów) wprowadzanych do danego narządu oraz przy starannym doborze kliszy rentgenowskiej, w wielu przypadkach nie może dostarczyć wiarygodnej informacji o strukturze badanego obiektu. W takich przypadkach stosuje się często w prak-

tyce klinicznej inne, uzupełniające, metody diagnostyczne, np. metody scyntygraficzne, kseroradiograficzne czy jonograficzne. Pierwszą z nich omówimy poniżej.

Tkanka prawidłowa i patologicznie zmieniona mogą różnić się m. in. zdolnością do wychwytywania (gromadzenia) pewnych związków organicznych, przy czym w zależności od rodzaju i lokalizacji zmiany patologicznej oraz od rodzaju substancji przyswajanie jej może być wzmożone bądź osłabione w obszarze zmiany w porównaniu z obszarem sąsiadującej z nią tkanki prawidłowej. Tego rodzaju substancja może być wykorzystana jako nośnik wbudowanego w nią znacznika — izotopu promieniotwórczego, emitującego kwanty gamma. Badany obszar narządu staje się wówczas źródłem emisji kwantów gamma, przy czym emisja z objętości zmiany patologicznej może być wzmożona bądź osłabiona w stosunku do emisji kwantów z pozostałej objętości narządu. Mówimy wówczas, że obszar zmiany jest ogniskiem “gorącym”, lub — odpowiednio — “zimnym”. Przedmiotem badania scyntygraficznego jest zatem stwierdzenie obecności takich ognisk poprzez detekcję kwantów gamma, emitowanych z badanego narządu i, choćby przybliżone, odtworzenie lokalizacji ognisk w badanym narządzie. Idea postępowania jest zatem prosta, wymaga jednak praktycznego opracowania zarówno dostatecznie skutecznej metody detekcji, jak i metody zadowalająco wiarygodnego odtwarzania rozmieszczenia izotopu promieniotwórczego w badanym obiekcie; istotnym elementem postępowania jest ponadto dobór odpowiedniego izotopu i jego nośnika, należy bowiem mieć na uwadze ochronę pacjenta przed ubocznymi skutkami, jakie mogłaby wywierać na organizm substancja — nośnik oraz przed nadmiernym niepożądanym napromieniowaniem organizmu. Izotopy stosowane w scyntygrafii powinny zatem charakteryzować się okresem połowicznego zaniku dostatecznie długim, aby można było zrealizować badanie scyntygraficzne i dostatecznie krótkim, aby badany organizm nie był w sposób istotny narażony na napromienianie już po zakończeniu procedury scyntygraficznej. Warto przy okazji wspomnieć, że na obserwowany okres połowicznego zaniku wpływa zarówno zanik “fizyczny”, związany z procesami promieniotwórczymi, jak i zanik “biologiczny”, wynikający z procesów fizjologicznych i biochemicznych, zachodzących w organizmie, które prowadzą w efekcie do stopniowego usuwania z badanego narządu wprowadzonej doń substancji — nośnika izotopu promieniotwórczego. Widać stąd, że dobór właściwego nośnika izotopu promieniotwórczego stanowi pewien problem. Jego rozwiązanie nie należy, oczywiście, do zadań fizyka medycznego, który jednak musi uwzględnić rodzaj izotopu promieniotwórczego



Rys. 1. Uproszczony schemat badania scyntygraficznego

i jego nośnika, tj. dysponować znajomością energii emitowanych kwantów gamma oraz okresu połowicznego zaniku. Znajomość tych parametrów jest niezbędna dla optymalnej detekcji kwantów w aparaturze oraz dla określenia dawki pochłoniętej przez organizm w wyniku badania scyntygraficznego.

Schemat typowego układu scyntygraficznego przedstawia rys. 1, zaś zdjęcie aparatury wraz z urządzeniami peryferyjnymi, zainstalowanej do pracy w warunkach klinicznych przedstawia rys. 2.

Substancja znakowana izotopem promieniotwórczym np. technetem ^{99m}Tc zostaje wprowadzona dożylnie do organizmu. Po pewnym czasie rozkład jej stężenia w badanym narządzie może być przedmiotem badania scyntygraficznego. Izotop emituje kwanty gamma izotropowo; część z nich trafia do układu detekcyjnego, złożonego z odpowiednio dobranego kolimatora, kryształu scyntylicyjnego (NaJ aktywowany talem) oraz zespołu fotopowielaczy. Impulsy elektryczne powstające w fotopowielaczach odbierane są następnie przez układ elektroniczny, zwany układem adresowania, który umożliwia przyporządkowanie poszczególnych impulsów odpowiednim elementom dwuwymiarowej siatki, tworzącej pierwotny "obraz scyntygraficzny". Obraz, uzyskany w ten sposób może być przedstawiony na kliszy fotograficznej, gdzie stopień zaciemnienia poszczególnych elementów zdjęcia jest miarą liczby zarejestrowanych kwantów gamma, bądź w postaci dwuwymiarowej tablicy, gdzie liczby lub odpowiednio dobrane znaki czy barwy odpowiadają wybranym przedziałom liczebności kwantów gamma. W każdym przypadku obraz taki stanowi pewne odwzorowanie rozmieszczenia źródeł promieniotwórczych w badanym obiekcie, rzutowanego na płaszczyznę prostopadłą do osi układu. Stosując tzw. kolimatory ogniskujące można uzyskać informacje o rozkładzie źródeł w pewnej wybranej warstwie danej objętości. Z reguły jednak nie można liczyć na uzyskanie pełnej informacji o rzeczywistym rozkładzie przestrzennym źródeł, tym bardziej, że nawet rzutowany rozkład daleki jest od doskonałej wierności odwzorowania. Źródła tych niedoskonałości (zniekształceń) są liczne i różnorodne. Otrzymany obraz scyntygraficzny obarczony jest w rezultacie niedoskonałością odwzorowania wynikającą w szczególności ze skończonej zdolności rozdzielczej układu oraz z fluktuacji statystycznych, nieuchronnych przy procesach promieniotwórczych, zachodzących w źródłach o małej aktywności. Nie wchodząc w szczegółowe omawianie tych zagadnień warto podkreślić, że osiągnięcie optymalnych warunków pracy układu, minimalizacji odkształceń odwzorowania, a przynajmniej ich zbadanie i uwzględnienie oraz analiza zdolności rozdzielczej poprzez badanie obrazów pochodzących od źródeł niemal punktowych, bądź liniowych, stanowi nieodłączny element przygotowania aparatury do wiarygodnego stosowania jej w badaniach klinicznych.

"Surowe" dane, uzyskane bezpośrednio z układu scyntygraficznego, pozwalają zazwyczaj na stwierdzenie obecności rozległych obszarów zmian patologicznych. Wizualna analiza takiego obszaru jest zazwyczaj mało wydajna, a decyzja czy obszar wykazuje obecność ogniska bywa często zawodna. Rys. 3a przedstawia ilustrację takiego "surowego" obrazu scyntygraficznego, uzyskanego w symulowanym eksperymencie, zrealizowanym przed kilku laty w ramach współpracy kilkunastu ośrodków, zorganizowanej przez Międzynarodową Agencję Atomową. Ze względu na cel i zakres eksperymentu badany obiekt miał prosty kształt geometryczny, a model komputerowy miał na celu symulację proce-

dury scyntygraficznej o określonych charakterystykach układu, zbliżonych do pracy w warunkach klinicznych.

Celem polepszenia efektywności i wiarygodności detekcji ognisk (obszarów o odmiennej niż w otoczeniu gęstości źródeł promieniotwórczych) stosuje się różne metody przetwarzania obrazów scyntygraficznych. W metodach tych (poprzedzonych analizą parametrów układu) uwzględnia się różne charakterystyki układu scyntygraficznego, w szczególności np. jego zdolność rozdzielczą oraz stosuje się procedury matematyczne, mające na celu obniżenie zakłócającego wpływu szmerów i fluktuacji na jakość obrazu. Procedura przetwarzania obrazu polega najczęściej na dokonaniu spłotu rozkładu, odpowiadającego "surowemu" obrazowi, z odpowiednio dobraną funkcją wygładzającą. Nie mogąc tu wchodzić w szczegółową dyskusję tych zagadnień dodamy tylko, że optymalizacja metod przetwarzania obrazów scyntygraficznych jest przedmiotem aktualnych badań w wielu ośrodkach. Współczesna aparatura scyntygraficzna, w skład której wchodzi często minikomputer, umożliwia przetwarzanie obrazu w układzie *on-line* i uzyskiwanie obrazu przetworzonego bezpośrednio na ekranie oscylograficznym, lub w postaci zdjęcia czy zapisu na taśmie magnetycznej w wariancie cyfrowym.

Przykład roli przetwarzania układu scyntygraficznego metodą spłotów przedstawia rys. 3b; łatwo dostrzec, że detekcja ognisk jest łatwiejsza i pewniejsza niż w przypadku obrazu "surowego" (rys. 3a).

Eksperymentalne i teoretyczne udoskonalenie metod scyntygrafii stanowi interesujące pole działania dla fizyków medycznych.

Metody konwencjonalnej scyntygrafii nie zawsze umożliwiają detekcję małych zmian w badanym obiekcie, podczas gdy w wielu przypadkach klinicznych o skuteczności diagnozy i podjęciu decyzji o dalszym postępowaniu diagnostycznym czy terapeutycznym decyduje uzyskanie wiarygodnej informacji o niejednorodności badanego obiektu (np. detekcja małych guzów nowotworowych we wczesnym stadium ich rozwoju czy stwierdzenie nieprawidłowości w tkankach mózgowych w badaniach neurofizjologicznych).

Nowe możliwości w tym zakresie pojawiły się wraz z rozwojem metod tomografii komputerowej.

3.2. Tomografia komputerowa — metoda uwidaczniania struktury narządów wewnętrznych i ich patologii

Idea badań tomograficznych nie jest nowa i opiera się na prostych zasadach. Polega ona mianowicie na detekcji i rejestracji promieniowania pochodzącego bądź ze źródeł zewnętrznych i przechodzącego przez badany obiekt (tomografia transmisyjna), bądź ze źródeł wewnętrznych — radioizotopów wprowadzonych do badanego obiektu (tomografia emisyjna), przy czym detekcja i rejestracja dokonywane są pod różnymi kątami względem układu odniesienia, związanego z badanym obiektem.

Dla ustalenia uwagi będziemy dalej rozważać metodę tomografii transmisyjnej, opartej najczęściej na stosowaniu promieniowania X ze źródeł zewnętrznych, przechodzącego przez interesujący lekarza obszar ciała pacjenta i rejestrowanego przez układ detektorów. Wynikiem takiego badania jest informacja o osłabieniu wiązek promieniowania X prze-

chodzących w różnych kierunkach przez badany obszar ciała, a zatem — pośrednio — informacja o przestrzennych niejednorodnościach w ośrodku, jaki stanowi badany obiekt.

W przypadku konwencjonalnej metody prześwietlania promieniami X skazani jesteśmy — jak już wspomniano w poprzednim paragrafie — na ograniczenia dwojakiego rodzaju, a mianowicie: 1) przy słabym zróżnicowaniu obiektu pod względem składu atomowego czułość metody opartej na osłabieniu wiązki nie jest duża, oraz 2) uzyskiwana informacja wynika ze scałkowania właściwości (współczynnika pochłaniania) ośrodka na całej drodze promieni rentgenowskich. W przypadku informacji, uzyskiwanych z rejestracji promieniowania przechodzącego przez obiekt pod wieloma różnymi kątami, można (przy tej samej lub nawet mniejszej wartości dawki pochłoniętej, dopuszczalnej ze względu na zdrowie i bezpieczeństwo pacjenta) uzyskać “obraz” struktury wewnętrznej cienkiej warstwy przekroju badanego obiektu. Obraz taki, stanowiący odwzorowanie struktury ośrodka w tej warstwie ze względu na wartość współczynnika pochłaniania promieni X jest wynikiem rekonstrukcji, dokonywanej w oparciu o dane o transmisji promieni X pod różnymi kątami.

W konwencjonalnej tomografii rentgenowskiej, gdzie wykorzystuje się układy z ogniskowaniem wiązek, można uzyskać obraz warstwy o skończonej grubości, jakości jednak takich obrazów pozostawia wiele do życzenia z punktu widzenia ostrości i precyzji odwzorowania szczegółów struktury.

W tomografii komputerowej rekonstrukcja oparta jest o algorytmy, zawierające dane o transmisji promieniowania w każdym z realizowanych w aparaturze kierunków. Rachunki przeprowadzone na maszynie cyfrowej sprzężonej z aparaturą tomograficzną pozwalają praktycznie natychmiast otrzymać obraz żądanej warstwy w postaci zróżnicowanej skali szarości na ekranie lampy kineskopowej, z jednoczesnym zapisem całości informacji na taśmie magnetycznej. Umożliwia to dalsze przetwarzanie i odtwarzanie informacji o zróżnicowaniu badanego obiektu w dowolnym czasie i w takiej prezentacji obrazu jaka jest najbardziej celowa dla lekarza diagnosty w danym przypadku.

Nie mogąc wchodzić w szczegóły konstrukcji aparatury tomograficznej i różnorodnych podejść do matematycznego przetwarzania pierwotnych danych, prowadzącego do uzyskania ostatecznej postaci zrekonstruowanego obrazu tomograficznego, ograniczymy się tylko do zilustrowania jakości takiego obrazu (rys. 4), gdzie skala szarości (bywają też skale barwne) uwidacznia strukturę badanej warstwy. Schemat typowej aparatury tomograficznej przedstawiony jest na rys. 5. Aparatura tomograficzna wraz z komputerem dysponującym standardowymi programami do przetwarzania obrazu i układem do uwidaczniania obrazu przetworzonego, jest dostępna w handlu, jednakże dalsze jej udoskonalenie i wykorzystywanie zarówno na etapie pomiaru jak i przetwarzania danych stanowi pole do działania dla fizyka medycznego.

Rozważane są obecnie i znajdują się w stadium badań laboratoryjnych, pozaklinicznych, projekty wykorzystania wiązek protonów lub cięższych jonów w metodzie tomograficznej. Oddziaływanie takich wiązek z badanym ośrodkiem wiąże się z innymi procesami fizycznymi niż oddziaływanie promieni X czy elektronów i budzi nadzieję uzyskania dobrej informacji o składzie jądrowym ośrodka w oparciu przede wszystkim o procesy rozpraszania na jądrach. Zastosowanie wielodrutowych komór proporcjonalnych do rejestracji cząstek

po przejściu przez ośrodek pozwala oczekiwać uzyskania dużej dokładności w lokalizacji niejednorodności w badanych narządach. Rola fizyka przy projektowaniu, a następnie wykorzystaniu takiego podejścia w diagnostyce medycznej jest oczywista.

Warto wspomnieć, że podejście zbliżone do "tomograficznego" stosowane jest także w metodach diagnostycznych, wykorzystujących ultradźwięki. W konwencjonalnej diagnostyce ultradźwiękowej stosuje się rejestrację fal akustycznych odbijanych od zróżnicowanych ze względu na własności mechaniczne, przede wszystkim gęstość, struktur wewnątrz organizmu. W bardziej rozwiniętych podejściach stosuje się wiązki ultradźwięków padające i odbite wzdłuż różnych kierunków, co pozwala na lepszą lokalizację niejednorodności ośrodka (np. w przypadku, gdy zachodzi potrzeba ustalenia położenia płodu, bicia jego serca, zaś prześwietlenie promieniami X stanowi ostateczność rzadko stosowaną i zawsze nieobojętą dla płodu).

3.3. Analiza biosygnatów jako metoda diagnostyczna.

Spośród innych, wymienionych we wstępie zagadnień diagnostycznych, stanowiących przedmiot zainteresowania fizyki medycznej, omówimy później krótko analizę przebiegów fizjologicznych, t.j. — ogólnie — biosygnatów. Dość powszechnie znane są badania pracy serca (elektrokardiografia, EKG), czy mózgu (elektroencefalografia EEG), polegające na rejestracji amplitudy sygnału w funkcji czasu, a następnie ich ocenie przez lekarza. Badane są również sygnały pochodzące z siatkówki oka, pobudzanej błyskami świetlnymi (elektroretinografia, ERG), czy włókien mięśniowych (elektromiografia, EMG). Prócz najczęściej rejestrowanych przebiegów bioelektrycznych przedmiotem badania bywają też inne sygnały, np. typu akustycznego (fonokardiografia, FKG) czy fonotyreografia, FTG).

Ogólną cechą takich przebiegów jest ich stochastyczny charakter (ilustruje to rys. 6), który utrudnia ich wizualną analizę i interpretację. Analiza wizualna wykorzystuje niewielką część informacji, zawartej w przebiegu.

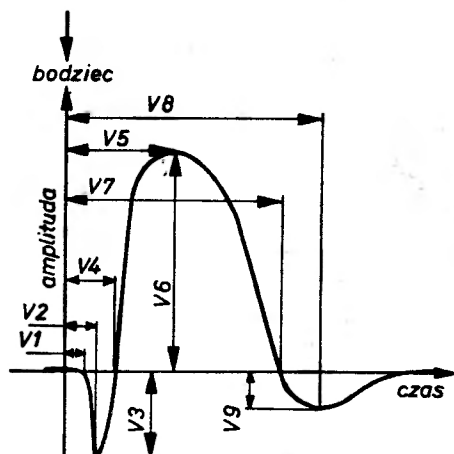
Celem działań fizyka medycznego w tej dziedzinie jest:

1) dostarczenie lekarzowi możliwie prostej w stosowaniu metody wyodrębniania najbardziej istotnych parametrów charakteryzujących badany przebieg, bądź przetworzenie bioprzebiegu w taki sposób, aby eksponować interesujące z punktu widzenia diagnostyki cechy przebiegu,

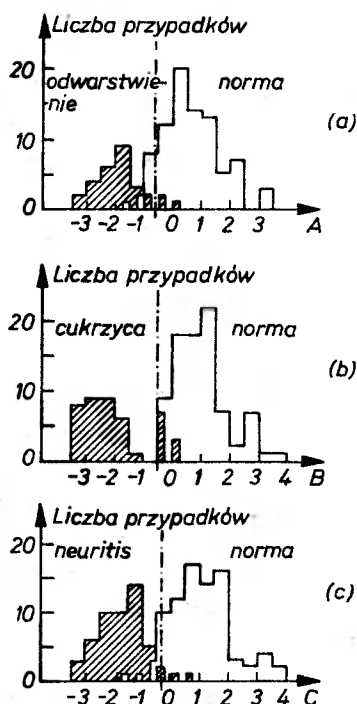
2) analiza bioprzebiegów, powstających spontanicznie w badanym organizmie, lub modyfikowanych czy wywołanych przez świadomie stosowane bodźce. Celem takich eksperymentów jest badanie mechanizmów odpowiedzialnych za powstawanie i kształt biosygnatów, konfrontacja tych wyników z podejściem modelowym do analizy tych mechanizmów i — w konsekwencji — poznawanie mechanizmów występujących w żywym organizmie.

Zagadnienie (2) wiąże się zarówno z praktyką diagnostyki medycznej jak i z badaniami podstawowymi, które w naszej klasyfikacji, zaproponowanej we wstępie nazwaliśmy grupą zagadnień E), ze względu jednak na wspólnotę metod omawiamy je w tym paragrafie.

Metody stosowane w tej dziedzinie fizyki medycznej — to zaawansowane metody



Rys. 7. Schematyczny (wyidealizowany) wykres pojedynczego impulsu ERG — elektroretinogramu. Wartości parametrów V_1 — V_9 , pokazane na rysunku stanowią przedmiot pomiaru w badaniu realnych przebiegów ERG oraz punkt wyjścia do analizy przebiegu metodami analizy dyskryminacyjnej

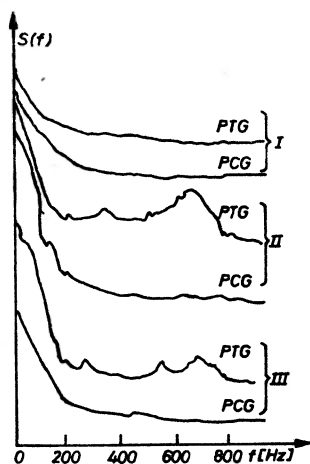


Rys. 8. Przykłady widma wartości funkcji dyskryminacyjnych, otrzymywanych w wyniku badania ERG u poszczególnych pacjentów. Widać wyraźną różnicę między grupami kontrolnymi („norma” na rysunku) a grupami pacjentów, cierpiących na stwierdzone niezależnie schorzenia („odwarstwienie”, „cukrzyca” i „neuritis” na rysunku)

statystyczne takie, jak analiza korelacyjna, analiza dyskryminacyjna, analiza czynnikowa, bądź metody przetwarzania przebiegu czasowego na fourierowskie widmo częstości. Oczywiście w każdym przypadku analiza tego rodzaju musi być poprzedzona ustaleniem określonych warunków pomiaru — wspólnie z lekarzem czy biologiem.

Jako przykład jednego z tych problemów wymienimy analizę dyskryminacyjną, zastosowaną do badania elektoretinogramu (ERG). Wyidealizowany schemat typowego pojedynczego impulsu ERG przedstawia rys. 7, gdzie zaznaczono szereg parametrów, charakteryzujących ten impuls. Wyodrębnienie ich i analiza dla zbioru impulsów, jaki stanowi klinicznie otrzymany przebieg sygnału nie jest możliwe przy bezpośredniej obserwacji przebiegu. Wprawny obserwator — lekarz dostrzega przybliżoną powtarzalność impulsu i może oszacować jakościowo lub przy pomocy prymitywnego pomiaru — ilościowo — uzyskać średnie wartości dwóch — trzech, najbardziej rzucających się w oczy parametrów. Analiza dyskryminacyjna, zastosowana do dziewięciu parametrów, uwidocznionych na rys. 7, wyznaczonych metodą próbkowania na rzeczywistym przebiegu pozwoliła na skonstruowanie jednej tylko funkcji dyskryminacyjnej stanowiącej kombinację liniową parametrów badanego bioprzebiegu. Wartość jej stanowi zatem pewną charakterystykę badanego przebiegu ERG. Widma wartości tej funkcji dla grup pacjentów, wybranych przez lekarza ze względu na znane skądinąd schorzenia, pokazuje rys. 8. Zastosowana metoda pozwoliła na ocenę względnej roli poszczególnych parametrów (miarą tego są poszczególne współczynniki występujące w funkcji dyskryminacyjnej) oraz dostarczyła prostego sposobu oceny ERG przez personel medyczny, w oparciu o dość proste pomiary i obliczanie wartości funkcji dyskryminacyjnej.

Innym przykładem badania przebiegu fizjologicznego, który tu omówimy, jest analiza szmerów, pochodzących z tarczycy. Lekarze specjaliści znają zjawisko wysyłania szme-



Rys. 9. Widmo mocy (przebieg biosygnału, przetworzony na fourierowskie widmo częstości) dla fonotyreogramów i fonokardiogramów (FTG i FKG na rysunku) dla trzech badanych grup pacjentów. I — grupa kontrolna (norma), II — pacjenci, cierpiący na chorobę Gravesa-Basedowa, III — pacjenci, dotknięci wolem guzkowym. Widać wyraźnie, że kształt widma mocy fonokardiogramu różni się nieznacznie dla grup I, II, i III, podczas gdy fonotyreogram zmienia się bardzo istotnie. Wskazuje to na celowość badań fonotyreograficznych i analizy odpowiednich przebiegów dla celów diagnostycznych

rów akustycznych przez tarcycę w pewnych jej stanach patologicznych. Rejestracja tych sygnałów akustycznych może być dokonana na drodze konwencjonalnego osłuchiwania przy pomocy stetoskopu, skuteczność jednak diagnozy, opartej o takie badanie zależy od wprawy i sprawności słuchowej lekarza oraz od stopnia zakłóceń, jakie wprowadzają szmerzy pochodzące od serca czy płuc. Obiektywizacji metody dokonano proponując jednoczesną rejestrację fototyrogramu (FTG), fonokardiogramu (FKG) oraz elektrokardiogramu (EKG), (ten ostatni sygnał służy jako znacznik czasu dla skorelowanych z nim szmerów pochodzących od serca), a następnie, po uzyskaniu czystego przebiegu FTG, jego transformację na fourierowskie widmo częstości. Przykład wyniku takiej analizy ilustruje rys. 9, gdzie widać wyraźnie różnice w charakterze widma u pacjentów dotkniętych różnymi schorzeniami. Metoda ta budzi nadzieję skutecznego jej stosowania w praktyce klinicznej oraz wskazuje na możliwe drogi badania mechanizmów, odpowiedzialnych za występowanie szmerów tarczycy.

Spśród zagadnień grupy A) omówiono powyżej tylko parę wybranych przykładów, stanowiących ilustrację roli i zadań fizyki medycznej w problemach diagnostyki lekarskiej.

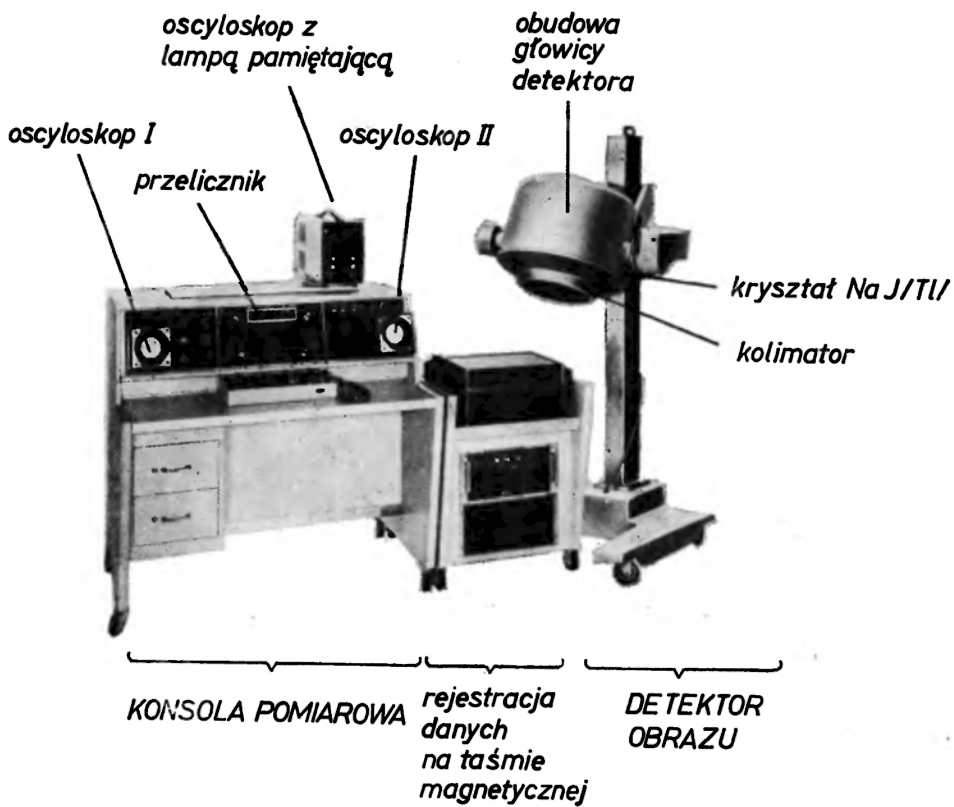
Obecnie zajmiemy się przykładami, dotyczącymi zagadnień grupy B), tj. zagadnień związanych z działaniami terapeutycznymi; ograniczając się tutaj tylko do problemów terapii chorób nowotworowych.

4. Fizyka medyczna w zagadnieniach terapii onkologicznej

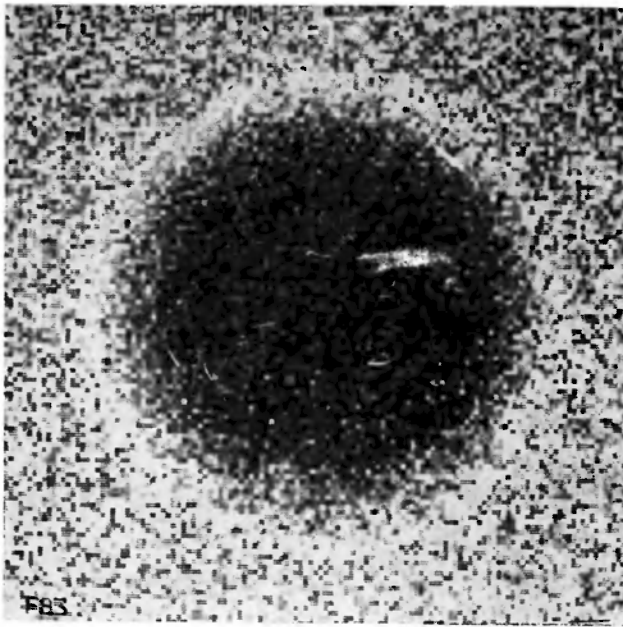
Od czasu odkrycia promieniotwórczości naturalnej przez małżonków Curie i pierwszych zastosowań promieni gamma z pierwiastków promieniotwórczych w terapii chorób nowotworowych wprowadzono do tych zastosowań wiele innych źródeł promieniowania celem niszczenia tkanek nowotworowych. Źródłami tymi są (prócz od dawna stosowanych promieni X oraz kwantów gammy z naturalnych pierwiastków promieniotwórczych) kwanty gamma ze sztucznie produkowanych izotopów promieniotwórczych, kwanty gamma promieniowania hamowania z betatronów i akceleratorów liniowych, elektrony i pozytony, przyspieszone w tych urządzeniach, neutrony produkowane w reakcjach jądrowych, protony przyspieszone w akceleratorach oraz mezony π , produkowane w zderzeniach wysokiej energii.

Rola fizyka w stadium "przedklinicznym" wykorzystania tych wiązek dla celów medycyny polega na 1) udziale w planowaniu, realizacji i analizie wyników eksperymentów radiobiologicznych, związanych z badaniem skutków działania danego promieniowania na tkankę biologiczną, czy żywe obiekty zwierzęce, 2) wszechstronnej analizie wiązek promieniowania wytwarzanych w aparaturze adaptowanej bądź specjalnie skonstruowanej dla celów medycznych (natężenie, energia, struktura geometryczna wiązek, towarzyszące tło innych rodzajów promieniowania) i 3) udziale w planowaniu napromieniania w konkretnych przypadkach, to znaczy w podejmowaniu decyzji o energii i natężeniu wiązek oraz geometrii całości układu: źródło — pacjent.

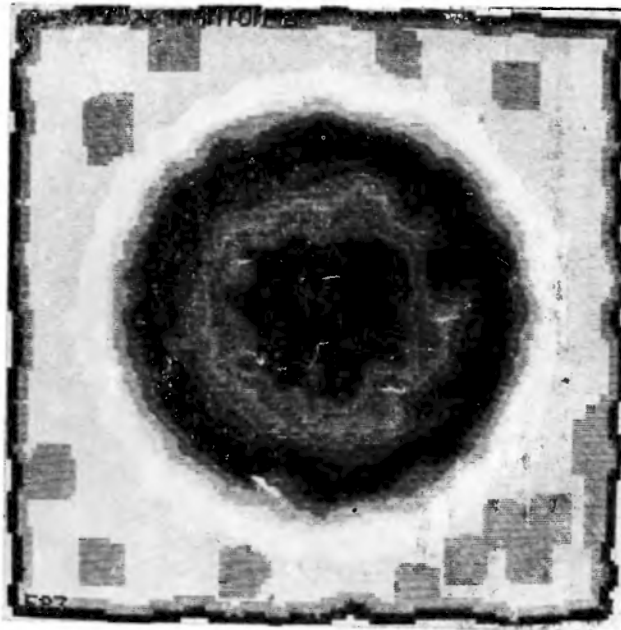
Ze względu na różnorodność źródeł promieniowania, stosowanych w terapii onkologicznej odpowiednio zróżnicowane są też metody i środki realizacji punktów 1), 2) i 3). Zupełnie inne problemy należy rozwiązać przy stosowaniu lokalnych źródeł w terapii



Rys. 2. Zdjęcie aparatury scyntygraficznej wraz z konsolą pomiarową i układem rejestrującym

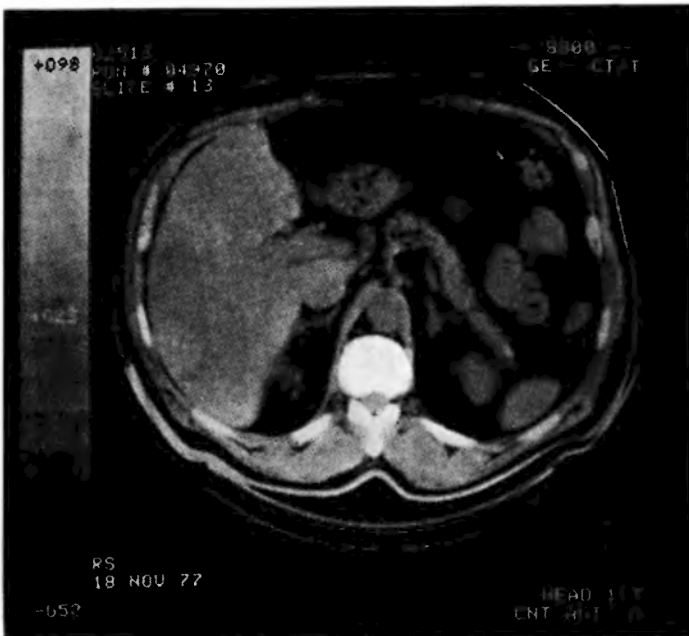
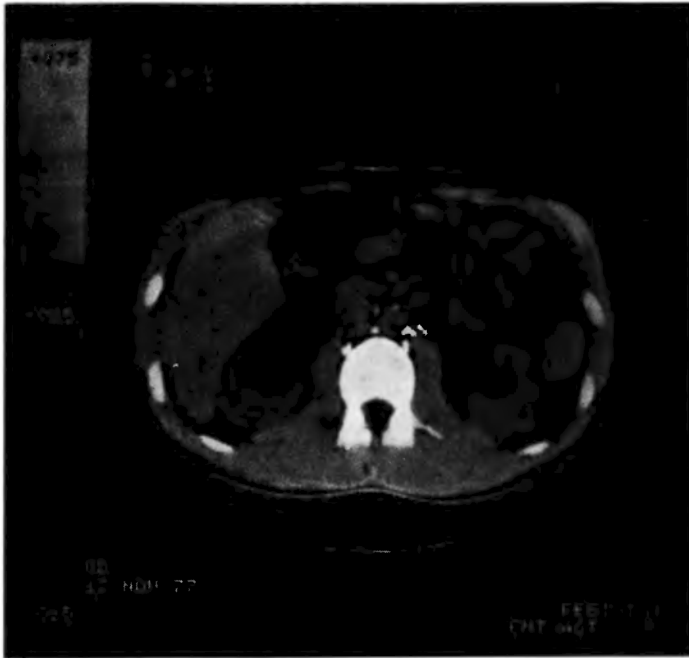


Ryc. a

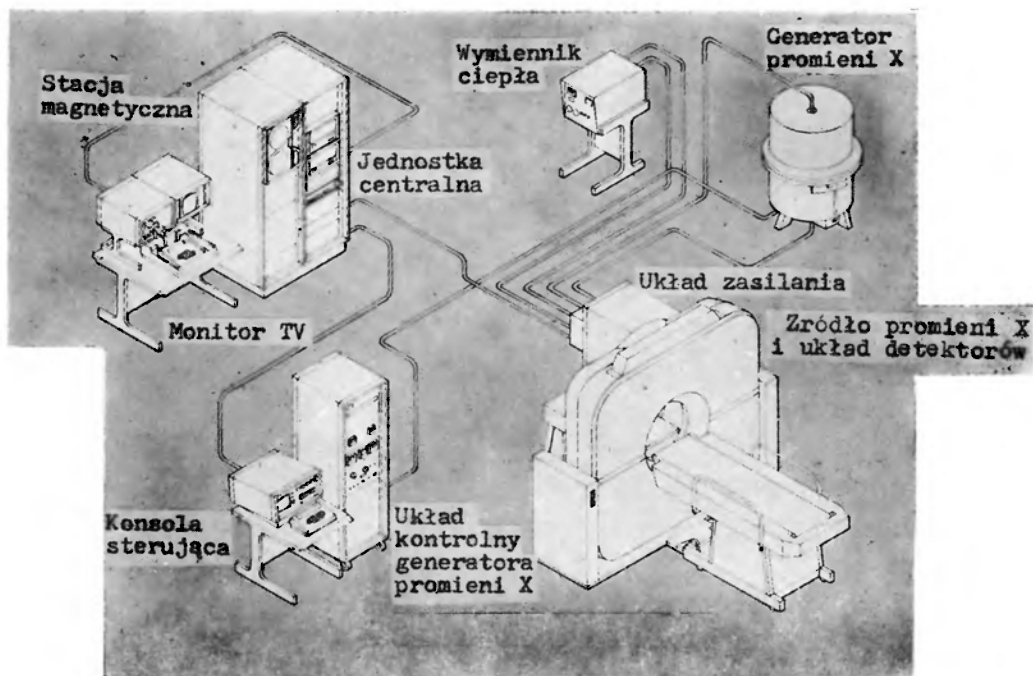


Ryc. b

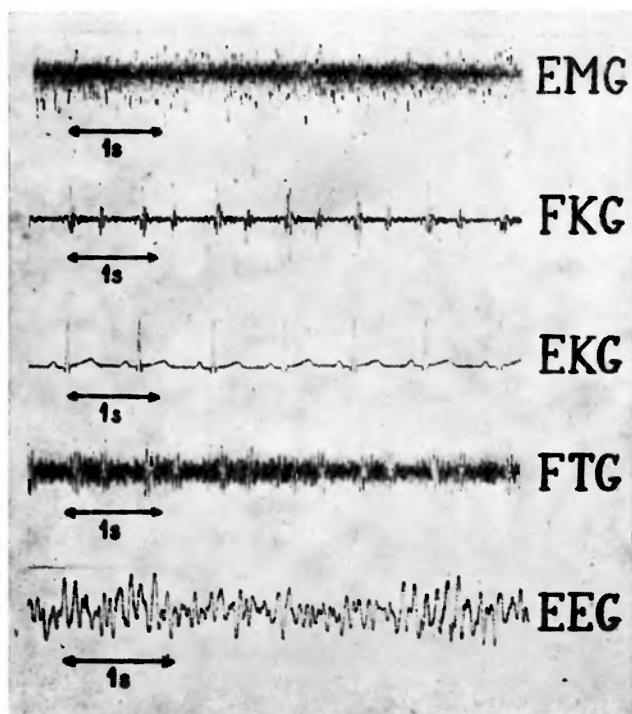
Rys. 3. Obraz scyntygraficzny obiektu, stanowiącego uproszczony, komputerowy model narządu: a) obraz pierwotny („surowy”), b) obraz przetworzony



Rys. 4. Typowe obrazy, otrzymane metodą tomografii komputerowej, przedstawiające wybrane warstwy przekroju pacjenta



Rys. 5. Schemat zespołu urządzeń wchodzących w skład aparatury tomograficznej. Pierścieniowy obszar wokół ruchomego łóżka dla pacjenta stanowi obrotowy układ, złożony z niewidocznych na rysunku źródeł promieni X oraz kilkuset detektorów promieniowania



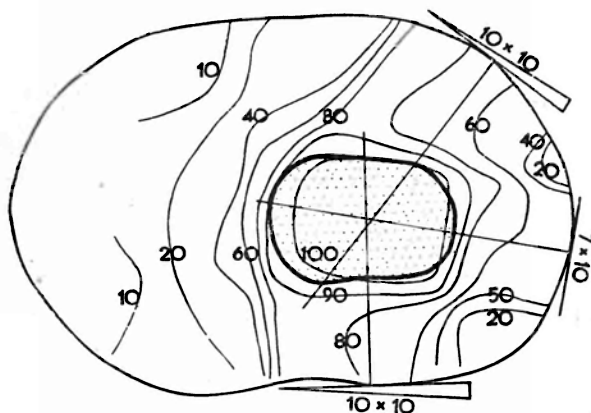
Rys. 6. Przykłady zachowania się amplitudy biosygnalów w funkcji czasu (EMG — elektromiogram, FKG — fonokardiogram, EKG — elektrokardiogram, FTG — fonotyreogram, EEG — elektroencefalogram)

śródtkankowej, lub dojamowej (źródła umieszczane są wówczas w ciele pacjenta, jak np. druty ^{192}Ir , stosowane w terapii narządów jamy ustnej czy aplikatory radowe, stosowane w terapii schorzeń ginekologicznych), inne natomiast w teleterapii, tj. w przypadku wykorzystywania zewnętrznych w stosunku do pacjenta wiązek promieniowania, np. kwantów gamma z "bomby" kobaltowej czy wiązek elektronów, czy, wreszcie, wiązek neutronów, protonów, bądź mezonów π . Zadaniem fizyka w przypadku teleterapii jest m. in. formowanie lub modyfikacja wiązek promieniowania celem optymalnego ich wykorzystania w terapii.

W każdym konkretnym przypadku decyzja lekarza sprowadza się do dwóch podstawowych żądań: napromieniania określonego obszaru z góry zadaną i możliwie jednorodną w tym obszarze dawką oraz maksymalne chronienie obszarów, wypełnionych tkankami prawidłowymi, ze szczególnym uwzględnieniem tzw. obszarów krytycznych, których napromienianie z punktu widzenia zdrowia pacjenta jest szczególnie niewskazane.

Widać stąd, że przed fizykiem medycznym stoi poważne zadanie optymalizacji strategii napromieniania ze względu na wyżej wymienione żądania przy jednoczesnym uwzględnieniu realnych możliwości danej aparatury i wymagań ochrony radiologicznej otoczenia i personelu oraz wymagań związanych ze stanem pacjenta, dopuszczalnym czasem napromieniania itd. Specyfika tych problemów stawia dodatkowe ograniczenia, z którymi nie musimy się liczyć w eksperymentach z fizyki jądrowej. I tak, na przykład, nie można sobie pozwolić w fizyce medycznej na zbyt długotrwałą procedurę napromieniania ze względu chociażby na konieczność unieruchomienia pacjenta na czas zabiegu.

Istnieje cały szereg stale rozwijających się i udoskonalanych metod planowania terapii. Szczególnie atrakcyjne ze względu na podstawowe zadanie terapii (niszczenie guza,



Rys. 10. Przykład realizacji napromieniania wiązką promieni gamma z ^{60}Co . Wewnętrzny kontur stanowi obraz przekroju ciała pacjenta w obszarze zmiany nowotworowej (pole zakropkowane). Optymalnym wariantem napromieniania jest tu zastosowanie techniki trójpolowej, tzn. trzech wiązek gamma o podanej geometrii (rozmiary poprzeczne wiązek podano w cm; dwie wiązki pochodzą przez klinowe absorbenty). Kontury zaznaczone na rysunku cieńszymi liniami są izodozami o wartościach dawki podanych w procentach, przy czym 100% odpowiada wartości wskazanej przez lekarza dla obszaru guza

oszczędzanie tkanek zdrowych, w szczególności skóry i narządów znajdujących się na drodze wiązki napromieniającej nowotwór) jest podejście oparte na tzw. technice wielopolowej, to znaczy napromienianie z różnych kierunków, zmienianych w sposób dyskretny, lub w sposób ciągły; w tym ostatnim przypadku mówimy o technice obrotowej bądź wahadłowej. Wynikiem takiego podejścia jest uzyskanie pewnego, zbliżonego do optymalnego wariantu napromieniania, np. w postaci mapy izodoz (rys. 10). Na opracowanie takiego wariantu składa się szereg procedur, uwzględniających możliwe modyfikacje geometrii wiązki, geometrię obiektu, procesy rozpraszania zachodzące w niejednorodnym ośrodku — ciele pacjenta i in. Dodatkowe elementy, wymagające starannego i wnikliwego uwzględnienia powstają przy planowaniu terapii wiązkami neutronów, protonów oraz mezonów π . Wiąże się to z właściwościami oddziaływania tych cząstek z ośrodkiem materialnym (tkanką biologiczną). Neutrony ulegają rozpraszaniu, przede wszystkim na jądrach lekkich pierwiastków, które — z kolei — po rozproszeniu, prowadzą do procesów jonizacji w ośrodku. Protony i piony charakteryzują się wzrostem wywołanej przez nie jonizacji w miarę degradacji ich energii oraz określonym zasięgiem zależnym od energii początkowej. Maksimum jonizacyjne Bragga pod koniec zasięgu tych cząstek daje wzmoczone działanie jonizacyjne w niewielkiej warstwie ośrodka. Stanowi to efekt pożądaný z punktu widzenia celów terapeutycznych. Ujemne mezony π poprzez ich oddziaływanie jądrowe po zatrzymaniu w ośrodku stają się dodatkowo lokalnym źródłem wzmoczonej jonizacji, wywołanej przez produkty tych oddziaływań z jądrami ośrodka. Uwzględnienie tych efektów stanowi istotny element planowania leczenia wiązkami tych cząstek. W Polsce nie przewiduje się w najbliższych latach możliwości stosowania wiązek protonów, czy pionów w celach terapii onkologicznej (brak odpowiednich akceleratorów), jednakże w wielu ośrodkach zagranicznych stosuje się już od kilku lat wiązki protonów (energia około 200 MeV, co odpowiada zasięgowi ok. 10 cm w tkance miękkiej) oraz rozpoczęto badania nad przydatnością w wiązkach ujemnych mezonów π w terapii chorób nowotworowych. Terapię neutronami, stosowaną dość szeroko w licznych ośrodkach medycznych za granicą, rozpoczęto niedawno w Instytucie Onkologii w Krakowie, wykorzystując neutrony, produkowane w reakcjach jądrowych wywołanych przez lekkie jądra, przyspieszone w cyklotronie.

Zupełnie odrębne zagadnienie stanowi strategia terapii onkologicznej ze względu na liczbę i rozkład w czasie poszczególnych seansów terapeutycznych. Decyzje te podejmuje z reguły lekarz, przy czym istnieją różne podejścia, wynikające z badań radiobiologicznych oraz z tradycji i doświadczenia danego ośrodka. Wydaje się jednak, że i w tym przypadku istotną rolę może odegrać współpraca w zespole: lekarz — radiobiolog — fizyk. Do tego zagadnienia wrócimy jeszcze krótko w rozdziale 6.2.

Zagadnienia z grup tematycznych C) i D), wymienionych we wstępie, nie będą szerzej omawiane w niniejszym artykule, mimo, że lista tych zagadnień jest obszerna i obejmuje bardzo różnorodne problemy. Można tu wymienić zagadnienia czysto pomiarowe i aparaturowe (miernictwo, konstrukcja i modyfikacja aparatury medycznej, systemy wielozespołowe, służące do badań kompleksowych), zagadnienia z pogranicza radiobiologii, fizjologii i patologii, związane z ustaleniem norm dopuszczalnych skażeń różnego rodzaju, oraz badania podstawowe związane np. z procesami metabolicznymi i obiego-

wymi, gdzie przedmiotem badania jest dynamika przemieszczenia się i przemian substancji w złożonym organizmie (ciekawe zadanie dla fizyka stanowi tu stosowanie aparatury typu tzw. licznika całego ciała).

Ostatnią część artykułu poświęcimy omówieniu paru wybranych przykładów z obszernej i różnorodnej grupy zagadnień E).

5. Niektóre przykłady badań podstawowych w naukach biomedycznych prowadzonych metodami i środkami właściwymi fizyce

Dział fizyki medycznej, związany z badaniami podstawowymi obejmuje zarówno prace eksperymentalne z zastosowaniem metod właściwych fizyce, jak i prace teoretyczne, związane przede wszystkim z modelowaniem matematycznym procesów zachodzących w żywych organizmach, oraz ich elementach i podzespołach.

Spośród bardzo licznych przykładów wybierzemy do nieco bliższego omówienia tylko jeden, dość konkretny problem oraz poświęcimy nieco miejsca zagadnieniom modelowania matematycznego w fizyce medycznej, wraz z ich przykładami.

5.1. Badania na poziomie komórkowym

Badanie ruchu komórek biologicznych w ośrodku ciekłym (np. w osoczu krwi), ich wzajemnych oddziaływań, prowadzących niekiedy do zlepiania się (koalescencji), oraz oddziaływań z podłożem stałym (np. adhezji na ściankach naczyń krwionośnych) stanowi ważny dla biologii i medycyny zespół zagadnień. Znaczenie tych procesów wiąże się m. in. z ich rolą w fizjologii i patologii krążenia krwi oraz — pośrednio — z zagadnieniami przerzutów w chorobie nowotworowej, realizowanych na drodze przenoszenia komórek nowotworowych poprzez układ krwionośny.

Badania tych procesów prowadzone są w wielu ośrodkach, m. in. w Polsce (np. w Centrum Medycznym Kształcenia Podyplomowego). Prace eksperymentalne dotyczą najczęściej analizy ruchu komórek w układach modelowych, umożliwiających realizację ruchu w ośrodku ciekłym, przepływającym przez układ z regulowaną prędkością oraz obserwacje i pomiary w oparciu o zdjęcia filmowe.

Wyniki tych eksperymentów, prowadzonych w specjalnie dla tego celu konstruowanych kanałach przepływowych konfrontowane są następnie z rezultatami analizy teoretycznej, opartej o hydrodynamikę ruchu obiektów w ośrodku ciekłym. Pozwala to, m. in., na ocenę prawdopodobieństwa zlepiania się komórek, ich adhezji na ściankach oraz na badanie innych charakterystyk zachowania się komórek w warunkach przepływu, takich jak np. rola ich kształtu i wielkości dla realizacji ruchów postępowych i obrotowych oraz dla procesów koalescencji i adhezji. Znaczenie metod fizycznych w badaniu tego rodzaju procesów zarówno od strony eksperymentalnej, jak i teoretycznej oraz w interpretacji wyników jest oczywiste.

5.2. Modelowanie matematyczne w fizyce medycznej

Obszerłą dziedzinę fizyki medycznej, związaną z badaniami podstawowymi, stanowi modelowanie matematyczne procesów biomedycznych. Można by wprawdzie na pierwszy rzut oka sądzić, że dział ten jest raczej domeną matematyki, jednakże w zagadnieniach

tych tak istotną rolę odgrywa bezpośredni kontakt z eksperymentem biologicznym i jego wynikami, a zwłaszcza ocena dopuszczalnych przy modelowaniu przybliżeń, że dziedziną tą zajmują się najczęściej fizycy. Wykształcenie i praca w dziedzinie fizyki wyrabiają nawyki niezbędne przy stosowaniu realistycznych uproszczeń, niegroźnych dla istoty modelu, a niezbędnych dla skutecznej jego analizy.

Dobrze znanym, typowym przykładem z tej dziedziny jest modelowanie powstawania i rozchodzenia się impulsu nerwowego. Analiza modeli matematycznych tych zjawisk pozwoliła na lepsze zrozumienie mechanizmów, odpowiedzialnych za charakterystyczne cechy tych procesów, takie jak występowanie progu pobudzenia, jednorazowość impulsu i powrót do stanu "gotowości" do powstania następnego impulsu (w stanach fizjologicznych), czy cykliczne powtarzanie generacji impulsu w niektórych stanach patologicznych. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na nieoczywisty, być może, aspekt modelowania matematycznego procesów w żywych organizmach. W wielu przypadkach celem i zadaniem sformułowania, a następnie analizy modelu matematycznego nie jest ilościowe odtworzenie czy przewidywanie wielkości charakteryzujących badany proces, lecz raczej jakościowa analiza możliwości realizacji określonego charakteru dynamiki badanego procesu. Przedmiotem analizy jest m. in. odróżnienie warunków, prowadzących do stanów stacjonarnych i analiza ich stabilności oraz badanie warunków wystąpienia procesów periodycznych, tak często obserwowanych w zjawiskach biologicznych. Ogromne zasługi oddaje tu podejście do tych zagadnień oparte na jakościowej teorii układów dynamicznych, a ostatnio stosuje się także podejście oparte o teorię katastrof. Podsumowaniem powyższych uwag może być stwierdzenie, pozornie paradoksalne, że często wynik analizy jakościowej daje więcej i cenniejszych informacji o istocie badanego procesu niż ilościowa analiza, związana z wartościami numerycznymi zmiennych modelu i jego parametrów.

Istnieje także wiele przykładów zagadnień biomedycznych, w których modele ilościowe, wykorzystując praktyczne możliwości współczesnej techniki obliczeniowej stanowią ważne pole do działania fizyka medycznego. Spośród tych przykładów omówimy nieco bliżej tylko jeden, nawiązujący do zagadnień planowania terapii w onkologii. Mimo tak oczywistego związku diskutowanego poniżej przykładu z praktyką kliniczną włączymy go do grupy zagadnień związanych z badaniami podstawowymi. Wynika to z faktu, że modelowanie matematyczne w tym przypadku jest obecnie bliżej związane z przedklinicznymi badaniami radiobiologicznymi niż z praktyką kliniczną. Przy omawianiu zagadnień planowania terapii onkologicznej (par. 4) wspomniano o problemie frakcjonizacji, tj. rozkładu w czasie i wielkości dawek (frakcji) promieniowania w trakcie kuracji. Oprócz oczywistych problemów praktycznych, takich jak ograniczenie w czasie jednego seansu ze względu na konieczność unieruchomienia pacjenta oraz zagrożenie skóry i tkanek prawidłowych przy jednorazowej dużej dawce, należy ponadto rozważyć inne, bardzo istotne elementy biologiczne. Spośród nich można wymienić częściową regenerację uszkodzeń popromiennych (korzystną w przypadku komórek prawidłowych, a niepożądaną u nowotworowych), wzrost nowotworu pomiędzy kolejnymi frakcjami, zmianę widma faz cyklu komórkowego w wyniku napromieniowania (wrażliwość komórek na promieniowanie zależy od fazy cyklu komórkowego). Różnorodność tych zjawisk, które należałoby wnikliwie uwzględnić przy planowaniu leczenia, sprawia, że sformułowanie optymalnego

wariantu frakcjonizacji jest zagadnieniem bardzo złożonym. Sytuację tę utrudnia dodatkowo fakt, że prowadzenie szerokiego frontu eksperymentów, umożliwiających wiarygodne porównanie wyników różnych wariantów strategii postępowania terapeutycznego napotyka na uzasadnione opory etyczne. W wielu ośrodkach stosuje się tradycyjny podział na frakcje o równych dawkach, oddzielone jednakowymi przedziałami czasu podyktowanymi praktyką kliniczną. W niektórych ośrodkach podejmowane są próby stosowania zróżnicowanych frakcji, a niekiedy także różnych przedziałów czasu oddzielających od siebie kolejne frakcje. Punktem wyjścia dla tych prób są jakościowe lub ilościowe przesłanki wynikające z eksperymentów radiobiologicznych, przeprowadzanych na hodowlach izolowanych komórek i tkanek, a następnie na obiektach zwierzęcych.

Modelowanie matematyczne optymalnej strategii frakcjonizacji może stanowić istotną pomoc w tego rodzaju badaniach, a następnie w zastosowaniu ich wyników w praktyce klinicznej. W procesie konstruowania modeli i ich analizy bardzo ważnym, wręcz niezbędnym elementem jest współpraca z lekarzem i radiobiologiem, stały kontakt z wynikami eksperymentów i realiami procedury napromieniania. Intnieje szereg takich modeli, których autorzy najczęściej wychodzą z półempirycznych związków ilościowych między takimi wielkościami jak liczba i wielkość dawek w poszczególnych frakcjach, interwały czasowe, stopień utlenowania komórek i in. Zagadnienie optymalizacji frakcjonizacji jest obecnie dalekie jeszcze od pełnego zadowalającego rozwiązania.

6. Uwagi końcowe

Garść przykładów, omówionych powyżej, stanowi z konieczności tylko bardzo powierzchowny, niepełny, a nawet wrywkowy przegląd wybranych zagadnień, które są przedmiotem badań i działań praktycznych w fizyce medycznej.

Próba podania bardziej systematycznie ujętego przeglądu byłaby — wobec obszerności problematyki z jednej strony i ograniczonej objętości artykułu z drugiej strony — po prostu zbiorem haseł i terminów. Inne podejście, oparte na unikaniu powierzchowności dyskusji wymagałoby ograniczenia się do omówienia jednego tylko tematu, lub niewielkiej ich grupy, uniemożliwiając przybliżoną choćby ilustrację zakresu i różnorodności problemów, wchodzących w zakres fizyki medycznej. Wybrano zatem drogę pośrednią (zapewne obciążoną niektórymi mankamentami obu skrajnych podejść i nie posiadającą pełnych ich zalet!), a mianowicie próbę zaprezentowania kilku przykładów różniących się ze względu na cel pracy, środki i metody, przy czym przykłady te omówiono na tle umownej klasyfikacji zagadnień, którymi zajmuje się fizyka medyczna. Wybór konkretnych przykładów omawianych w artykule wynika częściowo z osobistych zainteresowań autora, a przede wszystkim z kontaktów z szeregiem zespołów zajmujących się fizyką medyczną. Zapoznanie się z pracami tych zespołów i uczestniczenie w dyskusjach na różnych etapach podejmowanych w nich prac umożliwiło powstanie tego artykułu.

Jeżeli powyższy artykuł zapozna nieco bliżej Czytelników z działem fizyki, zwanym fizyką medyczną i pozwoli na wybranych przykładach dostrzec znaczenie i rolę współpracy fizyki i fizyków z naukami medycznymi w ich działaniach praktycznych i badaniach podstawowych, to można uznać, że spełnił on podstawione przez autora zadanie.

Zamiast literatury

Charakter tego artykułu i jego cel, omówione w tekście, sprawiają, że wybór odnośników do pozycji bibliograficznych nie jest łatwy. W czasopismach specjalistycznych, takich jak *Postępy Fizyki Medycznej*, *Physics in Medicine and Biology*, *Nuclear Medicine*, *Computers in Medicine* i wiele innych, publikowane są oryginalne prace z dziedziny fizyki medycznej. Lista odnośników do tego rodzaju prac, poświęconych poszczególnym zagadnieniom omawianym lub wspomnianym w niniejszym artykule, musiałaby być ogromna, a podawanie jej w całości, bądź dokonywanie pewnej selekcji prac według jakiegoś, bliżej niesprecyzowanego kryterium, nie wydaje się celowe.

W czasopismach, drukujących artykuły o charakterze przeglądowym, częściowo popularyzatorskim, można niekiedy znaleźć opracowania, poświęcone określonym dziedzinom czy metodom fizyki medycznej. Można tu wymienić przede wszystkim *Scientific American* czy *Physics Today*, w których na przestrzeni ostatnich kilku lat pojawiały się artykuły, omawiające np. tomografię komputerową czy zastosowanie ultradźwięków w medycynie. W *Postępkach Fizyki* 29, 245 (1978) ukazał się artykuł M. Suffczyńskiego „Prześwietlenie NMR”. Ponadto jeden z numerów *Physics Education* (13 (2), 1978) poświęcono prawie w całości zagadnieniom fizyki medycznej, zaś w jednym z najbliższych numerów *Postępów Fizyki Medycznej* ukazał się w druku niektóre referaty wykładowców Międzynarodowej Szkoły Fizyki Medycznej, która odbyła się w Warszawie w 1978 r.

RÓŻNE

Józef Werle *Instytut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytet Warszawski
Warszawa**Międzynarodowa Unia Fizyki Czystej i Stosowanej — jej historia, struktura i działalność****International Union of Pure and Applied Physics — Its History, Structure and Activities***Abstract:* History, structure and examples of activity of IUPAP are briefly described.

W miarę rozwoju nowożytnego przyrodoznawstwa i matematyki powstawały — początkowo tylko w Europie, a potem także w innych częściach świata — coraz liczniejsze narodowe lub regionalne towarzystwa naukowe oraz akademie nauk i umiejętności. Stawiały one sobie za zadanie popieranie, rozwijanie i propagowanie badań naukowych na terenie własnego kraju lub regionu. Listę tych wielce zasłużonych dla rozwoju nauki instytucji otwiera założona już w 1603 r. włoska Narodowa Akademia Umiejętności (Accademia dei Lincei), której początki związane są ściśle z działalnością Galileusza. W 1660 r. powstało Królewskie Towarzystwo Londyńskie (The Royal Society of London for Improving National Knowledge), a w 1666 r. Francuska Akademia Nauk (Académie Française des Sciences). W 1700 r. powołano Niemiecką Akademię Nauk w Berlinie (Societas Regia Scientiarum), a w 1724 r. — Rosyjską Akademię Nauk (w St. Petersburgu). Planowane przez Stanisława Augusta powołanie polskiego odpowiednika nie doszło niestety do skutku. Dopiero w okresie zaborów w 1800 r. powstało w Warszawie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, a w 1873 r. w Krakowie — Polska Akademia Umiejętności.

Jest to tylko parę przykładów z bardzo już długiej listy narodowych towarzystw i organizacji naukowych powstałych w różnych krajach. Obok towarzystw skupiających

* Prof. J. Werle jest przewodniczącym Polskiego Komitetu Narodowego IUPAP (Przyp. Red.).

przedstawicielei wszystkich nauk przyrodniczych i matematycznych, powstawały też bardziej specjalistyczne towarzystwa ograniczające swą działalność do węższych dziedzin nauki, np. matematyki, astronomii, fizyki itp. Choć w naukach matematycznych i przyrodniczych kontakty międzynarodowe były zawsze dość wszechstronne i żywe, jednakże stosunkowo długo nie było międzynarodowych organizacji uczonych, które zajęłyby się koordynacją badań prowadzonych w różnych krajach.

Dopiero w 1919 r. powstała Międzynarodowa Rada Badań Naukowych (International Research Council — IRC). Pod jej egidą miały powstawać międzynarodowe towarzystwa i unie dla poszczególnych dyscyplin nauk ścisłych. W czasie pierwszego Ogólnego Zgromadzenia IRC w 1922 r. w Brukseli, obecni tam fizycy doszli do przekonania, że należy powołać Międzynarodową Unię Fizyki Czystej i Stosowanej (International Union of Pure and Applied Physics — IUPAP). Wśród 13 krajów-założycieli, które już w 1922 r. zgłosiły przystąpienie do IUPAP, była również Polska jako jedyny kraj ze środkowej Europy. Pierwszym prezesem IUPAP został W. H. Bragg, a pierwszym sekretarzem H. Abraham.

Stopniowo przystępowało do IUPAP coraz więcej krajów. Oto ich lista ułożona według lat przyjmowania do IUPAP: 1) Belgia, 2) Dania, 3) Francja, 4) Hiszpania, 5) Holandia, 6) Japonia, 7) Kanada, 8) Norwegia, 9) Polska, 10) Stany Zjednoczone, 11) Szwajcaria, 12) Unia Południowej Afryki, 13) Wielka Brytania (1922), 14) Czechosłowacja, 15) Szwecja, 16) Włochy (1923), 17) Australia, 18) Meksyk (1925), 19) Chiny (1934), 20) Finlandia, 21) Rumunia (1947), 22) Egipt, 23) Indie, 24) Węgry (1948), 25) Argentyna, 26) Brazylia, 27) Izrael, 28) Pakistan (1951), 29) Jugosławia, 30) Republika Federalna Niemiec, 31) Nowa Zelandia (1954), 32) Austria, 33) Bułgaria, 34) Związek Radziecki (1957), 35) Niemiecka Republika Demokratyczna (1960), 36) Boliwia (1963), 37) Irlandia (1966), 38) Kuba, 39) Południowa Korea (1969).

Od 1969 r. lista ta pozostaje bez zmian poza jednym punktem spornym, a mianowicie udziałem Chin. Otóż po ostatniej wojnie światowej, gdy wiele państw zachodnich nie uznawało Chińskiej Republiki Ludowej, reprezentację Chin w IUPAP przejął Tajwan. Sprawa ta jest do dzisiaj nie załatwiona do końca i przystąpienie ChRL do IUPAP jest ciągle przedmiotem negocjacji.

Wprawdzie liczba 39 krajów może wydawać się niedużą w porównaniu z liczbą stu kilkudziesięciu krajów niepodległych, ale poza kilkoma wyjątkami w rodzaju ChRL, kraje nie należące do IUPAP przeważnie nie prowadzą jeszcze badań fizycznych na poziomie na tyle rozwiniętym, by odczuwać wyraźną potrzebę udziału w pracach IUPAP.

Wydaje się jednak, że nie we wszystkich przypadkach sytuacja jest oczywista i linia podziału na kraje należące i nienależące do IUPAP jest trochę przypadkowa i merytorycznie nie zawsze uzasadniona. Sądzę, że odpowiednie inicjatywy mogą wyjść zarówno od fizyków z krajów nieczłonkowskich, jak i od władz IUPAP. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na stosunkowo późne przystąpienie do IUPAP zarówno NRD jak i Związku Radzieckiego, co było spowodowane z pewnością względami politycznymi, a nie słabością fizyki w tych krajach.

Warto może podać listę kolejnych prezesów IUPAP: 1) W. H. Bragg (1922-31), 2) R. Millikan (1931-34), 3) M. Siegbahn (1934-47), 4) H. A. Kramers (1947-51), 5) N. F. Mott (1951-57), 6) E. Amaldi (1957-60), 7) H. J. Bhabha (1960-63), 8) L. Néel

(1963-66), 9) D. J. Błochincew (1966-69), 10) R. Bacher (1969-72), 11) H. Maier-Leibnitz (1972-75), 12) C. C. Butler (1975-78), 13) L. Sosnowski (1978-).

Po raz pierwszy zaszczytną funkcję prezesa IUPAP sprawuje Polak — prof. Leonard Sosnowski. Wiceprezesów IUPAP ma aż ośmiu i wielu polskich fizyków było wybieranych na to stanowisko: W. Natanson (1925-1931), C. Białoobrzeski (1947-1951), J. Weysenhoff (1957-1963), M. Danysz (1963-1969), L. Sosnowski (1972-1978).

Naczelną władzę IUPAP stanowi Komitet Wykonawczy składający się z prezesa, I wiceprezesa, byłego prezesa, 8 wiceprezesów oraz sekretarza generalnego i jego zastępcy. Komitet Wykonawczy koordynuje pracę kilkunastu specjalistycznych komisji. Każda komisja składa się z przewodniczącego, sekretarza i 6-10 członków. Liczba komisji i nawet ich nazwy ulegały dość częstym zmianom, tak że omówię w dalszym ciągu tylko stan obecny. Jako ciekawostkę podam, że pierwszą komisją utworzoną już w 1923 r. była komisja finansowa. Dopiero w 1931 r. powstały dwie dalsze: komisja publikacji oraz komisja symboli, jednostek i nazewnictwa (SUN).

Pośrednikiem między fizykami krajów członkowskich a Komitetem Wykonawczym, a częściowo także Komisjami Specjalistycznymi są Komitety Narodowe. Polski Komitet Narodowy do Spraw IUPAP jest jednym z zespołów wyłonionych przez Komitet Fizyki PAN i jako taki podlega Polskiej Akademii Nauk. Od kilku lat przewodniczącym Polskiego Komitetu Narodowego do Spraw IUPAP jest autor tego artykułu, a sekretarzem naukowym jest doc. A. Kujawski. Komitety Narodowe przedstawiają kandydatów z danego kraju do Komitetu Wykonawczego i Komisji lub — jeśli kandydat został wysunięty przez którąś z Komisji — opiniują wniosek. Komitety Narodowe zbierają też informacje o odbywających się w danym kraju międzynarodowych konferencjach i w razie pozytywnej opinii i spełnienia określonych wymogów (patrz niżej) proponują wzięcie ważniejszych konferencji pod patronat IUPAP i ewentualnie występują o przyznanie dotacji pieniężnych na ich organizację. Z drugiej strony Komitety Narodowe otrzymują od Komitetu Wykonawczego biuletyn informujący o ważniejszych decyzjach (np. o wszystkich odbywających się w różnych krajach pod patronatem IUPAP międzynarodowych konferencjach z zakresu fizyki). Niestety, sprawa bezpośredniego informowania Komitetów Narodowych o pracach Komisji Specjalistycznych przedstawia się znacznie gorzej. Wiedzą o tych pracach na bieżąco tylko członkowie odnośnych Komisji. Częściowo wiąże się to z faktem, że większość Komisji Specjalistycznych nie ma niezależnych funduszy na administrację i organizowanie regularnych spotkań, a więc zbiera się tylko przy okazji pewnych konferencji naukowych, a w międzyczasie uzgadnia wszystkie sprawy na drodze korespondencyjnej. Niewątpliwie jednak brak pełnej informacji dotyczącej prac Komisji jest pewnym mankamentem dotychczasowej organizacji IUPAP.

Częściowo mają zaradzić niepełnej wymianie informacji spotkania konsultacyjne przedstawicieli Komitetów Narodowych krajów socjalistycznych, które odbywają się dość regularnie co 1-2 lata. W bieżącym roku kolejne spotkanie odbędzie się w Warszawie. Na spotkaniach tych omawia się zresztą nie tylko sprawy IUPAP, lecz także sprawy Europejskiego Towarzystwa Fizycznego. Najważniejsza jest oczywiście wymiana informacji, ale czasem bardzo ważne są też wzajemne uzgodnienia.

Bardzo ważną rolę w pracy IUPAP grają Zgromadzenia Ogólne. Poza pierwszym okresem formowania się IUPAP oraz okresem wojny, Zgromadzenia Ogólne odbywały

się dosyć regularnie co trzy lata. Dotychczas odbyło się 16 Zgromadzeń Ogólnych (jedno z nich odbyło się w 1963 r. w Warszawie). Przebieg ostatniego, które miało miejsce w Sztokholmie we wrześniu 1978 r., opisał już w *Postęпах Fizyki* prof. T. Skaliński. Część naukowa jest zawsze otwarta dla szerszego grona i składa się z szeregu referatów z różnych dziedzin fizyki i dyscyplin pogranicznych. Szczególnie interesująca była uroczysta sesja naukowa zorganizowana w 1952 r. w Waszyngtonie z okazji 50-lecia powstania IUPAP. Wygłoszone na niej referaty zostały potem wydane w formie książki, a parę z nich ukazało się w tłumaczeniu na język polski w *Postęпах Fizyki*. Niejubiluszowe sesje naukowe są z reguły nie tak bogate, ale zawsze ciekawe.

W zamkniętej części obrad biorą udział oficjalne delegacje Komitetów Narodowych. W głosowaniach każdy kraj dysponuje określoną liczbą głosów, niezależną od liczby delegatów obecnych za Zgromadzeniem Ogólnym. Liczba głosów nie może przekraczać liczby jednostek obowiązującego daną kraj wkładu finansowego. W celu zapobieżeniu zdominowania IUPAP przez kraje najbogatsze, żaden kraj nie dysponuje więcej niż 5 głosami, podczas gdy wkłady finansowe wahają się od 1 do 18 jednostek. I tak np. Stany Zjednoczone płacą 18 jednostek i mają 5 głosów, RFN i ZSRR płacą 12 jednostek i mają też po 5 głosów, Polska płaci 4 jednostki i ma 3 głosy, Meksyk płaci 2 jednostki i ma 2 głosy.

Na Zgromadzeniu Ogólnym wybiera się prezesa i pozostałych członków Komitetu Wykonawczego oraz przewodniczących, sekretarzy i członków wszystkich Komisji Specjalistycznych na okres następnej kadencji trwającej 3 lata. Poza tym delegaci wysłuchują sprawozdań ustępującego Komitetu Wykonawczego oraz Komisji Specjalistycznych, zgłaszają uwagi krytyczne lub aprobujące, proponują wprowadzenie ewentualnych poprawek statutowych, stworzenie nowych komisji lub likwidację starych itp. Dość częstym tematem dyskusji są sprawy publikacji naukowych, wysokości składek płaconych przez uczestników międzynarodowych konferencji, sporadycznych trudności z otrzymaniem wizy niektórych krajów przez uczonych z innych krajów, sprawa swobodnych kontaktów uczonych, różnych form współpracy międzynarodowej, drenażu mózgow, nauczania fizyki, pomocy dla krajów rozwijających się itp.

Nie będę się tu wdawał w szczegółowe omawianie statutu. Wyliczę tylko nałożone przez statut zadania IUPAP:

- 1) stymulowanie i popieranie międzynarodowej współpracy w zakresie fizyki.
- 2) koordynacja prac polegających na przygotowaniu i publikowaniu streszczeń (abstraktów) prac naukowych i tablic stałych fizycznych,
- 3) popieranie międzynarodowych uzgodnień dotyczących symboli, jednostek, terminów i standardów,
- 4) zachęcanie do podejmowania interesujących kierunków badań.

Są to zadania zawsze aktualne i choć IUPAP ma już bardzo wiele osiągnięć z pewnością żadne z wymienionych zadań nie można uznać za zakończone i nie wymagające dalszej kontynuacji i doskonalenia.

Część tych zadań wykonuje IUPAP współpracując z innymi międzynarodowymi organizacjami naukowymi i społecznymi. Chyba najważniejszą z nich jest Międzynarodowa Rada Unii Naukowych (International Council of Scientific Unions — ICSU) będąca organizacją nadrzędną, zrzeszającą 17 międzynarodowych unii naukowych. Są to

Międzynarodowe Unie: Geodezji i Geofizyki, Chemii Czystej i Stosowanej, Radiowa, Fizyki Czystej i Stosowanej, Nauk Biologicznych, Geograficzna, Krystalografii, Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Historii i Filozofii Nauki, Matematyki, Nauk Fizjologicznych, Biochemii, Nauk Geologicznych, Biofizyki Czystej i Stosowanej, Nauk o Żywieniu, Farmakologii.

Łatwo zauważyć, że słowo nauka użyte jest tu w węższym niż w języku polskim znaczeniu, obejmującym w zasadzie tylko nauki przyrodnicze i matematyczne. Kilka unii jest dużo bardziej popularnych od IUPAP. I tak w 1974 r. do Unii Geograficznej należały 73 kraje, do Unii Geodezji i Geofizyki 71, do Unii Geologicznej 69 krajów. Najmniej krajów należało do Unii Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej (29) i Unii Krystalografii (30). Popularność nauk o ziemi wśród krajów rozwijających się jest zrozumiała.

Powstała w 1931 r. ICSU jest kontynuatorką wspomnianej wyżej IRC. W skład władz ICSU wchodzi prezesi wszystkich wymienionych unii. Obok działań i decyzji dotyczących ogólnych zagadnień światowej polityki naukowej (np. wydawania abstraktów, współpracy z UNESCO i z Międzynarodową Agencją Energii Atomowej (IAEA), walki o swobodną cyrkulację informacji naukowej i uczonych, pomocy dla krajów rozwijających się itp.), ICSU zajmuje się też stymulowaniem i organizacją badań interdyscyplinarnych wymagających współpracy uczonych różnych — nieraz dość odległych — specjalności. W szeregu tych interdyscyplinarnych przedsięwzięć biorą udział przedstawiciele IUPAP.

Ważniejszymi organami IUPAP są specjalistyczne komisje. Ich liczba i nazwy zmieniają się dość często, ale może warto wyliczyć tu komisje istniejące w ostatnich latach i omówić ostatnie tendencje. Otóż w poprzedniej kadencji, tj. w latach 1975-78, było 17 następujących komisji: 1) Finansowa, 2) Symboli, jednostek i nazewnictwa, 3) Termodynamiki i dynamiki statystycznej, 4) Promieni kosmicznych, 5) Niskich temperatur, 6) Publikacji, 7) Akustyki, 8) Półprzewodników, 9) Magnetyzmu, 10) Ciała stałego, 11) Cząstek i pól, 12) Fizyki jądrowej, 13) Mas atomowych i stałych fundamentalnych, 14) Nauczania fizyki, 15) Fizyki atomowej, molekularnej i spektroskopii, 16) Fizyki plazmy, 17) Elektroniki kwantowej.

Afliowane (ale właściwie niezależne od IUPAP) są jeszcze dwie komisje: a) Międzynarodowa Komisja Optyki (International Commission for Optics), b) Międzynarodowa Komisja Ogólnej Teorii Względności i Grawitacji (International Commission on General Relativity and Gravitation). Komisje 1, 2, 6, 13 i 14 mają charakter ogólny, pozostałe zajmują się określonymi działami współczesnej fizyki lub szczególnie interesującymi aktualnie kierunkami badań. Na ostatnim zgromadzeniu ogólnym postanowiono połączyć komisje 2 i 13. Nowa komisja będzie się nazywała: "Symbole, jednostki, nazewnictwo i masy atomowe". Połączenie tych komisji zajmujących się bardzo podobnymi zagadnieniami wydaje się uzasadnione. Inne projekty łączenia komisji nie uzyskały aprobaty.

Do istniejącej listy komisji można mieć szereg zastrzeżeń. Niewątpliwie zakres działania istniejących komisji nie pokrywa całości fizyki i szereg działów fizyki znalazł się właściwie poza zasięgiem IUPAP. Wszystkie kierunki badawcze z pogranicza fizyki z tradycyjnie pojmowanymi innymi naukami przyrodniczymi (jak np. astrofizyka, fizyka kosmiczna, fizyka chemiczna, geofizyka, fizyka medyczna, biofizyka itd.) znalazły się w innych uniach. To samo dotyczy zastosowań fizyki lub jak kto woli fizyki technicznej. Wbrew swej nazwie IUPAP w minimalnym stopniu zajmuje się praktycznymi zastosowaniami

fizyki, które są przecież ogromne. Również tak ważne sprawy jak historia fizyki, metodologia i filozofia fizyki, społeczne aspekty badań fizycznych nie znajdują zupełnie odbicia w strukturze komisji specjalistycznych i pracach IUPAP.

W innych uniach sytuacja jest bardzo zróżnicowana. Np. Unia Astronomiczna ma blisko 50 komisji; Unia Chemii Czystej i Stosowanej ma ponad 100 komisji podzielonych na 6 działów; Unia Matematyczna ma tylko dwie komisje (Nauczania Matematyki oraz Wymiany). Również formy i styl działalności są zadziwiająco różnorodne. Zróżnicowanie to z pewnością nie wynika ze specyfiki poszczególnych nauk, lecz wynikało w sposób dość przypadkowy ze spontanicznych inicjatyw różnych grup a nawet jednostek. Wydaje mi się, że warto by może przeprowadzić pewne studia porównawcze, by zorientować się, jakie struktury i formy pracy w tego typu międzynarodowych organizacjach są najbardziej efektywne.

Omawianie w tym artykule działalności wszystkich komisji zabrałoby zbyt dużo miejsca i chyba nie jest celowe. Ograniczę się więc do paru tylko przykładów. Bardzo żmudne, ale bardzo pożyteczne zadanie spełniała dotychczasowa komisja SUN pracująca nad możliwie optymalnym wyborem i ujednoczeniem fizycznych symboli, jednostek i nazw. W 1978 r. wydała ona z pomocą finansową UNESCO 60-stronicową broszurkę pt. *Symbols, Units and Nomenclature in Physics*. Jest to bardzo ważny dokument zawierający opracowane przez SUN zalecenia, które zastępują wydane poprzednio w 1965 r. zalecenia tejże komisji. Jako dodatek, zawarta jest w tejże broszurce tablica, która podaje ostatnie wartości fundamentalnych stałych fizycznych. Opracowana jest ona przez Komitet Danych dla Nauk Ścisłych i Techniki (CODATA) będący jedną z ważnych agend ICSU, z którą IUPAP współpracuje.

Komisja Nauczania Fizyki IUPAP współpracuje ściśle z UNESCO i zajmuje się stymulowaniem i upowszechnianiem badań nad metodami nauczania fizyki na szczeblu podstawowym, średnim i wyższym. Komisja ta jest inicjatorem i współorganizatorem międzynarodowych konferencji i seminariów poświęconych różnym zagadnieniom nowoczesnego nauczania fizyki. Jako przykłady można podać takie tematy jak: rola historii fizyki w nauczaniu fizyki, nauczanie fizyki dla innych dziedzin nauki i zawodów, metody sprawdzania (testowania) wiedzy i umiejętności uczniów, stosowanie komputerów w nauczaniu fizyki, nauczanie fizyki w krajach rozwijających się itd. Co pewien czas Komisja organizuje też duże ogólne Międzynarodowe Konferencje Nauczania Fizyki. Ostatnia taka konferencja odbyła się w 1975 r. w Edynburgu. Oprócz udziału w sesjach plenarnych poświęconych sprawom interesującym dla wszystkich, uczestnicy pracowali w wybranych zgodnie ze swymi głównymi zainteresowaniami węższych grupach tematycznych. Komisja Nauczania Fizyki należy do tych nielicznych komisji IUPAP, które zbierają się regularnie, przynajmniej raz w roku i która ma na ten cel pewne środki finansowe. Spełnia ona bardzo ważną rolę stymulującą, organizacyjną i kontrolną przy powstawaniu wielu publikacji periodycznych i książkowych, choć oficjalnymi wydawcami są inne, zasobniejsze w fundusze instytucje w rodzaju UNESCO. I tak np. w wyniku współpracy z UNESCO wydawana jest seria "New Trends in Physics Teaching".

Na zakończenie chciałbym powiedzieć parę słów o organizowanych pod egidą IUPAP konferencjach naukowych. Aby uzyskać patronat IUPAP, konferencja musi spełniać szereg warunków. Musi to być przede wszystkim konferencja międzynarodowa o zakresie

światowym, a nie tylko strefowym czy grupowym. Organizację konferencji od strony naukowej musi sprawować możliwie reprezentatywny, międzynarodowy komitet organizacyjny, co oczywiście nie wyklucza istnienia lokalnego komitetu organizacyjnego zajmującego się także pozostałymi sprawami. Dopuszczenie do udziału w konferencji nie może zależeć od przekonań politycznych i kraju pochodzenia kandydata. Kraj, w którym ma się odbyć konferencja, musi zagwarantować udzielenie wiz uczestnikom bez żadnej dyskryminacji. Zaaprobowana przez Komitet Wykonawczy konferencja otrzymuje bardzo wysoko ceniony w świecie naukowym patronat IUPAP. Jest to z jednej strony sprawa prestiżowa, a mianowicie dowód uznania wysokiej rangi naukowej konferencji, z drugiej strony wiąże się z tym też czasem bardzo istotna pomoc finansowa. Wprawdzie IUPAP dysponuje nader ograniczonymi możliwościami finansowymi i przyznaje dotacje co najwyżej rzędu paru tysięcy dolarów (5 tysięcy jedynie w przypadku bardzo dużych konferencji), to w wielu przypadkach jednakże patronat i udział IUPAP w organizacji konferencji jest swojego rodzaju gwarancją, która znakomicie ułatwia uzyskanie znacznie większych funduszy z innych źródeł. Również publikacja materiałów konferencji organizowanej pod egidą IUPAP może być znacznie ułatwiona.

Warto wspomnieć, że wśród międzynarodowych konferencji fizycznych, organizowanych w Polsce w ostatnich dziesięciu latach, średnio, około jedna rocznie odbywała się pod patronatem IUPAP.

Mirosława Jastrzębska

Instytut Fizyki PAN
Warszawa

25 lat Instytutu Fizyki PAN

25 Years of the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences

Abstract: The history and achievements of the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences (IF PAN) are presented.

W dniu 24 września 1978 r. minęło 25 lat od chwili powołania Instytutu Fizyki PAN, placówki, której historia związana jest ściśle z odbudową i tworzeniem całej fizyki polskiej lat powojennych. Wplecione w nią losy i działalność aż trzech pokoleń fizyków sprawiają, że znajomość jej ma istotne znaczenie dla środowiska fizyków, jak znajomość historii i tradycji dla każdego społeczeństwa.

Po zakończeniu wojny fizyka polska prawie nie istniała. Przedwojenne laboratoria uległy niemal całkowitemu zniszczeniu, a środowisko fizyków, i tak stosunkowo nieliczne przed wojną, zostało mocno przetrzebione. Wojna spowodowała również brak rezerw kadrowych. Olbrzymim wysiłkiem nielicznej grupy doświadczonych fizyków udało się w pierwszych latach powojennych zorganizować, początkowo na skromną skalę, pracę naukową i szkolenie młodej kadry. Pierwszymi ośrodkami fizyki, które rozpoczęły działalność, były placówki uniwersyteckie, wśród nich znany z okresu przedwojennego ośrodek warszawski przy ul. Hożej 69.

Ważnym momentem dla rozwoju fizyki w Polsce powojennej było powołanie Komitetu Fizyki PAN, instytucji skupiającej najwybitniejszych fizyków polskich znajdujących się wówczas w kraju. Zdawano sobie sprawę z tego, że wyższe uczelnie, które zgodnie z wymogami okresu powojennego musiały działalność swą skoncentrować głównie na kształceniu młodego narybku fizyków, nie mogą podołać zadaniu rozwijania prac badawczych na szeroką skalę. Wynikła stąd konieczność powołania ogólnopolskiej placówki naukowej, która swą działalność koncentrowałaby na prowadzeniu badań w najważniejszych dziedzinach fizyki — fizyki ciała stałego, fizyki jądrowej, a także optyki atomowej i molekularnej, placówki, która rozwijałaby nowe gałęzie fizyki, kształcąc specjalistów w rozwijanych kierunkach badawczych, wreszcie organizowała nowe ośrodki fizyków w kraju.

Taką placówką stał się powołany w 1953 roku Instytut Fizyki PAN. Prace związane z utworzeniem Instytutu podjął Komitet Fizyki PAN. Fizycy tej miary jak profesorowie: Stefan Pieńkowski, Leopold Infeld, Marian Mięrowicz, Henryk Niewodniczański, Szczepan Szczęniowski, Andrzej Sołtan i Leonard Sosnowski, ówczesny Przewodniczący Komitetu Fizyki, ustalili plany naukowe i strukturę organizacyjną Instytutu. Główny ciężar prac organizacyjnych wziął na siebie prof. L. Sosnowski.

Instytut Fizyki PAN wyrastał z uniwersyteckich zakładów fizyki, a więc Uniwersytetu Warszawskiego, Jagiellońskiego, Mikołaja Kopernika, Adama Mickiewicza oraz Uniwersytetu i Politechniki Wrocławskiej, dzieląc z nimi kadre naukową i korzystając z ich pomieszczeń laboratoryjnych. Te ścisłe związki z ośrodkami akademickimi, które w formie bezpośredniej współpracy przetrwały do dziś, wywarły zasadniczy wpływ na początkową tematykę badawczą nowo powstałej placówki, a przede wszystkim pomogły Instytutowi w przejęciu najlepszej tradycji fizyki polskiej. Prócz dziedzin, do których fizyka polska lat międzywojennych wniosła swój trwały wkład w zakresie eksperymentu i teorii, jak optyka, fizyka jądrowa, fizyka dielektryków, plany badawcze Instytutu objęły szereg nowych dziedzin fizyki: fizykę półprzewodników, zainicjowaną w Polsce w 1947 r. i rozwijaną w Uniwersytecie Warszawskim przez L. Sosnowskiego, fizykę magnetyków-problematykę podjętą i rozwijaną przez S. Szczęniowskiego przy współudziale fizyków z Uniwersytetu Adama Mickiewicza, badania strukturalne, szereg kierunków fizyki jądrowej, wreszcie badania dotyczące teorii grawitacji zainicjowane i rozwijane przez L. Infelda. Dyrektorem Instytutu mianowany został prof. Stefan Pieńkowski, przewodniczącym Rady Naukowej prof. Leopold Infeld. Wraz z powołaniem Instytutu powstały Zakłady w Warszawie: Elektroniki Ciała Stałego, którego kierownictwo objął L. Sosnowski, Optyki i Promieni X, kierowany po śmierci Pieńkowskiego przez T. Skalińskiego, Izotopów Promieniotwórczych, kierowany przez A. Sołtana, Fizyki Teoretycznej, którym kierował L. Infeld i (w 1954 r.) Zakład Częstek Elementarnych, kierowany przez B. Burasa. Powołane zostały również trzy Zakłady pozawarszawskie: Ferromagnetyków i Dielektryków w Poznaniu, pod kierunkiem S. Szczęniowskiego i Fizyki Jądra Atomowego w Krakowie, kierowany przez H. Niewodniczańskiego. W listopadzie 1953 r. umiera prof. Stefan Pieńkowski, a kierownictwo Instytutu (od stycznia 1954 r.) powierzone zostaje prof. Leonardowi Sosnowskiemu.

Okres początkowej działalności był niezwykle trudny. Dotkliwie dawał się odczuć brak kadry naukowej, a prawie wszyscy fizycy zatrudnieni w Instytucie wspierali wyższe uczelnie prowadząc w nich zajęcia dydaktyczne. Brak własnej aparatury, zaplecza technicznego, brak pomieszczeń laboratoryjnych i własnej siedziby, szczupłość przyznanego budżetu, wszystko to utrudniało podjęcie prac badawczych na szerszą skalę. Szczególnie pomocną w tym okresie była współpraca z zakładami uniwersyteckimi umożliwiającą obustronne wykorzystanie wzajemnie uzupełniającej się aparatury, zwłaszcza udostępnienie Instytutowi przez uczelnie lokali było przysługą wprost bezcenną.

W 1955 r. wydzielona została z Instytutu Fizyki PAN problematyka jądrowa, a wraz z nią zakłady Izotopów Promieniotwórczych i Częstek Elementarnych oraz Zakład Fizyki Jądra Atomowego, które stały się załącznikiem Instytutu Badań Jądrowych w Warszawie i Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie. Wyłączenie problematyki jądrowej zmieniło zasadniczo profil tematyczny badań prowadzonych w Instytucie Fizyki PAN przerzucając



Ryc. 1. Stefan Pieńkowski— pierwszy dyrektor IF PAN



Ryc. 2. Leopold Infeld — przewodniczący Rady Naukowej IF PAN 1953—1957



Ryc. 3. Leonard Sosnowski — dyrektor IF PAN 1954—1965, przewodniczący Rady Naukowej IF PAN od 1972 r.



a



b

Ryc. 4. Pierwsza siedziba IF PAN, budynek przy ul. Zielnej 37/39 w Warszawie; przed odbudową — zdjęcie a) i po odbudowie b) (ze zbiorów Muzeum Historycznego Miasta Stołecznego Warszawy)



Ryc. 5. Wojciech Rubinowicz— przewodniczący Rady Naukowej IF PAN 1958—1971

ich ciężar na fizykę ciała stałego, głównie półprzewodniki, magnetyki, dielektryki przy rozszerzaniu tematyki w zakresie optyki. Podjęto również nowe kierunki badań, a mianowicie: fizykę niskich temperatur i fizykę mikrofal.

Zmiany w tematyce badawczej znalazły wyraz w zmianach organizacyjnych Instytutu. W 1954 r. wyodrębniony zostaje Zakład Dielektryków w Poznaniu, rozwijający się szybko pod kierownictwem Arkadiusza Piekary. Badania strukturalne włączone zostają do planu badań Zakładu Elektroniki Ciała Stałego, w którym powstają również załączki mikroskopii elektronowej. W miejsce Zakładu Optyki i Promieni X powołano Zakład Optyki Atomowej i Molekularnej kierowany przez A. Jabłońskiego, a następnie przez T. Skalińskiego, obejmujący utworzoną w 1955 r. w Toruniu Pracownię Luminescencji. Szybki rozwój fizyki półprzewodników stymulował powołanie Zakładu Technologii Półprzewodników, którego kierownictwo objął T. Niemyski.

Dla rozwoju badań w nowych kierunkach powołano we Wrocławiu pracownię (od 1960 r. Zakład) Niskich Temperatur, w której zespoły R. Ingardena i J. Rzewuskiego prowadziły prace dotyczące nadprzewodnictwa, magnetyzmu oraz badania teoretyczne w zakresie termodynamiki i teorii pola.

Powołanie pracowni wrocławskiej było pierwszym krokiem Instytutu w kierunku tworzenia nowych, specjalistycznych placówek fizyki w kraju. Kadre naukowe dla nowych dziedzin badawczych kształcono wysyłając młodych pracowników do liczących się w świecie ośrodków zagranicznych, przede wszystkim Związku Radzieckiego, Anglii i Stanów Zjednoczonych.

W 1956 r. uchwałą rządu w sprawie uruchomienia produkcji materiałów i elementów półprzewodnikowych oraz rozwoju badań dla zapewnienia postępu technicznego, Instytut włączony został do planów badawczo-rozwojowych przemysłu elektronicznego. Miało to zasadnicze znaczenie dla jego dalszego rozwoju — wzrósł budżet, Instytut otrzymał również nowe etaty.

Pierwszym zadaniem w tej sprzyjającej sytuacji było usunięcie największej bolączki, to jest utworzenie dobrze zorganizowanych warsztatów i zwiększenie kadry pracowników naukowo-technicznych. Był to problem niezwykle trudny ze względu na brak odpowiednich pomieszczeń, parku maszynowego, ponadto angażowanie wysokokwalifikowanej kadry inżyniersko-technicznej utrudniały obowiązujące wówczas w instytutach naukowych, znacznie niższe niż w przemyśle, płace dla tej grupy pracowników. Mimo trudności, w "pękającym w szwach" z powodu nadmiernego tłoku gościnnym gmachu Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW powstały warsztaty mechaniczne oraz Pracownia Aparatury Elektronowej, w której grupa młodych inżynierów elektroników i techników pod kierunkiem J. Kalińskiego projektowała i konstruowała aparaturę nieosiągalną wówczas na rynku krajowym a także opracowywała przy współudziale fizyków nietypowe przyrządy niezbędne do prowadzenia prac badawczych.

Wydarzeniem niezwykle ważnym dla Instytutu było otrzymanie w roku 1956 własnej siedziby w budynku przy ul. Zielnej 37, w połowie wypalonym i zrujnowanym w czasie Powstania Warszawskiego, w którym jedynym wyposażeniem technicznym były gniazda oświetleniowe, a o warunkach BHP i sanitarnych lepiej nie wspominać. Otrzymanie własnych pomieszczeń otworzyło przed Instytutem nowe perspektywy. Natychmiast przeniesiono tam część pracowni Zakładu Elektroniki Ciała Stałego, Zakład Technologii Pół-

przewodników, Pracownię Aparatury Elektronowej i część warsztatów, na więcej nie było już miejsca. Przystąpiono też do prac adaptacyjnych, które pracownicy naukowcy najczęściej musieli wykonywać sami.

Lata pięćdziesiąte były okresem zbyt trudnym, by można było mówić o osiągnięciach naukowych na większą skalę. Należy jednak docenić ważność tego okresu w przygotowaniu liczniejszej kadry naukowej, zaplecza technicznego i materialnego Instytutu Fizyki PAN. W okresie tym liczba pracowników działalności podstawowej wzrosła od około 50 w roku 1953 do 187 w roku 1959, choć ciągle jeszcze zbyt szczupła była kadra pomocniczych pracowników nauki w porównaniu z kadrą pracowników na stanowiskach profesorów i docentów, a około 1/3 ogółu pracowników zatrudniona była w wymiarze 1/2 etatu.

Rada Naukowa Instytutu, której przewodnictwo objął prof. W. Rubinowicz, otrzymała w 1958 r. uprawnienia do nadawania stopni naukowych doktora nauk fizycznych i docenta. Szkolenie kadry naukowej podjęte w Instytucie od chwili jego powstania dało wreszcie rezultaty. Odbyły się pierwsze obrony prac doktorskich wykonanych w Instytucie. Powracali też stypendyści z ośrodków zagranicznych, przywożąc nowe idee panujące wówczas w fizyce.

Rozwinał się również pion techniczny Instytutu, w którym opracowywano prototypy aparatury badawczej i pomiarowej. Na Wystawie Przemysłu Polskiego zorganizowanej w Moskwie, na Wystawie Przemysłowej w Pekinie, na Wystawie Osiągnięć Polskiej Myśli Badawczej w Warszawie i wielu innych ekspozycjach Instytut Fizyki wystawiał własne konstrukcje elektroniczne oraz aparaturę badawczą. Ekspozyty te budziły duże zainteresowanie nie tylko wśród fachowców.

W roku 1959 zapadły decyzje dotyczące docelowej lokalizacji Instytutu Fizyki PAN. Pod budowę nowej siedziby przydzielono tereny przy Al. Lotników 32/46. Zakończenie budowy nowego obiektu miało nastąpić w roku 1965, a już w roku 1960 projekt zagospodarowania nowych pomieszczeń opracowany został w najdrobniejszych szczegółach. Jak dziś wiemy, Instytutowi przyszło czekać 15 lat do chwili przeniesienia swych laboratoriów na Służewiec.

Po okresie zmagani organizacyjnych, walki o etaty, środki finansowe, własne pomieszczenia laboratoryjne, aparaturę badawczą, po okresie wysiłków w kierunku stworzenia bazy technicznej, troski o odpowiednio wyszkoloną kadrę naukową, począwszy od lat 60. Instytut stał się uformowaną już placówką mogącą w miarę swobodnie rozwijać swą działalność naukową. Było to niewątpliwą zasługą L. Sosnowskiego, który z ogromnym zaangażowaniem potrafił przeprowadzić Instytut przez najtrudniejszy okres organizacji i początkowego rozwoju.

Problematyka badawcza Instytutu objęła w latach 60. szeroki zakres najbardziej aktualnych zagadnień fizyki współczesnej. Współpraca z ośrodkami zagranicznymi, ciągle jeszcze oparta bardziej na kontaktach osobistych niż na zorganizowanym działaniu, inspirowała do podejmowania nowej, względnie rozszerzania podjętej już problematyki zgodnie z tendencjami rozwojowymi fizyki na świecie. Instytut prowadził prace objęte rządowym Planem Rozwoju Nauki i Techniki, głównie jednak badania podstawowe koordynowane przez Komitet Fizyki PAN.

Szczególnie intensywnie rozwijały się prace w zakresie fizyki półprzewodników. Grupa

młodych, uzdolnionych fizyków podjęła zainicjowane przez L. Sosnowskiego i J. Kołodziejczaka, kontynuowane do dziś, eksperymentalne, i teoretyczne badania energetycznej struktury pasmowej oraz procesów transportu elektronowego, szczególnie w półprzewodnikach z wąską przerwą energetyczną i ich stopach. Kontynuacją odkrywczych prac L. Sosnowskiego nad własnościami złącz $p-n$ w półprzewodnikach były badania efektu fotowoltaicznego w związkach ołowiu. Doprowadziły one jeszcze w latach pięćdziesiątych do odkrycia nowych mechanizmów rekombinacji elektronów i dziur oraz ustalenia wartości przerwy energetycznej w takich materiałach jak PbS, PbSe, PbTe, Tl_2S . Przedmiotem badań stały się zjawiska zachodzące na powierzchni półprzewodników, a także elektronowe własności defektów sieci krystalicznej w półprzewodnikach — badania zainicjowane i rozwijane w Instytucie przez T. Figielskiego. Podjęto poszukiwania materiałów półprzewodnikowych o nowych własnościach fizycznych, szczególnie związków typu $A^{II}B^{VI}$ i $A^{III}B^V$, prace, które zapoczątkował i rozwinął w Instytucie Fizyki na szeroką skalę W. Giriat. T. Niemyski i jego współpracownicy prowadzili badania nad otrzymywaniem materiałów o najwyższych temperaturach topnienia m. in. boru, węgla białego oraz diamentów. Otrzymanie krystalicznego boru stymulowało podjęcie prac nad określeniem elektronowej struktury energetycznej, transportu elektronowego, a także fotoprzewodnictwa w tym materiale — badań które podjął A. Zaręba i jego grupa. W Zakładzie Technologii Półprzewodników opracowana została dla przemysłu elektronicznego oryginalna metoda otrzymania czystego krzemu. Prowadzono także prace dotyczące półprzewodnikowych elementów chłodniczych. Prace nad półprzewodnikami przyniosły osiągnięcia na miarę światową. Powstawała znana dziś w świecie Warszawska Szkoła Półprzewodników, zwana także *szkołą Sosnowskiego*.

Dynamicznie rozwijały się badania strukturalne. W 1966 r. powołany został Zakład Fizyki Promieni X, kierowany przez J. Auleytnera, inicjatora nowych kierunków badań strukturalnych w Instytucie. Problematyka prac dotyczyła przede wszystkim określenia defektów sieci krystalicznej metodami topografii rentgenowskiej, m. in. przy stosowaniu oryginalnej metody rozbieżnej wiązki promieni X i oscylującego filmu. Rozwijała się również mikroskopia elektronowa. E. Igras i T. Warmiński ze swymi współpracownikami rozpoczęli budowę pierwszego w Polsce prototypu zwierciadlanego mikroskopu elektronowego.

W Poznaniu w Zakładzie Ferromagnetyków S. Szczęniowski, przy współudziale J. Morkowskiego i innych oraz fizyków z Uniwersytetu Poznańskiego, uzyskał oryginalne wyniki dotyczące opisu fal spinowych. Przedmiotem badań były również cienkie warstwy ferromagnetyków oraz własności magnetyczne ferrytów. Problematyka ta nawiązała do potrzeb techniki, szczególnie do budowy pamięci maszyn cyfrowych.

W Zakładzie Dielektryków, pod kierunkiem A. Piekary, J. Małecki, J. Stankowski i ich współpracownicy prowadzili badania dielektryków i ferroelektryków w silnych polach elektrycznych, prace, które ze względu na możliwość zastosowań ferroelektryków w elektronice, zaczęły wówczas intensywnie rozwijać się na świecie. Uzyskane wyniki wyjaśniły wiele zagadnień dotyczących wiązań molekularnych i międzymolekularnych w cieczy, jak również samej struktury cieczy.

Prace w Zakładzie Optyki Atomowej i Molekularnej prowadzono w Toruniu pod kierunkiem A. Jabłońskiego i w Warszawie pod kierunkiem T. Skalińskiego. Prace grupy

toruńskiej dotyczyły głównie oddziaływań międzymolekularnych w cieczach polarnych i ich roztworach a także fotoluminescencji organofosforów. W grupie warszawskiej rozwinięto najnowocześniejsze wówczas metody spektroskopii atomowej jak np., pompowania optycznego i metod pokrewnych, a w optyce molekularnej nowoczesne metody spektrofotometryczne i metody fluorometryczne. W pierwszej z tych dziedzin uzyskano już w końcu lat 50. interesujące wyniki doświadczalne i teoretyczne w zakresie zjawisk związanych ze spójnością stanów atomowych. Badania w tym kierunku rozwijane są do chwili obecnej.

Powstał silny ośrodek fizyki teoretycznej stworzony przez L. Infelda. Prace tego wybitnego fizyka i jego współpracowników w zakresie teorii grawitacji i elektrodynamiki kwantowej dały doniosłe wyniki.

Badania W. Rubinowicza i jego grupy poświęcone teorii dyfrakcji światła stały się trwałym dorobkiem optyki. W grupie tej podjęto również badania nad spójnością światła, które w ciągu kilku lat dały wiele cennych i uznanych w świecie rezultatów. M. Suffczyński rozwinął badania w zakresie teorii półprzewodników, które przyniosły wiele nowych wartościowych wyników zwłaszcza w zakresie kwantowej teorii zjawiska Faradaya.

Ogromny wysiłek włożony został również w rozwój nowych metod badawczych, bez stosowania których nie można było myśleć o uzyskaniu wyników na poziomie światowym. Rozszerzenie tematyki badawczej Instytutu stymulowało powołanie nowych jednostek organizacyjnych.

Odkrycie eksperymentalne międzypasmowych zjawisk magnetoptycznych w germanie dokonane przez J. Kołodziejczaka, Y. Nishinę i B. Laxa, którzy zaproponowali również pierwszą kompletną teorię tych zjawisk, spowodowało burzliwy rozwój w dziedzinie magnetoptyki półprzewodników. Z inicjatywy J. Kołodziejczaka powołano Zakład Spektroskopii Ciała Stałego, w którym rozwinęła się cała problematyka spektroskopii półprzewodników, szczególnie metody spektroskopii laserowej stosowanej w badaniach nieliniowych zjawisk magnetoptycznych. Badania te przyniosły wiele cennych wyników stanowiących trwałą wkład w fizyce półprzewodników.

W nowo powołanym Zakładzie Fizyki Mikrofal K. Leibler ze swymi współpracownikami podjęła prace w zakresie mikrofalowej techniki badawczej i jej zastosowań w fizyce ciała stałego. Opracowano szereg metod w zakresie spektroskopii mikrofalowej ciał stałych m. in. metody rezonansowe. Ciekawe wyniki uzyskał J. Konopka w badaniach rezonansu spinowego elektronów przewodnictwa w półprzewodnikach z wąską przerwą energetyczną. Prowadzono także badania dotyczące mikrofalowych wzmacniaczy kwantowych, w wyniku których zbudowano pierwszy w Polsce maser krystaliczny.

Oddział Poznański Instytutu powiększony został o Zakład Radiospektroskopii kierowany przez J. Stankowskiego. W Warszawie powstał Zakład Optyki Nieliniowej, w którym pod kierunkiem A. Piekary rozwinęły się badania optycznych efektów nieliniowych, możliwych do zaobserwowania dzięki wykorzystaniu promieniowania laserowego. Wspomnę tutaj, że w Instytucie Fizyki zbudowano w 1963 r. pierwszy w Polsce laser na rubinie syntetycznym, a wkrótce później lasery He-Ne i CO₂. Uruchomione lasery zostały niezwłocznie zastosowane w pracach badawczych Zakładu Optyki, Zakładu Dielektryków i Zakładu Spektroskopii Ciała Stałego.

Szczególny nacisk położono na rozwój metod badania ciał stałych w warunkach eks-

tremalnych, a więc metod niskotemperaturowych, wysokociśnieniowych, metod wykorzystujących silne impulsowe pola magnetyczne, itp.

Rozwijała się kriogenika. Prace grupy wrocławskiej uwieńczone zostały sukcesem, skonstruowano elektromagnesy bezrdzeniowe dużej mocy, po raz pierwszy w Polsce skroplony został hel. W Warszawie również powstała Pracownia Niskich Temperatur, w której J. Rauluszkiewicz ze swymi współpracownikami prowadził prace badawcze głównie w zakresie nadprzewodnictwa. Zainstalowanie skraplarki helowej umożliwiło prowadzenie badań w temperaturach helowych wszystkim jednostkom Instytutu, opracowano również szereg konstrukcji aparatury kriogenicznej. Instytut przychodził z pomocą wielu ośrodkom badawczym PAN, resortowym, a także służby zdrowia zaopatrując je w ciekły azot i hel.

W Zakładzie Fizyki Półprzewodników S. Porowski ze swoją grupą rozwinął badania struktury pasmowej półprzewodników w warunkach wysokich ciśnień. W zespole tym opracowano także prototypy aparatury i urządzeń do badań przeprowadzanych pod wysokim ciśnieniem.

Począwszy od 1966 r. z Instytutu Fizyki wyłączone zostają silne, dobrze zorganizowane jednostki, które wzmacniają nowo powstające placówki naukowe PAN i Szkolnictwa Wyższego.

Jeszcze w 1962 r. toruńska grupa prof. A. Jabłońskiego przeszła do Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

By wesprzeć przemysł elektroniczny, borykający się z trudnościami w opanowaniu technologii elektronicznych elementów półprzewodnikowych, powołany został Instytut Technologii Elektronowej, do którego włączono Zakład Technologii Półprzewodników Instytutu Fizyki. W tym też roku następuje połączenie wrocławskiego Zakładu z Zakładem Fizyko-Chemicznych Badań Strukturalnych w specjalistyczną placówkę PAN — Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych.

W 1967 r. Instytut Fizyki podjął nowe zadanie organizacyjne — utworzenie placówki naukowej w Zabrze, która prowadziłaby badania w zakresie fizyki metali, półprzewodników i dielektryków w sposób kompleksowy, w ścisłym powiązaniu z ośrodkami przemysłowymi i ośrodkami naukowymi Górnego Śląska. Zadanie to powierzono J. Kołodziejczakowi. Prace związane z organizacją zakładu śląskiego trwały zaledwie 18 miesięcy. W 1969 r. nowa placówka, w pełni przygotowana do samodzielnej działalności, stała się częścią Centrum Badań Naukowych na Śląsku.

Instytut zawsze dążył do rozwijania ścisłej współpracy z placówkami naukowymi o charakterze technicznym i przemysłem. "Fizyka może i chce zajmować się wdrażeniem swych osiągnięć. Musi jednak istnieć łącznik między badaniami podstawowymi a techniką... Dla harmonijnego rozwoju takiej współpracy musi istnieć ogniwo, w którym następuje "technizacja fizyki" i "ufizycznianie" techniki". Ta wypowiedź L. Sosnowskiego, na jednym z posiedzeń Rady Naukowej, stała się wskazówką dla przyszłej polityki naukowej Instytutu.

W 1962 r. powołany został Zakład Doświadczalny PAN o charakterze produkcyjnym, którego zasadniczy trzon stanowiły, specjalnie w tym celu wyłączone z Instytutu Fizyki wraz z całym wyposażeniem: Pracownia Konstrukcji Aparatury Elektronowej i część Zakładu Technicznego. W latach sześćdziesiątych wiele prototypów unikalnych urządzeń

badawczych i nowych opracowań aparatury pomiarowej przekazanych zostało zarówno do Zakładu Doświadczalnego UNIPAN, jak i do przemysłu.

Lata 1966—1970 były okresem częstych zmian kierownictwa Instytutu. W lutym 1966 r. po przebytej ciężkiej chorobie rezygnuje ze stanowiska dyrektora Instytutu prof. L. Sosnowski, człowiek, któremu Instytut w dużej mierze zawdzięczał swoje narodziny, a później intensywny rozwój naukowy, człowiek, który potrafił skupić wokół siebie młodych, zdolnych, pełnych inicjatywy fizyków zaszczeniając w nich umiłowanie wiedzy, pasję odkrywczą, a także troskę o los Instytutu. Po rezygnacji L. Sosnowskiego Instytutem kierował A. Piekara (1966—1967), następnie J. Auleytner (1968—1969). W okresie tym opracowany został szczegółowy plan badań Instytutu na lata 1970—1975. W roku 1970 na stanowisko dyrektora Instytutu Fizyki powołany został J. Kołodziejczak, który funkcję tę pełni do dziś.

Lata 70. stanowią dla Instytutu Fizyki etap szczególnie dynamicznego rozwoju. Instytut poczyną przejmować nowe odpowiednio przystosowane pomieszczenia na Służewcu. Radykalnie poprawiają się warunki pracy. Prawie cały potencjał Instytutu zaangażowany zostaje w realizację problemów badawczych szczególnie ważnych dla gospodarki narodowej. Instytut staje się koordynatorem problemu węzłowego "Badania struktury i własności elektronowych ciał stałych ze szczególnym uwzględnieniem nowych zastosowań". Plan koordynacyjny objął 25 placówek PAN, szkolnictwa wyższego oraz innych resortów. Od 1976 Instytut koordynuje prace badawcze podstawowe objęte problemem wiodącym Programu Rządowego "Rozwój materiałów i podzespołów dla potrzeb elektronizacji", jest koordynatorem badań prowadzonych w zakresie problemu Międzyresortowego "Struktura oraz własności elektronowe ciał stałych", uczestniczy w realizacji innych problemów międzyresortowych, a także prowadzi prace własne.

Jednym z niezwykle ważnych elementów koordynacji badań w zakresie fizyki ciała stałego było rozwinięcie na szeroką skalę w 1971 r. istniejącego już poprzednio systemu porozumień dwustronnych i wielostronnych między Instytutem Fizyki PAN oraz innymi placówkami naukowymi PAN, Ministerstwa Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, a także placówkami zaplecza badawczego ośrodków przemysłowych. System ten zacieśnił związki Instytutu z placówkami o charakterze technicznym.

Nowe zadania wymagały zwiększenia efektywności wykorzystania potencjału badawczego Instytutu, toteż w 1973 r. zastąpiono istniejącą dotychczas strukturę organizacyjną, opartą na zakładach i pracowniach, systemem oddziałów naukowych, skupiających okresowo powoływane "zespoły problemowe" — jednostki formowane z punktu widzenia realizacji określonych zadań badawczych. Utworzone zostają trzy oddziały naukowe: Fizyki Półprzewodników, Fizyki Promieniowania i Spektroskopii oraz Oddział Magnetyków.

Posunięciem istotnym w rozwiązywaniu w skali krajowej potrzeb w zakresie unikalnych technik badawczych stało się utworzenie w Instytucie laboratoriów środowiskowych: Laboratorium Badań Rentgenowskich i Elektronomikroskopowych oraz Laboratorium Badań Kriogenicznych.

Aby ułatwić przekazywanie do praktyki rezultatów prac badawczych o charakterze utylitarnym, powołane zostały w 1972 r. przy Instytucie Fizyki PAN trzy zakłady doświadczalne: ZD WILMER — produkujący opracowane w Instytucie Fizyki magnetyczne

podzespoły mikrofalowe, a także wykorzystujący techniki mikrofalowe do budowy mierników wilgotności; ZD UNIPRESS — specjalizujący się w produkcji aparatury wysokociśnieniowej; ZD RADIOPAN w Poznaniu, produkujący aparaturę radiospektroskopową.

W 1975 r. Instytut daje fizyce polskiej nową, dobrze zorganizowaną placówkę naukową — jednostki poznańskie zostają wydzielone i przekształcone w Instytut Fizyki Molekularnej PAN.

Jednym z głównych celów, rozwiązywanych w Instytucie problemów badawczych lat siedemdziesiątych, jest poszukiwanie nowych materiałów dla potrzeb elektroniki, poznanie ich własności fizycznych oraz wskazanie możliwości wykorzystania w praktyce. Stymuluje to rozwój badań technologicznych oraz nowych metod badawczych. Zasadniczą rolę w poszukiwaniu nowych materiałów odgrywają badania struktury elektronowej i wynikających z niej własności fizycznych. Rezultaty prowadzonych w tym zakresie prac wskazały na możliwość wykorzystania szeregu otrzymanych materiałów do budowy źródeł promieniowania podczerwonego, mikrofalowego a także detektorów podczerwieni.

Zainicjowane w początkach lat 60. i rozwijane później przy współudziale W. Zawadzkiego, R. R. Gałązki, S. Porowskiego i wielu innych badania półprzewodników z wąską przerwą energetyczną doprowadziły zarówno do stworzenia ogólnej teorii zjawisk transportu elektronowego, jak i wykrycia wielu nowych zjawisk fizycznych zachodzących w tych materiałach. Ostatnio światową karierę zaczęła robić nowa klasa półprzewodników nazwana półprzewodnikami półmagnetycznymi. Badania zainicjowane przez R. R. Gałązkę i podjęte w wielu laboratoriach doprowadziły do wyodrębnienia tej grupy półprzewodników wyróżniających się oddziaływaniem elektronów półprzewodnictwa z silnie zlokalizowanymi momentami magnetycznymi. Półprzewodniki półmagnetyczne są ośrodkiem nowych zjawisk nie występujących w znanych dotychczas materiałach półprzewodnikowych i magnetycznych.

W początkach lat 70. podjęte zostały badania własności fluorku kadmu (CdF_2) — półprzewodnika o szerokiej przerwie energetycznej, niezwykle interesującego z punktu widzenia zastosowań w optoelektronice.

W toku badań dotyczących fizyki stanów powierzchniowych J. Łagowski, E. Kamieniecki i ich współpracownicy dokonali odkrycia nowych procesów elektronowych, uwarunkowanych oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego ze stanami powierzchniowymi. Badania te dotyczą zarówno stanów powierzchniowych związanych z ograniczeniem kryształu i defektami sieci krystalicznej przy powierzchni, jak też fizykochemicznymi i chemicznymi procesami zachodzącymi na powierzchni półprzewodnika. Uwzględniają one interdyscyplinarne tendencje, zgodnie z którymi powierzchnia półprzewodnika stanowić ma punkt styczny dla kompleksowych badań w zakresie fizyki, chemii oraz innych dyscyplin pokrewnych.

Prace T. Figielskiego i jego grupy nad określeniem własności elektronowych defektów sieci krystalicznej w półprzewodnikach doprowadziły do wyjaśnienia wielu zjawisk związanych z obecnością liniowych defektów sieci oraz do odkrycia wpływu orientacji momentów magnetycznych elektronów i dziur w półprzewodnikach na prawdopodobieństwo ich rekombinacji za pośrednictwem dyslokacji.

Godne zanotowania wyniki uzyskali M. Suffczyński i W. Wardzyński w dziedzinie badań, teoretycznych i eksperymentalnych, stanów ekscytonowych w półprzewodnikach.

Prace w zakresie fizyki półprzewodników, prowadzone od lat w ścisłej współpracy z Uniwersytetem Warszawskim, dały Instytutowi wielki autorytet naukowy i uznanie świata fizyki a także stały się przedmiotem wielu opracowań monograficznych i encyklopedycznych. Wiele też wyników wykorzystano w praktyce.

Badania w zakresie optyki atomowej, prowadzone przez T. Skalińskiego i K. Rosińskiego, objęły zagadnienia mechanizmów relaksacji w zbiorze atomów pompowanych optycznie. Prowadzono studia w zakresie badań laserowych nad związkiem między efektywnością wzbudzenia dwufotonowego i statystycznymi własnościami wiązki wzbudzającej.

Prace teoretyczne rozwijane przez Z. Białynicką-Birulę, A. Kujawskiego i innych, objęły szereg zjawisk optyki kwantowej, szczególnie przejścia wielofotonowe i statystyczne własności światła a także zjawiska nieliniowe w elektrodynamice nieliniowej zachodzące w obecności silnych pól magnetycznych. Przedmiotem badań stały się także kohrentne impulsy optyczne w ośrodkach rezonansowych (soliton optyczny).

Badania w zakresie spektroskopii molekularnej, którymi kieruje J. Prochorow, objęły m. in. mechanizm dezaktywacji wzbudzonych układów typu kompleksów z przeniesieniem ładunku oraz uwarunkowanie tego mechanizmu przez fizyczne własności ośrodka. Podjęto pierwszą w skali światowej próbę całościowego ujęcia problemu dezaktywacji układów molekularnych. Otrzymane wyniki uzupełniły stan wiedzy o procesach przeniesienia energii w układach molekularnych i stanowią eksperymentalną podstawę dla ogólnej teorii przejść i zagadnień sprzężenia w układach molekularnych.

Badania w zakresie spektroskopii mikrofalowej rozwijane przez K. Leibler i jej współpracowników doprowadziły do opracowania szeregu spektroskopowych metod badawczych, szczególnie w zakresie fal milimetrowych i submilimetrowych. S. Lewandowski, J. Konopka i inni, podjęli problematykę badawczą, która włączyła Instytut do dynamicznie rozwijających się na świecie badań w dziedzinie zjawisk tunelowych w nadprzewodnikach.

Rozwinęły się prace w dziedzinie magnetyków, kierowane przez S. Szczeniowskiego, później przez R. Wadasa, H. Lachowicza i H. Szymczaka, niezwykle ważne zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i zastosowań. Objęły one badania struktury domenowej w magnetykach o jednoosiowej symetrii. W toku tych badań sformułowano model teoretyczny falistej struktury domenowej opisujący całokształt aktualnych danych eksperymentalnych dla tej grupy materiałów. Opracowano technologię wytwarzania materiałów z domenami cylindrycznymi oraz metody pomiaru statycznych i dynamicznych parametrów domen cylindrycznych. Technika eksperymentalna służąca do badania struktury domenowej wykorzystana została do badań przejść fazowych typu orientacji spinów. Po raz pierwszy zaobserwowano wizualnie domeny fazowe w ortoferytach indukowane zewnętrznym polem magnetycznym lub temperaturą.

Rozwinięto spektroskopowe badania tlenkowych materiałów magnetycznych szczególnie badania optyczne, magnetoptyczne oraz jądrowego rezonansu magnetycznego, które pozwoliły na zrozumienie źródeł anizotropii magnetycznej, warunkującej istnienie domen cylindrycznych. Zaobserwowano po raz pierwszy ekscytyny magnetyczne w granatach antyferytowych i odkryto fotomagnetyczne efekty w ortoferytach. Praktyczne zastosowania znalazły prace prowadzone przez Z. Kaczkowskiego, Z. Krzyckiego, W. Zbie-



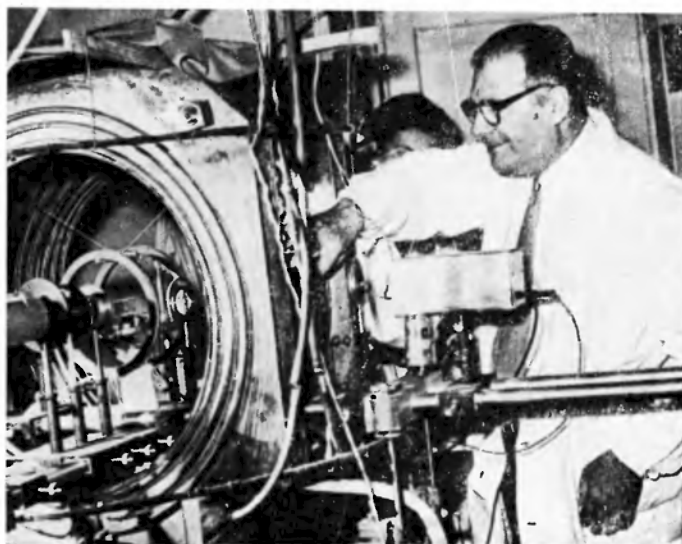
Ryc. 6. Przedstawiciele Partii i Rządu w towarzystwie Prezesa Polskiej Akademii Nauk T. Kotarbińskiego zwiedzają ekspozycję Instytutu Fizyki PAN na Wystawie Polskiej Myśli Badawczej (rok 1966). Od lewej: L. Sosnowski, W. Gomułka, J. Cyrankiewicz, T. Kotarbiński, P. Jaroszewicz i J. Auleytner. Fot. CAF



Ryc. 7. Szczepan Szczeniowski



Ryc. 8. Arkadiusz Piekara (po lewej) — dyrektor IF PAN 1966—1967 w rozmowie z młodymi fizykami



Ryc. 9. Tadeusz Skaliński



Ryc. 10. Grupa konstruktorów pierwszego w Polsce doświadczalnego lasera rubinowego — Instytut Fizyki PAN 1963 r. (Główni konstruktorzy: R. Chwałko — pierwszy z prawej, S. Stepiński — trzeci z lewej w głębi, J. Ballaun — w środku po prawej, S. Banach — w środku po lewej)



Ryc. 11. J. Auleytner — pełnił obowiązki dyrektora IF PAN 1968—1969 — wręcza dyplom uznania za rzetelną pracę kierownicze pracowni fotograficznej E. Kapuścik podczas uroczystości 15-lecia Instytutu Fizyki PAN



Ryc. 12. J. Kołodziejczak — dyrektor Instytutu Fizyki PAN od 1970 r.



Ryc. 13. Kompleks budynków obecnej siedziby IF PAN przy Al. Lotników 32/46 w Warszawie

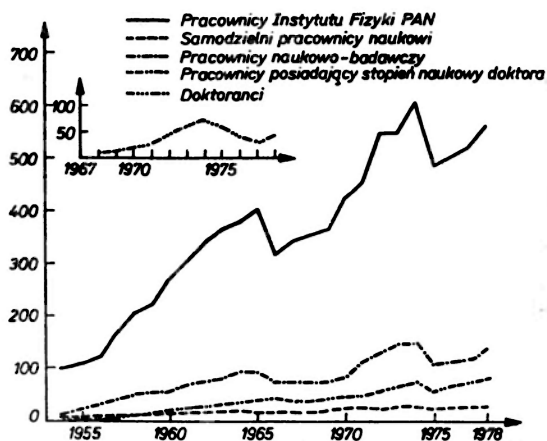
ranowskiego i ich współpracowników nad przetwornikami magnetostrykcyjnymi, mikrofalowymi i podzespołami ferrytowymi oraz nad magnetometrami jądrowymi.

W Laboratorium Badań Rentgenowskich i Elektronomikroskopowych pod kierunkiem J. Auleytnera i T. Warmińskiego opracowano szereg oryginalnych metod badania defektów sieci krystalicznej, które zastosowano do badania realnej struktury kryształów. Opracowane metody pozwoliły wyjaśnić wiele obserwowanych a niewyjaśnionych dotychczas zjawisk m. in. przesunięcie widm ekscytonowych wywołane obecnością defektów w niektórych związkach półprzewodnikowych, przyczyny tworzenia się szczególnego typu pętli dyslokacyjnych w kryształach typu $A\text{II}B\text{VI}$ pod wpływem domieszek. Rozwiązano również wiele ważnych zagadnień strukturalnych związanych z produkcją półprzewodnikowych przyrządów mocy.

W Laboratorium Badań Kriogenicznych kierowanym przez L. Śniadowera opracowano i wykonano chłodziarkę ^3He umożliwiającą prowadzenie badań w temperaturze od 0.4 K. Opracowano również technologię wytwarzania urządzeń kriogenicznych, niezbędnych dla prowadzenia badań w niskich temperaturach zarówno w samym Instytucie jak i innych placówkach naukowych w kraju. Rozwinęły się badania fizyczne dotyczące nadprzewodnictwa wodorków palladu, których celem jest wyjaśnienie osobliwej natury nadprzewodnictwa w tych materiałach.

Nie sposób tu wymienić wszystkich problemów naukowych rozwiązywanych w Instytucie Fizyki w latach 70., a także opracowanych metod badawczych. Osiągnięcia te są w głównej mierze zasługą kadry naukowej i inżynierjno-technicznej szkolonej przede wszystkim we własnych laboratoriach Instytutu.

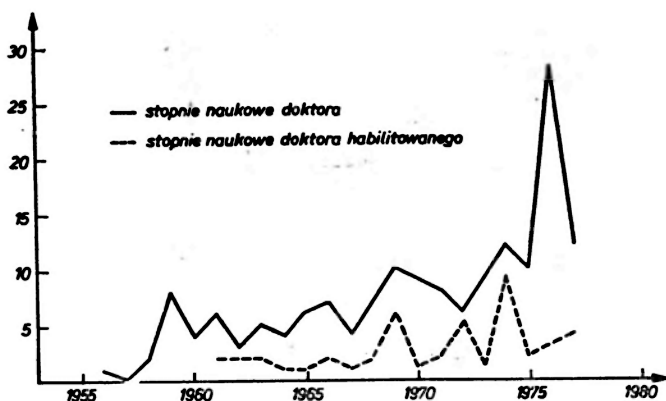
W 1968 roku utworzono zorganizowany w ramach 3-letniego Studium Doktoranckiego system szkolenia specjalistycznego młodych pracowników nauki. Prowadzone stale w Instytucie: ogólne konwersatorium, seminaria specjalistyczne i oddziałowe dają możliwość pracownikom ciągłego pogłębiania wiedzy. Niezwykle ważnym czynnikiem podnoszącym kwalifikacje kadry jest udział w konferencjach, szkołach letnich, sympozjach. Instytut organizuje lub jest współorganizatorem wielu cyklicznie powtarzających się



Rys. 14. Rozwój kadry IF PAN w latach 1953—1978

impresz tego typu. Niektóre z nich zdobyły już zasłużoną renomę w międzynarodowej społeczności fizyków.

Największą rolę w kształceniu kadry naukowej odgrywają staże w znanych ośrodkach zagranicznych, do których Instytut wysyła swych pracowników. Kadra Instytutu stanowi dziś liczącą się w świecie siłę intelektualną. Rozwój jej w okresie 25 lat przedstawiają rys. 14 i rys. 15.



Rys. 15. Stopnie naukowe uzyskane w IF PAN do 1977 r.

Instytut skupia wielu wybitnych naukowców biorących czynny udział w pracach najpoważniejszych organizacji naukowych zarówno w kraju, jak i za granicą. Fizycy nasi byli lub są członkami Prezydium PAN, Komitetu Fizyki, członkami wielu rad naukowych instytutów w kraju a także za granicą. Wiceprzewodniczącym Międzynarodowej Komisji Optycznej (ICO) jest prof. Tadeusz Skaliński. Uhonorowaniem całej fizyki polskiej był wybór we wrześniu 1978 r. prof. Leonarda Sosnowskiego na stanowisko prezesa Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej (IUPAP), najpoważniejszej międzynarodowej organizacji fizyków.

Uznaniem dla polskiej fizyki jest stały udział pracowników Instytutu w komitetach programowych najpoważniejszych imprez naukowych, zapraszanie do wygłaszania referatów na tych imprezach, a także do prowadzenia cykli specjalistycznych wykładów w ośrodkach naukowych o uznanej renomie.

Instytut prowadzi współpracę z wieloma zagranicznymi placówkami naukowymi. W ramach porozumienia między krajami członkami RWPG koordynuje badania w zakresie fizyki magnetyków. Jest koordynatorem badań dotyczących defektów sieci krystalicznej w zakresie problemu "Badania półprzewodników" objętego porozumieniem o wielostronnej współpracy akademii nauk krajów socjalistycznych. Aktywnie uczestniczy w programie "Interkosmos". Instytut prowadzi też bardzo szeroką współpracę z ośrodkami naukowymi krajów spoza bloku RWPG, jak: Francja, Stany Zjednoczone, Wielka Brytania, Włochy, Szwecja, Kanada, Japonia i RFN.

Uznaniem dla osiągnięć Instytutu jest powierzenie mu organizacji imprez o najwyż-

szym znaczeniu naukowym, z których najważniejszymi były Konferencje: Teorii Grawitacji (1962 r.), Pompowania Optycznego i Kształtu Linii Spektralnych (1968 r.), XI Konferencja Fizyki Półprzewodników (1972 r.), III Konferencja Fizyki Półprzewodników z wąską przerwą (1977 r.) oraz XI Kongres Krystalografii (1978 r.).

W ciągu 25 lat działalności Instytutu opublikowano 2760 prac naukowych, wyniki wielu z nich weszły na trwałe do fizyki, przyczyniając się istotnie do rozwoju tej dziedziny wiedzy.

Ocena działalności naukowej Instytutu znalazła wyraz w licznych nagrodach indywidualnych i zespołowych przyznanych za wybitne osiągnięcia, a przede wszystkim w wyróżnieniach najwyższej rangi, jak Nagroda Państwowa I stopnia, przyznana w 1972 r. L. Sosnowskiemu za prace z zakresu fizyki półprzewodników oraz przyznana w 1978 r. zespołowi: J. Kołodziejczak, J. Mycielski, L. Sosnowski, W. Szymańska i W. Zawadzki za opracowanie ogólnej teorii transportu elektronowego w półprzewodnikach. Nagroda Polskiej Akademii Nauk im. Marii Skłodowskiej-Curie, którą, po raz pierwszy po ustanowieniu, przyznano w 1967 r. J. Kołodziejczakowi. W 1977 r. nagrodę tę otrzymał W. Zawadzki.



Rys. 16. Prace IF PAN opublikowane w latach 1953—1977

Liczne nagrody Sekretarza Naukowego PAN, Wydziału III PAN, Ministra Oświaty i Szkolnictwa Wyższego, Ministra Szkolnictwa Wyższego i Techniki, Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Została również przyznana Międzynarodowa Nagroda Akademii Nauk Polski i NRD zespołowi J. Auleytnera za wyniki współpracy w dziedzinie fizyki ciała stałego.

Udział w programie badawczym "Interkosmos" umożliwił Instytutowi w roku XXV-lecia prowadzenie prac badawczych w przestrzeni kosmicznej. Na pokładzie radzieckiej stacji orbitalnej "Salut-6" przeprowadzono badania procesów technologicznych otrzymywania związków półprzewodnikowych CdHgTe i PbSeTe w warunkach nieważkości. Otrzymane kryształy są obecnie przedmiotem badań prowadzonych w Instytucie.

Zdobywając sukcesy na forum międzynarodowym Instytut nie zaniedbał działalności w kraju podejmując w 1978 r. organizację dwóch nowych placówek: Oddziału Optoelektroniki w Warszawie z filią w Radomiu oraz Oddziału Opracowań i Konstrukcji Aparatury Naukowej w Radomiu. W r. 1979 na bazie dawnego Zespołu Wysokich Ciśnień IF PAN oraz Zakładu Doświadczalnego UNIPRESS została utworzona samodzielna placówka badawcza Polskiej Akademii Nauk.

Zaczynając przed 25 laty jedynie z ogromnym potencjałem intelektu i zapału twórczego ludzi, Instytut stał się dziś uznanym przez świat naukowym centrum badań fizycznych.



Ryc. 17. Doc. dr hab. R. R. Gałązka, kierownik zespołu, który w ramach programu „Interkosmos“ opracował i przygotował w laboratoriach IF PAN eksperyment technologiczny przeprowadzony w warunkach nieważkości, w rozmowie z plk. M. Hermaszewskim, wykonawcą tego eksperymentu na pokładzie stacji orbitalnej „Salut-6”. Fot. CAF

N O W O Ś C I N A U K O W E

*Ryszard Sosnowski*Instytut Badań Jądrowych
Warszawa**Produkcja mezonów powabnych D^+ w zderzeniach protonów****Production of Charmed D^+ Mesons in Collisions of Protons**

Abstract: The production of charmed mesons, D^+ has been observed in proton-proton collisions at the c. m. energy 53 GeV. It has been shown that D^+ decays to the final state containing a \bar{K}^* (890) and a π^+ meson.

Od roku 1976 liczna rodzina cząstek elementarnych wzbogaciła się o nowe obiekty tzw. cząstki powabne. Analiza zderzeń elektronów z pozytonami przeprowadzona w Centrum Akceleratora Liniowego w Stanford (SLAC) wykazała, że po osiągnięciu energii zderzeń równej około 4 GeV wzrasta liczba produkowanych mezonów K . Mogło to świadczyć o powstawaniu powyżej tej energii cząstek zawierających kwark powabny, który zgodnie z oczekiwaniem powinien ulegać rozpadowi na kwark dziwny. Wkrótce udało się wykazać, że rzeczywiście w zderzeniach e^+e^- powstawały krótkożyciowe cząstki nazwane mezonami D , które rozpadały się m. in. zgodnie ze schematem:

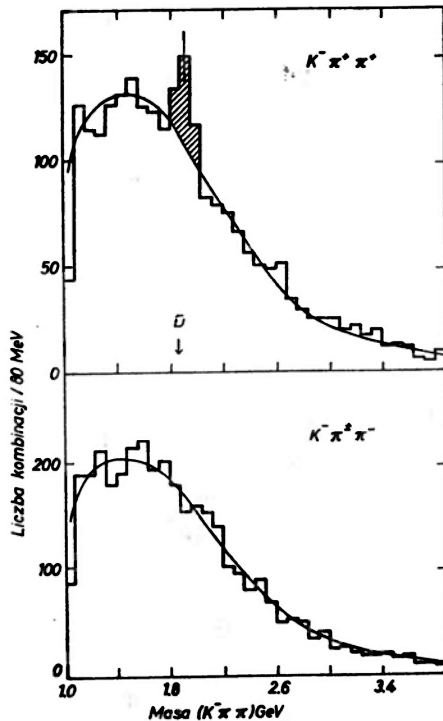


Mezon D^+ nie mógł być zbudowany z żadnej kombinacji trzech kwarków, które wchodziły w skład znanych do tej pory hadronów. Ujemny znak dziwności produktów rozpadu (mezon K^-) wymagałby, aby ładunek elektryczny mezonu D był ujemny, albo aby była to cząstka elektrycznie obojętna. Dodatni ładunek elektryczny mezonu D oznaczał, że w skład jej wchodzi kwark powabny rozpadający się na kwark dziwny. Wyznaczona masa mezonu D wynosi 1860 MeV.

Odkrycie mezonu D rozpoczęło szereg doświadczeń, których celem było stwierdzenie czy mezon ten produkuje się w zderzeniach innych niż elektronów z pozytonami. Jeżeli kwark powabny-kwark c należy do tej samej klasy obiektów co kwarki u , d i s , to mezony D powinny powstawać również w zderzeniach hadronów, np. w zderzeniach dwóch protonów. Jedynym niezbędnym warunkiem jest, by energia zderzeń była dostatecznie duża, aby wytworzyć parę cząstek powabnych o całkowitym powabie równym zeru. Wśród

eksperymentów podjętych w celu zaobserwowania cząstek powabnych było również doświadczenie przeprowadzone przez fizyków z Annecy, CERN, College de France, uniwersytetów w Dortmund, Heidelbergu i Karlsruhe oraz z Warszawy [1]. Eksperyment ten polegał na rejestracji cząstek naładowanych powstających w zderzeniach czołowych dwóch wiązek protonów o energii 26 GeV. Wiązki te krążyły w dwóch pierścieniach akumulujących strumienie protonów o natężeniu 20 amperów każdy. Wytworzone w zderzeniach cząstki były rejestrowane przy pomocy zestawu komór proporcjonalnych umieszczonych w polu magnetycznym. Zestaw ten znany jest pod nazwą "Split Field Magnet" — w skrócie SFM. Pozwala on na jednoczesną rejestrację wielu cząstek powstających w akcie zderzenia dwóch protonów. W rejestracji bierze udział ok. 70000 drutów w komorach, wskazania których są następnie wykorzystywane do odtworzenia torów cząstek. Kształt toru w polu magnetycznym umożliwia określenie pędu i ładunku cząstki. Przy pomocy detektora SFM zarejestrowano między innymi zderzenia, w których jedna z szybkich ujemnych cząstek wtórnych była mezonem K^- . Natura tej cząstki określana była przez ustawiony na jej drodze licznik Czerenkowa.

Mogło się okazać, że szybki mezon K^- powstawał w wyniku rozpadu powabnego mezonu D^+ . Hipoteza ta wydawała się mało prawdopodobna, gdyż powszechnie oczekiwano, że cząstki powabne powstające w wyniku zderzeń dwóch protonów powinny być stosunkowo powolne. Bardziej szczegółowa analiza wykazała jednak, że z pośród 100 tys.



Rys. 1. Rozkład częstości produkcji w zderzeniach protonów z protonami układu mezonów K, π, π o danej masie. Wykres górny dotyczy kombinacji ładunkowych mogących pochodzić z rozpadu mezonu powabnego w przeciwieństwie do kombinacji z wykresu dolnego

oddziaływań, w których powstawał szybki mezon K^- , około 100 oddziaływań zawierało wśród cząstek wtórnych produkty rozpadu mezonu D^+ rozpadającego się na neutralny mezon \bar{K}^* (890) i mezon π^+ . Podstawą do tego stwierdzenia był wykres pokazany na rys. 1. Przedstawia on rozkład masy układu rozpadającego się na mezon K^- i dwa mezony π^+ . Jeden z mezonów π^+ tworzy z mezonem K^- mezon \bar{K}^* o masie 890 MeV. Widać wyraźnie, że masy w obszarze 1800-2000 MeV są uprzywilejowane, co jest dowodem, że pochodzą one z rozpadu cząstki o masie w pobliżu tej wartości.

Obserwacja produkcji mezonu D^+ w zderzeniach dwóch protonów pozwoliła określić przekrój czynny tego procesu. Okazało się, że jest on znacznie wyższy niż to wynikało z poprzednich eksperymentów i zgodny z oczekiwaniami teorii. Zostały więc wyjaśnione niepokojące fakty prowadzące do spekulacji, że istnieją dodatkowe, nieznanne przeszkody w produkowaniu cząstek obdarzonych powabem w zderzeniach hadronów. Okazało się, że przeszkody takie nie istnieją, a zbyt niskie wartości przekroju czynnego na produkcję mezonów powabnych otrzymywano dlatego, że szukano tej produkcji w obszarach kinematycznych, w których cząstki te produkowane są niezbyt intensywnie.

Dodatkowym rezultatem było udowodnienie, że mezony D^+ rozpadają się, wbrew twierdzeniom uprzednim, na wektorowy mezon K^* (890). Brak takiego rozpadu był trudny do wytłumaczenia na podstawie kwarkowej budowy hadronów i roli kwarków w rozpadach słabych.

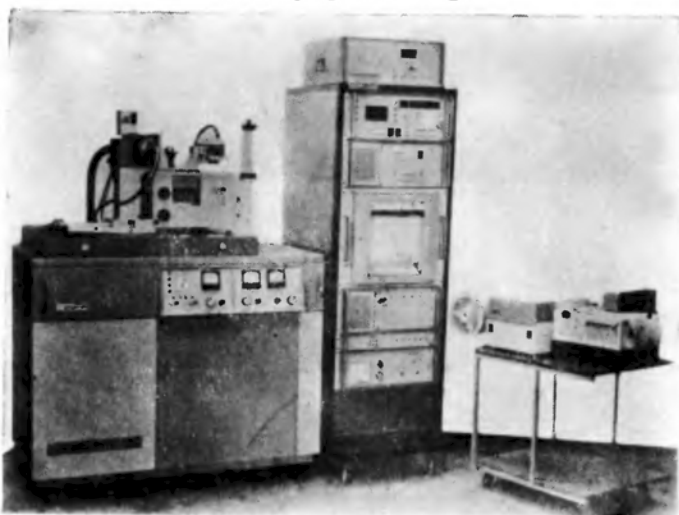
Literatura

- [1] D. Drijard et al., *Phys. Lett.* **81B**, 250 (1979).

**DO SZEROKIEGO ZAKRESU
RENTGENOWSKICH BADAŃ STRUKTURALNYCH**

*z dziedziny fizyki ciała stałego, chemii,
krystalografii, metaloznawstwa,
biologii i in.*

**DYFRAKTOMETR RENTGENOWSKI
OGÓLNEGO STOSOWANIA
DRON-3**



- badania jakościowego i ilościowego składu fazowego
- badania roztworu stałego
- oznaczenie makro- i mikrospřeżeń
- badania tekstury
- badania struktury monokryształów za pomocą dodatkowych urządzeń. Dyfraktometr DRON-3 pozwala na dokonanie badań różnych materiałów w temp. od 2000°C do 180°C oraz przeprowadzanie badań niskokątowych

ТЭ **TECHSNABEXPORT**
USSR MOSCOW

EKSPORTER — V/O TECHSNABEXPORT

ZSSR, 121200 Moskwa, Smolenskaja-Siennaja 32/34
Telefon: 244-32-85 Teleks: 7628

ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH

*Danuta Tokar**Bożena Pędzisz*

Wyższa Szkoła Pedagogiczna

Opole

Rozwój dydaktyki fizyki w Czechosłowacji**The Development of Didactics of Physics in Czechoslovakia**

Abstract: The development and the present state of didactics of physics in Czechoslovakia is briefly outlined. A short review of problems of physics didactics discussed at the International Conference on Didactics of Physics held in Prague in 1978 is given.

Istotny rozwój dydaktyki fizyki w Czechosłowacji nastąpił po II wojnie światowej i w latach pięćdziesiątych sytuacja dojrzała do ujęcia działalności w tym zakresie w ramy organizacyjne. Z inicjatywą wystąpili fizycy czechosłowaccy na swym I zjeździe w 1957 r. W roku następnym opracowano projekt formy organizacyjnej i koncepcję działalności komisji pedagogicznej w zakresie fizyki, która ukonstytuowała się w roku 1959 jako Komisja Pedagogiczna Fizyki Związku Czechosłowackich Matematyków i Fizyków. Jej pierwszym przewodniczącym został prof. J. Fuka. Początkowo główny punkt ciężkości w pracach komisji spoczywał na opracowaniu programów nauczania i podręczników dla szkół, jednakże już w tym okresie podejmowano prace wybiegające poza problematykę szkół podstawowych i średnich (np. konferencja w Brnie w 1959 r. zajmowała się problemem nauczania i badań naukowych w zakresie fizyki w szkołach wyższych). W trakcie pracy krystalizowała się struktura organizacyjna komisji, która na początku lat sześćdziesiątych pracowała już w 6 roboczych podkomisjach, a to: podkomisji dla szkół wyższych typu uniwersyteckiego, dla szkół wyższych typu technicznego, szkół zawodowych, pomocy naukowych, modernizacji nauczania fizyki i roli fizyki w wykształceniu ogólnym. Pierwszy etap działalności komisji zamknęła zorganizowana w Pradze w 1962 r. konferencja międzynarodowa poświęcona problemom nauczania fizyki. Od 1963 r. datuje się okres zwiększonej aktywności w zakresie badań naukowych w dydaktyce fizyki i z czasem

dochodzi do utworzenia podkomisji do koordynacji prac naukowych w zakresie dydaktyki fizyki.

W roku 1965 nastąpiła reorganizacja w strukturze organizacyjnej komisji. Komisja Pedagogiczna została przemianowana na Komisję do Nauczania Fizyki. W jej ramach pracowały cztery podkomisje: modernizacji nauczania fizyki, przygotowania nauczycieli, pomocy naukowych i szkół zawodowych. Struktura ta jest odbiciem istniejących wówczas głównych prądów w pracach dydaktyków czechosłowackich — w okresie tym przygotowywany był, a później poddawany eksperymentalnej weryfikacji, nowy program nauczania fizyki¹. Rozwiązanie problemu modernizacji nauczania fizyki nie było jednak jedynym zadaniem komisji. W tym okresie podjęto pierwsze kroki dla rozwiązania problemu kształcenia nauczycieli, któremu poświęcona była konferencja w Nitrze w 1966 r.

Z końcem lat sześćdziesiątych zmieniona została struktura organizacyjna całej społeczności naukowej Czechosłowacji, co pociągnęło za sobą także kolejną zmianę organizacyjną dydaktyków fizyki. W roku 1970 powstała Sekcja Pedagogiczna Fizyki (SPF), a jej przewodniczącym został prof. J. Fuka. Główne zadania sekcji sformułowano następująco:

- Dbać o rozwój teorii nauczania fizyki i jej zastosowania w praktyce, szukając warunków do twórczej pracy naukowej w tym zakresie.
- Stworzyć warunki do współpracy pomiędzy członkami SPF oraz organizować kontakty zagraniczne.
- Przeprowadzać krytyczną analizę projektów rozważanych przez organa rządowe w zakresie nauczania fizyki, przygotowania nauczycieli, studiów podyplomowych, wyposażenia szkół itp.
- Rozwijać zainteresowania nauczycieli fizyki problemami dydaktyki fizyki i dbać o ich lepszą materialną oraz społeczną pozycję.

Do realizacji wymienionych zadań powołano 6 grup tematycznych: pomocy naukowych, pracy naukowej (od 1972 r.), zastosowań cybernetyki w nauczaniu fizyki, terminologii, nauczania fizyki w szkolnictwie zawodowym i średnim. Jedną z form pracy wszystkich tych grup były seminaria i konferencje organizowane często z udziałem gości zagranicznych. W roku 1976 w Ladvi koło Pragi odbyło się seminarium poświęcone problematyce prac naukowych w zakresie dydaktyki fizyki. Jego celem był przegląd dorobku minionej pięcioletki oraz poszukiwanie odpowiedzi na pytanie jak lepiej koordynować badania naukowe, zwiększać ich społeczną użyteczność i rozwój w przyszłości. Wynikiem tego seminarium jest m. in. obecna forma koordynacji badań naukowych w zakresie dydaktyki fizyki prowadzonych w Czechosłowacji.

Większość osób prowadzących w Czechosłowacji badania w zakresie dydaktyki fizyki rekrutuje się z ośmiu wydziałów kształcących nauczycieli fizyki. Wiąże się to z istnieniem na tych uczelniach katedr dydaktyki fizyki oraz z faktem, że od 1965 r. (wtedy dydaktyka fizyki uznana została za samodzielną dyscyplinę naukową) istnieją tam komisje do spraw doktorskich, habilitacyjnych i stopnia kandydata nauk. Do czasu obecnej,

¹ Jest to aktualnie obowiązujący program nauczania w szkole podstawowej, wprowadzony w ramach trwającej w Czechosłowacji reformy szkolnictwa. Zgodnie z tym programem elementy fizyki występują już w programie przyrodznawstwa w kl. III. Do nauczania tego przedmiotu przygotowują na studiach nauczycielskich dydaktycy fizyki. Założenia programowe i organizacyjne nauczania fizyki w szkole podstawowej w Czechosłowacji zostaną przedstawione w Zeszytach Naukowych WSP w Opolu.

szóstej pięciolatki, dydaktycy czechosłowaccy — w ramach realizacji planów rządowych, resortowych oraz uczelnianych — rozwiązywali m. in. problemy z zakresu następujących zagadnień: problemy przygotowania przedmiotowego nauczyciela fizyki, studia podypłomowe nauczycieli fizyki, nowe prądy w nauczaniu fizyki i matematyki, testy dydaktyczne. Obecnie, w ramach planów szóstej pięciolatki, zespoły badawcze dydaktyków czechosłowackich koncentrują swoją uwagę głównie na problematyce, która w planach rządowych figuruje jako temat “Model perspektywiczny nauczania fizyki i jego eksperymentalna weryfikacja”. Rozwiązywane są więc problemy np. takie jak: zastosowanie psychologii myślenia w metodyce rozwiązywania zadań, zastosowanie testów dydaktycznych do oceniania etapów myślenia, aktywizacja myślenia uczniów w trakcie obserwowania doświadczeń pokazowych, rozwój myślenia twórczego poprzez rozwiązywanie zadań itp. Drugi nurt prac badawczych związany jest z planami resortowymi, w ramach których rozwiązywane są m. in. następujące zadania: nauczanie fizyki w szkole podstawowej i gimnazjum, teoretyczne problemy i zadania dalszego rozwoju kształcenia młodzieży robotniczej, problemy nauczania fizyki w szkołach wyższych.

Przedstawiony powyżej rys historyczny rozwoju dydaktyki fizyki w Czechosłowacji wskazuje wyraźnie, że w chwili obecnej wypracowane zostały już formy organizacyjne zapewniające koordynację rządową i resortową prac badawczych i to tak w zakresie badań stosowanych jak i podstawowych. Konieczność prowadzenia tych drugich dydaktycy czechosłowaccy podkreślają wyraźnie. W zakresie koordynacji badań z dydaktyki fizyki są nasi południowi sąsiedzi w szczęśliwym położeniu w przeciwieństwie nie tylko do nas, ale i wielu innych krajów. Mówił o tym w swoim wystąpieniu na ostatniej konferencji dydaktyki fizyki m. in. przedstawiciel Francji, prof. G. Delacote. Ta międzynarodowa konferencja odbyła się w Pradze na Uniwersytecie Karola w dniach 5-7 września 1978 r. Tematem jej były “Problemy prac naukowych w dydaktyce fizyki”. Uczestniczyło w niej 58 dydaktyków czechosłowackich i 27 gości zagranicznych, w tym 7 osób z Polski. Delegatami Zarządu Głównego PTF byli dr Danuta Tokar z WSP w Opolu i doc. dr Kazimierz Badziąg z Uniwersytetu Gdańskiego. Konferencja ta zorganizowana została z okazji 25-lecia Wydziału Matematyczno-Fizycznego Uniwersytetu Karola i zbliżającej się dwudziestej rocznicy utworzenia Sekcji Dydaktyki Fizyki Związku Czechosłowackich Matematyków i Fizyków. Była to więc okazja dokonania przeglądu dotychczasowego dorobku w zakresie dydaktyki fizyki, spojrzenia wstecz i refleksji, cennych bez wątpienia także dla wszystkich tych, którym nie jest obojętne nauczanie fizyki w naszym kraju.

Na konferencji w Pradze wygłoszonych zostało 9 referatów i szereg komunikatów. Bez wątpienia głównym referatem był referat wygłoszony przez doc. dr J. Fenclową CSC, a poświęcony przedmiotowi i problemowej strukturze dydaktyki fizyki. Doc. Fenclowa w swoim wystąpieniu podjęła próbę odpowiedzi na pytania, które pojawiają się w wyniku rozwoju dydaktyki fizyki jako dyscypliny naukowej i nie mają na razie zastosowań w praktyce, jednakże odpowiedź na nie jest konieczna dla dalszego rozwoju tej dyscypliny i jej zastosowań praktycznych. Pojęcie dydaktyka fizyki nie jest jednoznaczne. Różni badacze nieco inne treści podkładają pod to pojęcie, co prowadzić może czasami do nieporozumień. Referentka wskazała na aplikacyjne i integracyjne ujęcie dydaktyki fizyki uzasadniając w końcu konieczność wprowadzenia ujęcia komunikacyjnego (*komunikacni pojeti*). Wynika to z analizy elementów, które składają się na dydaktykę fizyki i które determinują przed-

miot jej badań. I tak, zdaniem autorów referatu — J. Fenclowej i J. Kotaseka — przedmiotem dydaktyki fizyki jest społeczny proces przekazywania wyników badań fizycznych obejmujący: wpływ fizyki jako nauki na treść wychowania, dydaktyczne systemy i programy nauczania, nauczanie i uczenie się fizyki we wszystkich istniejących formach wychowania i kształcenia i wreszcie wpływ wiedzy fizycznej na społeczeństwo poprzez fizyczne wykształcenie. Jest więc dydaktyka fizyki nauką typowo interdyscyplinarną, rodzącą się na styku pedagogiki i fizyki, i tak fizyka jak i pedagogika określają problemy badawcze dydaktyki fizyki. Problemy teoretyczne dydaktyki fizyki autorzy referatu formułują następująco:

- system naukowy fizyki z punktu widzenia przekazywania informacji,
- system dydaktyczny fizyki na wszystkich szczeblach nauczania, jego społeczne i pedagogiczne uwarunkowania,
- proces nauczania fizyki jako oddziaływanie uczących się i nauczających we wszystkich istniejących formach nauczania w szkolnictwie i poza nim,
- kształcenie fizyczne i jego znaczenie dla społeczeństwa,
- kształcenie nauczycieli fizyki,
- teoria i metodologia dydaktyki fizyki.

Warto na koniec zauważyć, że problemom omawianym przez Fenclową jest także poświęcona uwaga i u nas². Nie są to jednak ujęcia tak szerokie i głębokie jak przedstawione na konferencji w Pradze. Materiały z konferencji ukazały się pt. *K otazkam vedecke prace v didaktice fyziky*.

² Por. np. K. Badziąg, Problemy rozwoju dydaktyki fizyki w PRL, *Postępy Fizyki* 26, 453 (1975); M. Sawicki, Zagadnienia metodologiczne dydaktyki fizyki, *Zeszyty Naukowe WSP w Opolu, Fizyka XIX*, 1977 r.

Z E Z J A Z D Ó W I K O N F E R E N C J I

Ogólnopolskie Seminarium Egzoemisji Elektronów i Zjawisk Towarzyszących w Karpaczu

W dniach od 3 do 7 maja 1978 r. odbyło się w Karpaczu V Ogólnopolskie Seminarium Egzoemisji Elektronów i Zjawisk Towarzyszących. Seminarium zorganizował Zakład Kriofizyki Ciała Stałego Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego. Kierownikiem naukowym seminarium był prof. Bogdan Sujak.

W obradach seminarium wzięły udział 74 osoby ze wszystkich polskich ośrodków naukowych zajmujących się tym zagadnieniem oraz 13 gości z zagranicy (Bułgarii, Niemieckiej Republiki Demokratycznej, Republiki Federalnej Niemiec, Francji i Związku Radzieckiego).

W trakcie seminarium na ośmiu sesjach roboczych wygłoszono w języku angielskim lub rosyjskim 38 referatów i komunikatów w następujących grupach tematycznych: egzoemisja elektronów (EEE) w niskich temperaturach, EEE z metali i stopów podczas przemian fazowych, dozymetria egzoemisyjna, generowanie elektronów i fotonów na powierzchni piro- i ferroelektryków (pozorna EEE), wyładowania ślizgowe na powierzchni dielektryków, własności elektryczne warstw kriokondensowanych gazów i par, przewodnictwo elektryczne warstw powierzchniowych, układy pomiarowe do badań EEE.

Niektóre z przedstawionych na seminarium referatów wzbudziły szczególne zainteresowanie. I tak prof. G. J. Distler z Instytutu Krystalografii AN ZSRR w Moskwie wygłosił niezwykle interesujący referat na temat roli realnej struktury kryształów jako czynnika determinującego procesy fizyczne i reakcje w ciałach stałych, a J. A. Chrustalew z Instytutu Chemii Fizycznej AN ZSRR w Moskwie mówił o emisji elektronów w trakcie łamania wiązań w ciele stałym. Rolę dyslokacji i defektów punktowych w zjawisku egzoemisji elektronów z wybranych haloidków metali alkalicznych omówiła I. W. Kryłowa z Uniwersytetu im. Łomonosowa w Moskwie, natomiast T. Górecki z Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Opolu porównał kinetyki egzoelektronów emitowanych z objętości i warstwy powierzchniowej deformowanych metali. H. J. Fitting z Uniwersytetu w Rostoku (NRD) mówił na temat emisji egzoelektronów z Al_2O_3 wzbudzanych wiązek elektronów. G. Holzapfel z Federalnego Fizyko-Technicznego Instytutu, Oddział w Berlinie Zachodnim, omówił spektroskopowe aspekty egzoemisji elektronów. Interesujący problem — czy technika EEE jest wystarczająco czuła jako eksperymentalna metoda detekcji par Coopera przedstawił B. Sujak z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego. P. Boniew z Wyższego Instytutu Żywności i Przemysłu Spożywczego w Płowdiw (Bułgaria) mówił o egzoemisji elektronów z nieograniczonych substancji wzbudzonej koronowym wyładowaniem elektrycznym. J. S. Brzosko z Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku przedstawił statystyczny model wyładowań ślizgowych w powietrzu przy powierzchni dielektryka, a J. Kusz z Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Opolu wskazał na wpływ stałego pola elektrycznego na proces generowania plazmy przy powierzchni przepolaryzowanych ferroelektryków.

Referaty i komunikaty wygłoszone na seminarium będą wydrukowane w języku angielskim w Acta Universitatis Wratislaviensis.

Przewiduje się zorganizowanie kolejnego VI Ogólnopolskiego Seminarium Egzoemisji Elektronów i Zjawisk Towarzyszących w Karpaczu, w dniach 2—6 maja 1979 r.

Kazimierz Biedrzycki

Instytut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytet Wrocławski

XI Kongres ICO w Madrycie

Międzynarodowa Komisja Optyczna (International Commission of Optics — ICO) jest ogólnosiątkowym stowarzyszeniem naukowym optyków. Obecnie należy do niej 17 krajów europejskich oraz USA, Kanada, Meksyk, Australia, Japonia, Nowa Zelandia, Izrael i Korea Południowa. Polska jest jednym z założycieli ICO i należy do tej organizacji od samego początku jej oficjalnego powstania (1947 r.). Według statutu członkiem ICO może być każdy kraj, który ma swój Narodowy Komitet Optyczny, reprezentujący stowarzyszenia optyczne danego kraju oraz osoby prywatne, które przyczyniają się do rozwoju optyki jako nauki i techniki. ICO wchodzi do Międzynarodowej Unii Fizyki Czystej i Stosowanej (IUPAP), a poprzez tę Unię — do Międzynarodowej Rady Unii Naukowych (ICSU).

Kongresy ICO odbywają się w odstępach trzyletnich. Na każdy z nich składają się: międzynarodowa konferencja naukowa, walne zebranie delegatów krajów członkowskich i wybory nowego zarządu. Bezpośrednim organizatorem jedenastego z kolei kongresu, który odbył się w Madrycie w dniach 11—18 września 1978 r., był Narodowy Komitet Optyczny Hiszpanii, przy współpracy Instytutu Optycznego w Madrycie i Hiszpańskiego Towarzystwa Optycznego. Komitetowi organizacyjnemu przewodził dr L. Plaza, jeden z sześciu dotychczasowych wiceprezesów ICO. Honorowym przewodniczącym Kongresu był król Juan Carlos I. Kongresowi patronowali i prawdopodobnie finansowo go wspierali czterej ministrowie (edukacji i nauki, przemysłu i energetyki, kultury, obrony), przewodniczący Naczelnej Rady Badań Naukowych, trzy firmy przemysłowe (Industrias de Optica S. A., Barbudo S. A., Delta Optical). Szczegóły te przytaczam, aby zaznaczyć, jak wielce prestiżowo Hiszpanie podcszli do XI Kongresu ICO, angażując w jego organizację i przebieg najwyższe władze państwowe i gospodarcze swego kraju, z głową państwa na czele.

W konferencji naukowej uczestniczyło około 300 osób z 29 krajów. Najliczniej byli reprezentowani gospodarze (50 osób), następnie Francja (40 osób), USA (35 osób), Wielka Brytania (30 osób), Japonia (20 osób), RFN (20 osób) i Holandia (15 osób). Z pozostałych 22 krajów było po kilka osób, z Polski — 3. Obrady odbywały się równolegle w dwóch sekcjach. Ich miejscem były budynki Naczelnej Rady Badań Naukowych, mieszczące się w centrum Madrytu przy pryncypalnej ulicy Serrano.

Konferencja przebiegała pod hasłem: „Optica hoy y mañana „(Optyka dziś i jutro). Złożyło się na nią 26 sesji, w czasie których wygłoszono 11 referatów plenarnych i 190 komunikatów naukowych z prac własnych uczestników konferencji. Organizatorzy w porozumieniu z zarządem ICO wytypowali uprzednio cztery dziedziny jako naczelną temat konferencji. Były to: optyka fizyczna, odwzorowanie optyczne, obróbka obrazów optycznych i optyka fizjologiczna.

Na optykę fizyczną składały się następujące zagadnienia: spektroskopia laserowa, optyka scalona i włóknowa, zjawisko plamkowania, optyka koherentna i statystyczna, optyczne właściwości materiałów, siatki dyfrakcyjne, interferometria klasyczna i holograficzna.

W pracach zaszeregowanych do odwzorowania optycznego przeważały przede wszystkim zagadnienia dotyczące odwzorowania trójwymiarowego, wieloaperturowego i przez kodowanie aperturowe. Pokaznie reprezentowane również były skaningowa mikroskopia świetlna, dyfrakcja fraunhoferowska w układach optycznych ze źrenicami o niejednorodnej transmitancji, aberracje wnoszone przez filtry apodyzujące i wady materiałowe soczewek, problemy rekonstrukcji obiektu z pomiaru natężenia światła w jego obrazie oraz nowe koncepcje w konstrukcji teleskopów astronomicznych.

Najbardziej bogato pod względem liczby wygłoszonych komunikatów reprezentowana była obróbka obrazów optycznych. Dziedzina ta między innymi obejmowała: materiały światłoczułe w zastosowaniu do holograficznej obróbki informacji, hologramy fourierowskie i hologramy komputerowe; fourierowską analizę obrazów i metody filtrowania obrazów (częstości przestrzennych); filtry do rozpoznawania informacji (np. pisma, liter) i filtry dopasowane (korelacyjne); optyczne sprzężenie zwrotne; automatyczną analizę obrazów; urządzenia optyczne i optoelektroniczne mające charakter procesorów oraz rozmaite podzespoły i elementy do tych urządzeń (deflektory światła, mieszacze, elementy odwzorowujące); urządzenia radarowe z syntetyzowaną aperturą; różne teoretyczne zagadnienia związane z obróbką informacji (redundancja informacji, wydostawanie informacji spoza rayleighowskiej granicy rozdzielczości w obecności szumów).

Optyka fizjologiczna obejmowała takie zagadnienia, jak np.: właściwości układu optycznego oka w nietypowych warunkach patrzenia, psychofizyczne aspekty wzroku, proces widzenia barw, efekt Stilesa-

Crawforda w świetle spolaryzowanym. Dziedzina ta była bogato obsadzona, bo aż przez 4 referaty plenarne. Prawdopodobnie organizatorom zależało na jej wyeksponowaniu, nie znalazło to jednak dostatecznego odzwierciedlenia w liczbie zgłoszonych komunikatów (tylko 24).

Jak widać, program konferencji był bogaty i tematycznie wielce zróżnicowany. Można powiedzieć, że obejmował w zasadzie to wszystko, co interesująco działo się w optyce w ostatnich latach. Tutaj została zwrócona uwaga tylko na niektóre wydarzenia.

Przede wszystkim należy podkreślić, iż po raz pierwszy na konferencji stowarzyszonej z kongresem ICO optyka scalona była reprezentowana w takim stopniu, że poświęcono jej odrębną sesję i referat plenarny. Referat ów pt.: „Zastosowania całkowitego odbicia i fal powierzchniowych”, wygłosił C. Imbert (Institute d'Optique, Orsay), wskazując — poza znanymi — na zupełnie nowe zastosowania metod optyki planarnej w fizyce powierzchni i bardzo cienkich, niemal monomolekularnych warstw. Jedną z tych metod polega na wzbudzeniu i analizie powierzchniowych fal świetlnych. Fale te lokalizują się na znikomo małej odległości od powierzchni granicznej światłowodów i tym samym bardzo dobrze nadają się do badań właściwości warstw przygranicznych sąsiadujących ze sobą ośrodków. W szczególności umożliwiają badania rozproszenia ramanowskiego w cienkich warstwach na podłożu. Między innymi do tego celu opracowano metody wzbudzenia fal powierzchniowych o nadzwyczaj wysokiej gęstości energii w badanej warstwie, z równoczesną redukcją ujemnego wpływu podłoża. Stało się więc obecnie możliwe badanie rozproszenia ramanowskiego przez warstwy monomolekularne oraz badanie zjawiska adsorpcji tych warstw na powierzchni. Druga ze wspomnianych metod polega na analizie zmian refleksyjności i transmisyjności światła padającego na powierzchnię graniczną pod kątem bliskim lub równym kątowni całkowitego odbicia. Znalazła ona ważne zastosowanie m. in. w badaniach właściwości powierzchniowych kryształów ciekłych i w pomiarach ich współczynników załamania. Zresztą na ten temat przedstawiony był oddzielny komunikat spółki autorskiej z Instytutu Optycznego w Orsay k. Paryża.

Już od wielu lat na wszelkich konferencjach optycznych jedno z naczelných miejsc zajmuje holografia i pozostająca z nią w ścisłym związku technika plamkowa. Tak było i tym razem; przeszło 20% komunikatów przypadało na te właśnie działy optyki. Obejmowały przede wszystkim interferometrię holograficzną i interferometrię plamkową, holografie barwną i komputerową. Interferometria holograficzna znajduje już liczne i konkretne zastosowania techniczne. Dotyczą one głównie mechaniki doświadczalnej. Wiele interferometrów holograficznych opracowano (głównie w USA, RFN i Japonii) na użytek przemysłu, zwłaszcza motoryzacyjnego i lotniczego. Służą one w zasadzie do badań jakościowych, gdyż wyciąganie wniosków ilościowych o deformacji przestrzennej badanego obiektu na podstawie interferogramów holograficznych jest trudne i pracochłonne. Dlatego też dąży się do automatyzacji obróbki ilościowej obrazów interferencyjnych i sprzęgania interferometrów holograficznych z komputerami. Takich systemów hybrydowych na omawianej konferencji przedstawiono kilka. Spośród nich warto tutaj wyróżnić interferometr holograficzny opracowany w Tokyo Institute of Technology przez grupę badaczy, której przewodził J. Tsujiuchi. Interferometr ten działa w czasie rzeczywistym. Badany przedmiot jest oświetlany trzema równoległymi wiązkami laserowymi, tworzącymi między sobą mniej więcej jednakowe kąty. Wiązki te po odbiciu od przedmiotu interferują z jedną wiązką odniesienia, tworząc trzy hologramy rejestrowane jednocześnie na płycie termoplastycznej przed wywołaniem deformacji przedmiotu. Holograficzny obraz interferencyjny w czasie rzeczywistym tegoż przedmiotu poddanej deformacji jest otrzymywany w wyniku nałożenia jednej z wymienionych poprzednio wiązek przedmiotowych i fali świetlnej odtworzonej z hologramu za pomocą wiązki, która przy zapisie hologramu przedmiotu w stanie nieodkształconym służyła za wiązkę odniesienia. Trzy kolejne interferogramy, będące wynikiem interferencji każdej z trzech fal przedmiotowych i fali odtworzonej z hologramu, są odbierane przez kamerę telewizyjną (umieszczoną tuż za hologramem) i przesyłane do pamięci komputera. Rezultatem telewizyjno-komputerowej analizy interferogramów jest liczbowe przedstawienie deformacji w trójwymiarowym układzie współrzędnych. Do tego celu prowadzą następujące czynności: 1) dolnoprzepustowe filtrowanie obrazów interferencyjnych w celu wyeliminowania szumów koherentnych (plamkowania), 2) odjęcie od uzyskanego obrazu bardzo niskich częstości przestrzennych, 3) przekształcenie obrazu o ciągłych prążkach interferencyjnych w obraz o prążkach rozbitych na tony binarne (ciemne i jasne) w celu skwantyfikowania prążków interferencyjnych, 4) wyodrębnienie środkowej linii każdego prążka interferencyjnego, 5) określenie rzędu interferencyjnego (znak plus lub minus jest ustalany przez zmianę fazy wiązki świetlnej rekonstruującej z hologramu falę świetlną interferującą z falami przedmiotowymi), 6) określenie rzędu interferencyjnego

dla każdego próbkowanego (skanowanego kamerą telewizyjną) punktu obrazu interferencyjnego (interpolacja rzędu interferencyjnego), 7) analiza deformacji (składa się na nią rachunek macierzowy), 8) wyświetlenie trójwymiarowych składowych odkształcenia badanego przedmiotu. Z wyliczenia powyższych czynności widać, jak skomplikowane jest zagadnienie ilościowej obróbki interferogramów holograficznych deformowanych przedmiotów przestrzennych.

W mechanice doświadczalnej szerokie zastosowanie znajduje również interferometria plamkowa. Na ten temat było kilka komunikatów. Jednakże najbardziej frapujące zastosowanie tego rodzaju interferometrii tkwi w astronomii. Graniczna kątowna rozdzielczość w konwencjonalnej astrofotografii wynosi około 1 sekundy kątowej i nie można jej poprawić, gdyż na przeszkodzie stoją fluktuacje atmosfery. Znacznie lepszą rozdzielczość daje interferometria plamkowa Labeyrie'go. Dostarcza ona autokorelacji obiektów astronomicznych z rozdzielczością ograniczoną tylko zjawiskiem dyfrakcji ($0,02''$ z teleskopem o średnicy 5 m). Taką samą rozdzielczość oraz rzeczywiste obrazy obiektów astronomicznych, zamiast ich korelacji, zezwala uzyskać holografia plamkowa będąca modyfikacją metody Labeyrie'go. Interesujący komunikat na ten temat przedstawił G. Weigelt (I.F. Uniwersytetu w Erlangen, RFN), któremu udało się po raz pierwszy w ogóle zademonstrować obraz (zrekonstruowany z hologramu plamkowego) podwójnej gwiazdy Zeta Caci i gwiazdy potrójnej ADS 3358.

Jeśli chodzi o optyczną obróbkę informacji, to na XI Kongresie ICO dał się zauważyć dalszy spadek zainteresowań metodami koherentnymi na korzyść niekoherentnych. O ile 3 lata temu, w czasie X Kongresu ICO, dominowały jeszcze metody koherentne, to na omawianej konferencji mniej więcej po 50% komunikatów naukowych rozkładało się na jedną i drugą metodę. Zaznaczył się poza tym wyraźnie kierunek rozwojowy, polegający na budowie systemów hybrydowych, będących połączeniem procesorów optycznych i komputerów elektronicznych. Wynika on stąd, że niektóre operacje matematyczne (np. różniczkowanie, korelacje) można łatwiej i szybciej wykonywać optycznie, a inne — elektronicznie. Do najważniejszych wynalazków ostatnich lat należy jednak zaliczyć optyczne sprzężenie zwrotne. Poświęcono mu 5 komunikatów, w tym 4 pochodziły z RFN, a 1 z USA.

Pierwsza znacząca praca na temat optycznego sprzężenia zwrotnego pojawiła się w 1975 roku (*Appl. Phys.* 8, 51—58). Jej autorzy, D. P. Jablonowsky i S. A. Lee, owo sprzężenie zastosowali w typowym koherentnym procesorze optycznym, zawierającym dwie soczewki dodatnie zestawione współosiowo w odległości wzajemnej $2f$ (f — ogniskowa soczewek). Elementami dokonującymi sprzężenia zwrotnego są dwa częściowo przezroczyste zwierciadła płaskie, z których jedno (przednie) jest umieszczone w płaszczyźnie ogniskowej przedmiotowej pierwszej soczewki, a drugie (tylne) — w płaszczyźnie ogniskowej obrazowej soczewki drugiej. Kiedy zwierciadła są nieznacznie i symetrycznie pochylone względem osi układu optycznego, to we wspólnej płaszczyźnie ogniskowej (fourierowskiej) soczewek powstają dwie fizycznie rozdzielone transformaty Fouriera. Jedna jest tworzona przez soczewkę pierwszą i światło biegnące do przodu, od zwierciadła przedniego do tylnego, a druga — przez soczewkę drugą i część wiązki świetlnej odbitej od zwierciadła tylnego i zdążającej wstecz w kierunku zwierciadła przedniego a następnie biegnącej, po odbiciu od tegoż zwierciadła, poprzednim torem. Transformaty te mogą być niezależnie modulowane (np. za pomocą odpowiednich filtrów częstości przestrzennych) i tym samym informacje optyczne wprowadzone do procesora mogą być, w wyniku zamkniętego obiegu światła między zwierciadłami i oddziaływania na transformaty Fouriera, odpowiednio przetworzone i powtórnie zarejestrowane na wyjściu ze zwierciadła tylnego. W szczególności z nieostrego przezrocza można otrzymać fotografię wyostrzoną lub też o zmienionym (powiększonym lub pomniejszonym) kontraście w stosunku do oryginału.

Druga wielce znacząca praca na temat optycznego sprzężenia zwrotnego ukazała się w 1977 roku (*Optics Communications* 21, 365). Jej autorami są G. Häusler i A. W. Lohmann. Zaproponowany przez nich system sprzężenia zwrotnego nie jest wyłącznie optyczny, lecz optyczno-elektroniczny. Istotną funkcję spełnia w nim kamera telewizyjna, która jakby „spogląda” w swój monitor. System ten w stosunku do czysto optycznego ma szereg zalet i nowych, dotychczas nieznanych możliwości obróbki obrazów. W szczególności można stosować opóźnienie czasowe między telewizyjnym sygnałem wejściowym i wyjściowym i tym samym wprowadzać czynnik czasu do przetwarzania informacji optycznych. Pozwala to przedstawić w czasie ewolucję obrazów albo wytwarzać ich czasowo-przestrzenne oscylacje. Układ telewizyjny jest poza tym aktywnym składnikiem sprzężenia zwrotnego, mającego cechy operacyjnego wzmacniacza optycznego, przydatnego np. do rekursywnego filtrowania obrazów.

Referowane na konferencji prace z zakresu optycznego sprzężenia zwrotnego wносиły pewne nowe elementy do powyższych dwóch systemów.

Z liczby wygłoszonych komunikatów (14) należy wnioskować, że w dalszym ciągu jedno z naczelných miejsc w obróbie informacji metodami optycznymi zajmuje holografia. Poza tym stosunkowo dużo, bo aż 10 komunikatów dotyczyło obróbki i automatycznej analizy obrazów mikroskopowych. W sumie obróbce obrazów i informacji optycznych poświęcono 8 sesji, na które złożyło się przeszło 50 prac naukowych, wykmnanych głównie w USA, RFN, Francji i Hiszpanii. Była to więc dziedzina najszerzej reprezentowana na omawianej konferencji.

Obszerne streszczenia wszystkich komunikatów i referatów plenarnych powielono i w postaci jednolitego, przeszło dwustustronicowego tomu wręczono uczestnikom konferencji przed jej otwarciem. Zapowiedziano poza tym wydanie pełnych tekstów komunikatów i referatów.

W pierwszym i piątym dniu XI Kongresu ICO odbyło się walne zebranie delegatów krajów członkowskich. Pierwsza część zebrania miała charakter sprawozdawczy. Dokonano również przyjęcia do ICO trzech nowych członków: NRD (ratyfikacja), Finlandii i Portugalii. W drugiej części walnego zebrania dokonano wyboru nowego zarządu ICO. Oto jego skład na okres 1978—1981:

Prezes: A. W. Lohmann (Phys. Inst. der Univ. Erlangen-Nürnberg, RFN),
 Sekretarz: H. J. Frankena (Delft University of Technology, Delft, Holandia),
 Skarbnik: F. D. Smith (Newton CTR., Mass., USA),
 Wiceprezisi: J. Tsujiuchi (Tokyo Institute of Technology, Japonia),
 B. Karczewski (IFD, Uniwersytet Warszawski, Polska),
 K. Schindl (C. Reichert Optische Werke AG, Wien, Austria),
 W. T. Welford (Imperial College, London, W. Brytania),
 E. Marom (Izrael).

W czwartym dniu XI Kongresu ICO odbyło się zebranie Europejskiego Komitetu Optycznego (EOC), powołanego do życia w 1977 roku. Do komitetu tego należy obecnie 14 krajów (optycy polscy są reprezentowani tylko przez Sekcję Optyki SIMP). W czasie tego zebrania dyskutowano różne sprawy organizacyjne, ale najważniejszym punktem porządku dziennego było ustalenie dorocznych ogólnoeuropejskich konferencji optycznych. Swe kandydatury do zorganizowania takich konferencji zgłosili: RFN w 1979 r., Francja w 1980 r. i Włochy w 1982 r. Najbliższa, I Ogólnoeuropejska Konferencja Optyczna odbędzie się w Bad Harzburg w dniach od 5 do 9 czerwca. Jej bezpośrednim organizatorem jest Niemieckie Towarzystwo Optyki Stosowanej (DGaO). Postanowiono, że w 1981 roku ogólnoeuropejskiej konferencji optycznej nie będzie, gdyż w tymże roku przypada XII Kongres ICO, który odbędzie się w Grazu (Austria) w dniach od 31 sierpnia do 6 września.

XI Kongres ICO był okazją do zapoznania się z optyką hiszpańską, o której niewiele u nas dotychczas wiedziano. Okazuje się, że jest pokaźnie reprezentowana na wyższych uczelniach. Oprócz bowiem samodzielnego Instytutu Optycznego (Madryt) istnieje w Hiszpanii kilka innych ośrodków optycznych. Są to przede wszystkim: Instytut Optyki na Uniwersytecie w Walencji, Katedra Optyki na Uniwersytecie w Saragossie, Katedra Optyki na Uniwersytecie Complutense w Madrycie, Instytut Optyki i Struktury Materii na Uniwersytecie Autónoma w Madrycie, Instytut Optyki na Uniwersytecie w Valladolid. W wymienionych ośrodkach wykonywane są prace naukowo-badawcze w wielu dziedzinach, spośród których należy zwłaszcza wymienić: spektroskopię i spektrometrię (w tym również interferencyjną), dyfrakcję i rozproszenie światła, optykę włóknową i scaloną, obróbkę informacji (metodami optycznymi i optoelektronicznymi), holografie, interferometrię klasyczną i holograficzną, interferometrię plamkową, optykę fizjologiczną (głównie z uwzględnieniem krótkich impulsów świetlnych i widzenia barwnego), teorię odwzorowania (optyczna funkcja przenoszenia), konstrukcję i badania układów optycznych. W sumie Hiszpanie mieli 28 komunikatów naukowych i pod tym względem przewyższali ich tylko Francuzi (31 komunikatów +2 referaty plenarne).

XI Kongres ICO i związana z nim konferencja naukowa były świetnie przygotowane i sprawnie przeprowadzone. W okresie przygotowawczym organizatorzy zmusili autorów referatów i komunikatów naukowych do starannego przygotowania swych wystąpień, w sposób treściwy i zwięzły, przez co udowodnili, że w czasie 10 minut, które przeznaczono na komunikat, można zreferować najbardziej poważną pracę naukową. Warto podkreślić, iż uczestnicy konferencji już na miesiąc przed jej otwarciem otrzymali kompletny program sesji referatowych. W dniu przybycia na konferencję otrzymywali dodatkowo tom streszczeń

referatów i komunikatów, foldery dotyczące turystyki i życia kulturalnego w Hiszpanii, piękne albumy (m. in. album malarstwa Goyi) i upominki pamiątkowe z okolicznościowym napisem. To wszystko wręczano w dość kosztownej i modnej obecnie torbie, estetycznie wykonanej ze skóropodobnego tworzywa. Na koszt organizatorów odbyły się dwa koktajle, wycieczka autokarowa po Madrycie, występ zespołu folklorystycznego (tańce flamenco). Przyjęcie dla uczestników kongresu wydał poza tym w swych ogrodach burmistrz Madrytu.

W sumie XI Kongres ICO był chyba jednym z najprzyjemniejszych i owocnych spotkań optyków z całego świata i na długo pozostanie w ich pamięci.

Maksymilian Pluta

Centralne Laboratorium Optyki
Warszawa

Konferencja Ultramikrośladowej Spektroskopii Wód Morskich w Słupsku

W dniach 23—25 listopada 1978 r. odbyła się w Zakładzie Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Słupsku konferencja naukowa pod tytułem „Maritime Ultra-Microtrace Spectrometry”. Temat jej stanowiły zastosowania metod spektroanalitycznych do oznaczeń mikro- i ultramikrośladow metali w środowisku wodnym. W konferencji wzięło udział ponad 100 osób reprezentujących 14 wyższych uczelni i 16 instytutów naukowych oraz szereg placówek zajmujących się analityką wód. Reprezentowane były również ośrodki naukowe z NRD.

Na program naukowy konferencji złożyły się 2 referaty plenarne (doc. dr hab. K. Korzeniowski, WSP Słupsk: „Problem zagrożenia środowiska morskiego metalami ciężkimi” oraz dr J. Fijałkowski, IBJ Warszawa: „Metody spektralne w analizie wód”) oraz 27 komunikatów. Językami konferencji były polski i angielski. Spośród wygłoszonych referatów około 20% stanowiły prace prezentowane przez fizyków. Referaty odpowiadające tematycznie profilowi wydawnictwa opublikowane zostaną na łamach Studiów i Materiałów Oceanologicznych.

Konferencja miała wybitnie interdyscyplinarny charakter. Uczestniczyli w niej fizycy, chemicy, ekologowie i inżynierowie różnych specjalności. Tak szeroki udział przedstawicieli różnych środowisk naukowych i praktyków-analityków w omawianiu zagadnienia mikrośladow w środowisku wodnym świadczy o ważności tego problemu we współczesnej nauce. O aktualności tematyki konferencji świadczy również kilkukrotne umieszczenie informacji o jej terminie w European Spectroscopy News.

Stosunkowo mały udział w konferencji fizyków wskazuje na pewne niedoceniecie tego problemu przez przedstawicieli tej dyscypliny naukowej w naszym kraju. Dzieje się tak wbrew światowym tendencjom, gdzie obserwuje się ostatnio wyraźny wzrost zainteresowania fizyków tą problematyką. Dotyczy to zwłaszcza oznaczania ultra- i w szczególności submikrośladow wymagającego najbardziej zaawansowanych fizycznych metod badawczych.

Organizatorami konferencji byli: Zakład Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Słupsku, Sekcja Oceanografii Fizycznej Komitetu Badań Morza PAN oraz Komisja Analitycznej Spektrometrii Atomowej Komitetu Chemii Analitycznej PAN. Kolejną konferencję, przy szerszym udziale zagranicznych gości, poświęconą tym zagadnieniom zamierza się zorganizować w 1980 roku.

Henryk Wrembel

Zakład Fizyki WSP
Słupsk

R E C E N Z J E

A. J. Pointon, D. Elwell: *Fizyka dla inżynierów*. Tłumaczyła z języka angielskiego Eugenia Kaczmarek-Morawiec, PWN, Warszawa 1978, s. 454, cena zł 60,—

Z przedmowy do angielskiego wydania wynika, że *Fizyka dla inżynierów* (w oryginale dla inżynierów elektryków) jest przeznaczona dla studentów kierunków technicznych jako uzupełnienie do wykładu fizyki ogólnej, a materiał jej pokrywa się z wymaganiami stawianymi inżynierom-elektrykom. W książce pominięto te zagadnienia techniczne, które objęte są specjalnymi wykładami na wydziałach elektrycznych i mechanicznych. Tak więc podręcznik ograniczono do termodynamiki i elementów fizyki cząsteczkowej, ruchu falowego, fizyki atomowej, ciała stałego i magnetyzmu. W tej sytuacji należało raczej zachować angielski tytuł *Fizyka dla inżynierów elektryków*.

Po przeczytaniu książki odłożyłem ją z uczuciem rozczarowania. Autorzy starali się całą fizykę potrzebną inżynierowi zamknąć w jednej książce średniego formatu. W związku z tym miejsce w niej powinno być racjonalnie wykorzystane. Niestety — poziom jest bardzo nierówny, nawet w lepszych partiach niezbyt wysoki, a wykład nie zawsze nowoczesny.

Za model atomu przyjmuje się nadal atom Bohra (znany u nas ze szkoły średniej). Również „Pasmowa teoria ciał stałych” wyłożona jest w zasadzie bez teorii, a równanie Schrödingera podano jako ozdobnik bez wykorzystania. Przedstawiając polaryzację światła, jak na potrzeby współczesnych inżynierów bardzo okrojona, opisuje się np. pryzmat Nicola, egzystujący już tylko w podręcznikach, a nie wprowadzono charakterystyki ośrodków anizotropowych i zjawisk elektro- i magnetooptycznych, istotnych dla tej specjalności. Aż 10 stron tekstu zajmuje opis czterech różnych metod pomiaru stosunku ładunku do masy (e/m) elektronu, mających raczej historyczne znaczenie, i niestety tylko 10 stron poświęcono falam, tak nieodzownym w nauce o elektryczności. Zabrakło też miejsca na fale elektromagnetyczne.

Do lepszych partii należy zaliczyć (jak na potrzeby inżynierów elektryków) termodynamikę. Stanowczo nie należało pozostawić bez komentarza „Dodatku 1. Jednostki i wymiary”, w którym stwierdza się, że w użyciu są trzy podstawowe układy jednostek: cgs, mks oraz f. p. s. (stopa, funt, sekunda).

Na korzyść książki należy zaliczyć staranne tłumaczenie, poprawny język i dobrze sformułowane zdania.

Zachodzi jednak pytanie, czy należało ją w ogóle tłumaczyć? Twierdzenie autorów zawarte we wstępie, że „książka powinna wypełnić lukę”, jaką odczuwają wykładowcy poszukując podręczników na wyższym poziomie, jest być może słuszne w Anglii. W Polsce dysponuje się podręcznikami fizyki dla inżynierów na lepszym poziomie, a przy tym lepiej dopasowanymi do potrzeb naszych studentów i inżynierów.

Florian Ratajczyk

Instytut Fizyki
Politechnika Wrocławska

J. Białek: *Wybrane zagadnienia z fizyki*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1977, str. 194, cena 17,—

Skrypt Jana Białka *Wybrane zagadnienia z fizyki* jest przeznaczony dla studentów specjalizacji Organizacja i Zarządzanie w Przemysle Elektromaszynowym. Jest to drugie wydanie tego skryptu (pierwsze

ukazało się w 1973 roku). Skrypt obejmuje głównie tematykę związaną z kinetyczną teorią gazów, promieniowaniem termicznym ciała doskonale czarnego, opisem zjawisk: fotoelektrycznego i Comptona, modelami atomów, teorią względności, własnościami falowymi cząstek, równaniem Schrödingera, budową ciał stałych, statystykami cząstek, elektrycznymi oraz magnetycznymi własnościami ciał stałych oraz elementami fizyki jądrowej. Skrypt kończy spis podręczników, z których autor korzystał przy pisaniu (10 pozycji literatury).

Biorąc pod uwagę fakt, że „dzisiejszy inżynier powinien być po trosze badaczem i fizykiem” (B. Mielnik, J. Plebański *Znane i nieznanne*, Iskry, Warszawa 1963, str. 24) problem nauczania fizyki w Politechnikach ma znacznie podstawowe. W związku z tym, każdy eksperyment w zakresie fizyki, jak też każdą inicjatywę w opracowywaniu nowoczesnych podręczników lub skryptów powinno powitać się z radością. Niestety, nie wszystkie próby należy uznać za udane, a w niektórych przypadkach nasuwa się pytanie, czy były celowe oraz potrzebne.

Takie wątpliwości mam po przeczytaniu skryptu *Wybrane zagadnienia z fizyki*. Główne zastrzeżenie, które usuwa w cień brak starannej korekty autorskiej, czy też nie zawsze precyzyjne wyrażanie myśli, dotyczy identyczności w wielu miejscach tekstu skryptu zarówno z cytowanymi, jak również nie podanymi w spisie literatury pozycjami. Oto kilka przykładów:

Rozdział 7, paragraf 4 na stronie 65 skryptu: Liczby kwantowe: magnetyczne i spinowe jest identyczny z tekstem rozdziału 5.1 od 3 wiersza od dołu na str. 136 do 8 wiersza od końca na str. 141 książki M. N. Ruden, J. Wilson *Elementy fizyki ciała stałego*, PWN, Warszawa 1975 (tłumaczenie z języka angielskiego E. Pietras, D. Korgowd). To samo dotyczy rozdziału 14, paragrafu 5 na stronie 155 skryptu *Własności magnetyczne ciał stałych* (od str. 155 do pozycji 5.4 na str. 162), który z bardzo drobnymi zmianami wyrazów w kilku miejscach, jest taki sam jak rozdziały 5.2.1; 5.2.2; 5.2.3 powyżej cytowanej książki. Książka ta nie jest cytowana w spisie literatury, z której korzystał autor skryptu.

Jest też sporo identycznych fragmentów z cytowanej literatury. Rozdział 15, paragraf 1, strona 167 od 2 wiersza od dołu do następnej strony do 9 wiersza od dołu jest przepisany z książki B. N. Buszmanow, J. A. Chromow *Fizyka ciała stałego*. WN-T, Warszawa 1973 (od strony 204 wiersz 11 od góry do str. 205, wiersz 14 od dołu). To samo dotyczy paragrafu 2 na stronie 169 skryptu: Lasery, który od 4 wiersza od góry do 5 wiersza od góry na stronie 170, pochodzi z wyżej cytowanej książki. Również obszernie fragmenty skryptu, na przykład strony od 173 do 178 oraz rozdział 12 są identyczne z książką Ö. Oldenberg, N. G. Rasmussen *Fizyka współczesna*, PWN, Warszawa 1970 (odpowiednio strony: 321, 347, 350, 351, 344, 353, 354 oraz rozdział 12).

Na zakończenie tych kilku uwag nasuwają się pytania: czy opracowanie polegające na przepisaniu, w dużej mierze, fragmentów różnych książek może spełniać rolę dobrego skryptu akademickiego? Czy Wydawnictwo nie powinno być bardziej wymagające w stosunku do autora tego rodzaju publikacji?

Bolesław Wyslocki

Instytut Fizyki
Politechnika Częstochowska

Odpowiedź na recenzję skryptu pt. *Wybrane zagadnienia z fizyki*

Czy skrypt spełnił swoją rolę?

Napisanie skryptu *Wybrane zagadnienia z fizyki* podjąłem w rezultacie dostrzeganych trudności, z jakimi borykali się studenci kierunku Organizacja i Zarządzanie w przygotowaniu się do ćwiczeń audytoryjnych oraz do egzaminu sesyjnego z fizyki. Wziąłem tu także pod uwagę postulaty zgłaszane przez tych studentów na Radach Wydziału d/s Młodzieży. Nie zamierzałem przedstawić w nim swoich koncepcji opracowania nowoczesnego skryptu akademickiego

nazywanego w literaturze pedagogicznej skryptem modelowym. Bowiem problem ten jest do chwili obecnej w sferze rozważań teoretycznych przy nielicznych próbach rozwiązania jego od strony praktycznej. Zamierzałem natomiast w omawianym skrypcie udostępnić studentom opracowania problemów fizycznych, moim zdaniem najlepszych dla tego kierunku studiów. Dla zrealizowania tego celu wykorzystałem różne pozycje literatury, często w chwili obecnej niedostępne w handlu oraz znajdujące się w pojedynczych egzemplarzach w bibliotekach. Wykaz tych podręczników znajdujemy w skrypcie. Niestety jedną pozycję, nawiasem mówiąc mało wykorzystaną, pominięto, jak i korekta autorska jest rzeczywiście mało staranna, co spowodowane jest przyczynami w znacznym stopniu niezależnymi od autora.

Na zakończenie pragnę zaznaczyć, że omawiany skrypt, nie spełniający na pewno wszystkich wymagań skryptu dobrego, z punktu widzenia jego różnorodnych funkcji w procesie dydaktycznym, został przez użytkowników akceptowany, bo nakład przewidziany na pięć lat uległ w ciągu dwu lat wyczerpaniu. Był on więc w sytuacji braku lepszych materiałów dydaktycznych dla kierunku Organizacja i Zarządzanie, wbrew poglądom B. Wysłockiego, potrzebny i celowy.

Jan Bialek

Instytut Fizyki
Politechnika Poznańska

List do Redakcji

W sprawie dydaktyki fizyki w Polsce *

Opublikowane ostatnimi czasy w *Postęпах Fizyki* wypowiedzi [1—4] poruszają problemy, które moim zdaniem powinny być poddane powszechnemu osądowi fizyków. Pozostawianie dydaktyki fizyki bez względu na motywy poza sferą zainteresowania samych fizyków może być szkodliwe dla niej samej i może pogłębiać nadal jej infantylnizm badawczy, którego pozbawiona jest dydaktyka matematyki.

Jak każda dyscyplina naukowa również dydaktyka fizyki posiada charakter poznawczy i użyteczny. Jednak pod naporem potrzeb rozwijającego się szkolnictwa podstawowego, średniego i wyższego użyteczność dydaktyki fizyki zdominował prace poznawcze, ukształtował swoisty i krytyczny stosunek fizyków do dydaktyki fizyki. Jednym słowem zakłócona została harmonia między stroną poznawczą i stroną użyteczną w tej dziedzinie.

Moim zdaniem każdy fizyk jest dydaktykiem w szerokim tego słowa znaczeniu. Jeśli bezpośrednio nie uczestniczy w procesie nauczania, to bierze udział w przekazywaniu swoich wyników badawczych w formie pisanych prac. I tylko sami fizycy wiedzą, ile wysiłku ich to kosztuje i ile czasu tracą na opracowanie ostatecznej formy publikacji w trosce o to, aby była ona zrozumiała, czytelna, jednoznaczna i właściwie odzwierciedlała metodę rozumowania autora. Wielcy fizycy (np. Niels Bohr) nie wstydzi się przyznać, że prace przekazywane do druku wielokrotnie zmieniali zanim zdecydowali się na ostateczną wersję. Wspominam o tym dlatego, by postawić pytanie, czy rzeczywiście dydaktyka fizyki jest nową, dopiero powstającą dyscypliną, jak tego chce Badziąg [1]. Osobiście uważam, że dydaktyka fizyki jest tak stara, jak stara jest sama fizyka, choć wyraźnie się o tym nie pisało i głośno nie mówiło. Historia rozwijania i krystalizowania pojęć, formułowania zasad — to przecież historia rozwoju metod fizycznych oraz sposobów ich przekazywania, czyli sposobów nauczania.

Istnjącą więc naturalne powiązania procesu poznawania z procesem nauczania. Prawdopodobnie nie dostrzeżenie owego powiązania prowadzi do sugerowania powstawania nowej dyscypliny naukowej, rozwijanej w ośrodkach wymienionych przez Badziąga.

Fizyk nie pracuje dla siebie samego, zatem przekazywanie wyników badań musi podlegać regułom obowiązującym we wzajemnym porozumiewaniu się ludzi i zależnym od stanu ich wiedzy. Jednak „najważniejszym instrumentem rozpowszechniania pojęć i poglądów naukowych jest nauczanie” [5]. Dlatego, w trosce o skuteczność nauczania, dydaktyka fizyki wiąże się z filozofią, psychologią, logiką i pedagogiką.

Nowe terminy, które się pojawiają w działalności człowieka mają to do siebie, iż lepiej odpowiadają zapotrzebowaniu. Termin dydaktyka fizyki nie był znany (?) Marianowi Smoluchowskiemu, który w swoich poradach dla nauczycieli pisał tylko o nauczaniu fizyki. Nowy termin niekoniecznie musi oznaczać nowe treści. W fizyce jesteśmy świadkami względnej stałości znaczeń przyjętych terminów, jeśli ich pełna interpretacja została zakończona. Dlatego niepokoi mnie nadgorliwość w tworzeniu nowych terminów tam, gdzie są one zbędne. Wśród niektórych dydaktyków stał się modny termin **technologia nauczania**. Można byłoby go przyjąć, gdyby istotnie zdawał sprawę z nowych procesów ujawniających się podczas nauczania. W rzeczywistości jednak pod pojęciem technologii rozważa się znane sprawy, subtelnej natury, przy pomocy żargonu przeniesionego z techniki. Objaw ten powinien niepokoić, zważywszy przedmiot, który

* Patrz także artykuł G. Białkowskiego, *Postępy Fizyki* 30, 3 (1979) (Przyp. Red.).

jest celem takiej technologicznej obróbki. Podatność dydaktyków na terminologiczne nowinki z dziedziny techniki świadczy o zafascynowaniu osiągnięciami techniki i o metodycznych oraz metodologicznych trudnościach dydaktyki. Historia tzw. programowanego nauczania, będącego nieudolną próbą przeniesienia na grunt dydaktyki metod opracowanych dla potrzeb rozwijanej elektronicznej techniki cyfrowej, skrytykowanego w latach 60. przez Stonsa [6], jest jeszcze jednym dowodem tego, że również dydaktyce fizyki potrzebna jest dyskusja, która by pomogła odpowiedzieć na pytanie, co to jest dydaktyka fizyki i czy zgodzimy się takim terminem oznaczać rodzaj działalności fizyków potrzebnej do wzajemnego informowania się o wynikach badań oraz do nauczania fizyki.

Osobiście uważam, że dydaktyka fizyki jest działem fizyki zajmującym się sposobami opisywania zjawisk fizycznych w celu przekazania tego opisu innemu człowiekowi. W ten sposób rozumiana dydaktyka fizyki jest nauką odrębną od metodologii fizyki, ale ściśle z nią związaną. Takie określenie dydaktyki fizyki wyróżnia jej zakres badań poznawczych i działalności użytkowej oraz kierunki powiązań z innymi naukami.

W fizyce istnieje wiele sposobów formułowania i opisywania praw lub zjawisk, sposobów, których komunikatywność zależy od stanu wiedzy posiadanej przez ucznia i przez nauczyciela. Jeżeli więc pisze się w [1], że dydaktyka fizyki jest "dyscypliną pograniczną, której nie można całkowicie zmieścić ani w pedagogice i związanych z nią naukach, ani w fizyce, ..." to tylko ze względu na relacje wzajemnego oddziaływania nauczyciel — uczeń, co jest charakterystyczne zawsze dla procesu nauczania jak i dla każdej innej formy przekazywania wiadomości. Ogólny więc wniosek jest taki, iż dydaktyka fizyki powinna być obszarem działania fizyków, co zresztą fizycy stale podkreślają. Wszystkie znane obecnie i nadal rozwijane metody, formy i organizacja nauczania fizyki (wykłady, ćwiczenia rachunkowe i laboratoryjne, metody opisywania zjawisk i formułowania praw) zostały wypracowane przez fizyków w czasach, kiedy jeszcze nie myślano kategoriami „dydaktyki fizyki”. Gdy się stwierdza, że dydaktyki fizyki „nie można całkowicie zmieścić... w fizyce...” [1], to można również rozumieć, że dydaktykę fizyki pragnie się oderwać od jej naturalnego podłoża, jakim jest sama fizyka. Dyscyplina, dla której fizyka jest dostarczyć przykładów do formułowania pedagogicznych tez i poszukiwania ogólniejszych prawidłowości w procesie nauczania i uczenia się, staje się dydaktyką ogólną i ma mało wspólnego z nauczaniem i poznawaniem fizyki.

Moim zdaniem, dydaktykę fizyki należy mocno i głęboko osadzić w fizyce, co nie oznacza zerwania z naukami pomocniczymi. Fizyka chętnie korzysta z wyników innych nauk, jeśli są one pomocne. Fizykowi potrzebna jest zarówno matematyka, różne działy techniki i inżynierii, logika i filozoficzne podstawy ludzkiego poznania. Jeśli zatem dydaktyka fizyki korzysta z pomocy takich nauk jak pedagogika, psychologia, dydaktyka ogólna, nie oznacza, że staje się nową zupełnie dyscypliną naukową. Dla mnie dydaktyka fizyki jest działem fizyki korzystającym tylko z usług nauk nie wykorzystywanych przez inne działy fizyki. Tak jak fizyka chemiczna bardziej jest związana z chemią niż z mechaniką, tak dydaktyka fizyki łączy się naturalnymi więzami bardziej z pedagogiką niż techniką.

W dydaktyce fizyki, podobnie jak w dydaktykach innych nauk szczegółowych, ważną rolę odgrywają elementy subiektywne w procesie nauczania. Wynika stąd, że dydaktyka fizyki jest jednocześnie nauką i sztuką. Nie chcę się spierać o to, który z wymienionych elementów przeważa, jednakże pomijanie elementu sztuki w nauczaniu zuboża obraz procesu dydaktycznego, w którym indywidualność nauczyciela odgrywała, odgrywa i będzie odgrywać wielką rolę, pomimo wielokrotnych prób ograniczania roli nauczyciela choćby przy pomocy modnych swego czasu maszyn nauczających. Sposób prowadzenia lekcji lub wykładu, dostosowanie metody nauczania do indywidualnych predyspozycji ucznia i nauczanych treści, sposób i styl pisanie, wyobraźnia nauczyciela i autora, umiejętność korzystania z osiągnięć innych nauk — wszystko to sprawia, że indywidualne cechy nauczyciela i badacza mogą ułatwiać bądź utrudniać zrozumienie przekazywanych wiadomości. Dzięki tym cechom fizyka w szkole staje się nauką o pierwszorzędnym wartościach wychowawczych. To, że dydaktyka fizyki jest po części nauką i po części sztuką nie dyskwalifikuje wartości dydaktyki fizyki jako naukowej dyscypliny — przeciwnie, wzbogaca ją o dodatkową, humanistyczną treść, w której osobowość ucznia i nauczyciela grają bardzo ważną rolę.

Natura zjawisk fizycznych, pozwalająca na ich formalny opis matematyczny, narzuca sugestie, aby zasady nauczania fizyki podporządkowane były wewnętrznej logice i naturze fizycznych praw. Fizyka jest jednolitym i spójnym systemem naukowym, w którym każdy z jego elementów powiązany jest z pozostałymi. Z wielkości opisujących zjawiska ruchu korzystamy nie tylko w mechanice, lecz również w elektrodynamice, w mechanice kwantowej. Z faktu wzajemnego związku zjawisk i praw fizycznych można

zbudować skuteczne narzędzie dydaktyczne nauczania fizyki. Synteza fizyki na potrzeby dydaktyki, o której wspomina Badziąg, jest trudna, jednak musi być dokonywana na przyjętym poziomie nauczania. Od takiej syntezy zależy skuteczność nauczania i uczenia się.

Poruszyłem kilka zaledwie, lecz zasadniczych problemów dydaktyki fizyki. Celowo swoje poglądy sformułowałem ostro, aby sprowokować polskich fizyków, których doświadczenia dydaktyczne są imponujące, lecz znane w wąskim kręgu kolegów i uczniów, do podzielenia się na kartach *Postępów Fizyki* swoimi doświadczeniami i spostrzeżeniami w zakresie dydaktyki fizyki, tak niezbędnymi wszystkim nauczycielom tego przedmiotu.

Jan Głowacki

Centrum Kształcenia Ustawicznego CZSP
Gdańsk

Literatura

- [1] K. Badziąg, *Postępy Fizyki* 26, 453 (1975).
- [2] K. Badziąg, W. Trąmpczyński, *Postępy Fizyki* 29, 249 (1978).
- [3] M. Sawicki, *Postępy Fizyki* 29, 543 (1978).
- [4] D. Stachórska, *Postępy Fizyki* 29, 545 (1978).
- [5] V. F. Weisskopf, *Postępy Fizyki* 25, 599 (1974).
- [6] E. Stons, *Strategies and Tactics in Programmed Instructions. Problems and Methods in Programmed Learning*. The Proceedings of the 1967 APL Birmingham Conference, Part I.



**Lampy rentgenowskie
do analizy strukturalnej**

**Lampy rentgenowskie
do analizy spektralnej**

**Lampy rentgenowskie
do defektoskopii**

**Scyntylicyjne
bloki defekcji**

**Liczniki
promieniowania jądrowego**

**Detektory
z barierą powierzchniową**

EKSPORTER

**V/O TECHSNABEXPORT
ZSRR, 121200 Moskwa
Smolenskaja - Siennaja 32/34
Telefon: 244-32-85
Teleks: 7628**



Techsnabexport
USSR MOSCOW

PTF

**Współpraca Oddziału Poznańskiego PTF
z Młodzieżowym Towarzystwem Przyjaciół Nauk**

Od 1972 roku działa w Poznaniu Młodzieżowe Towarzystwo Przyjaciół Nauk im. Komisji Edukacji Narodowej. W wielu jego sekcjach pracuje najzdolniejsza młodzież szkół średnich Poznania i woj. poznańskiego, kierowana tam przez poszczególne szkoły. Merytoryczną opiekę nad sekcjami fizycznymi Towarzystwa pełni Oddział Poznański PTF. Opieka ta wydaje się być nieodzowna dla efektywnego działania tych sekcji i to nie tylko dlatego, że PTF zapewnia sekcjom fizyki MTPN dostęp do aparatury naukowej Instytutu Fizyki UAM, Instytutu Fizyki Molekularnej PAN, Instytutu Fizyki Politechniki Poznańskiej i Katedry Akustyki, ale przede wszystkim dlatego, że zapewnia merytoryczną opiekę pracownikom naukowych nad pracami uczniów. Osobisty autorytet pracowników naukowych i możliwość bezpośrednich kontaktów młodzieży z nimi wydają się tymi istotnymi czynnikami, które decydują o powodzeniu i efektywnym działaniu tych sekcji.

Aktualnie przy MTPN w Poznaniu działają 3 sekcje fizyki, mające swoje stałe siedziby w wytypowanych przez Kuratorium szkołach ogólnokształcących (III i VIII Liceum Ogólnokształcące w Poznaniu i I Liceum Ogólnokształcące w Gnieźnie), mających dobrze wyposażone pracownie i kadre nauczającą o wysokich kwalifikacjach. Sekcje liczą od 20 do 36 uczniów wyróżniających się w nauce i zainteresowanych fizyką, na ogół z kilku szkół ogólnokształcących. Pracami sekcji kieruje opiekun powoływany przez Kuratorium spośród wyróżniających się nauczycieli fizyki. Opiekunowie poszczególnych sekcji nawiązują kontakt z członkiem Zarządu Oddziału PTF do spraw współpracy

z MTPN. Do 1978 roku funkcję tę pełniła mgr Asja Kozak, a obecnie pełni ją dr B. Piątek. Konsultują oni potrzeby poszczególnych sekcji związane z planowanymi pracami badawczymi na dany rok, z możliwościami udzielenia im niezbędnej pomocy przez Instytut Fizyki UAM, Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Katedrę Akustyki i Instytut Fizyki Politechniki Poznańskiej. Po wstępnych, ogólnych ustaleniach członków Zarządu Oddziału PTF do spraw współpracy z MTPN, w porozumieniu z dyrekcjami wyżej wymienionych instytutów naukowych i kierownikami poszczególnych Zakładów, ściśle precyzuje tematy prac oraz wyznacza spośród pracowników naukowych opiekunów poszczególnych grup tematycznych. Każdy z opiekunów prowadzi jeden temat dla 2—3 uczniów przez okres 1—2 lat. W tym okresie uczniowie mają możliwość korzystania z aparatury naukowej Instytutów, bibliotek, jak również możliwość ciągłego konsultowania się ze swoimi naukowymi opiekunami. Praca nad danym tematem kończy się publikacją w „Przeglądzie Prac Członków MTPN” i jest referowana na corocznych sesjach podsumowujących działalność MTPN. Część uczniów przedstawia wykonane przez siebie prace badawcze jako prace maturalne. Oprócz tego, raz w miesiącu, odbywają się seminaria dla wszystkich członków sekcji, na których pracownicy naukowcy przedstawiają i dyskutują z młodzieżą wybrane zagadnienia fizyki współczesnej.

Oto przykłady kilku prac wykonanych i aktualnie wykonywanych przez uczniów w Instytucie Fizyki UAM i w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN pod okiem pracowników naukowych tych Instytutów:

1. Modulacja wiązki laserowej.
2. Badanie przewodnictwa elektrycznego w tlenku wanadu.
3. Własności ferroelektryczne kryształów siarczanu trójglicynowy z domieszkami chromu.

4. Rozchodzenie się fal w kryształach.
5. Dyfrakcja promieni Roentgena w kryształach.
6. Badanie ruchów molekularnych w ciekłych kryształach metodą magnetycznego rezonansu jądrowego.
7. Badanie struktury kryształów metodą proszkową Debye'a-Scherrerera-Hulla.
8. Luminiscencja kryształów.
9. Efekty magnetoptyczne i generacja silnych pól magnetycznych.
10. Laser azotowy.
11. Elektret i ich własności.
12. Autodyna do obserwacji zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego.
13. Elektronowy rezonans paramagnetyczny miedzi Cu^{2+} i niklu Ni^{2+} .
14. Analiza strukturalna i topograficzna powierzchni metali w wysokich temperaturach.
15. Pomiar charakterystyk topnienia szkieł nieorganicznych.

Tak różnorodne zainteresowania młodzieży może zaspokoić jedynie liczne grono ich bezpośrednich opiekunów. Byłoby to niemożliwe bez inicjatywy i energii doc. Jerzego Pietrzaka, Przewodniczącego Oddziału Poznańskiego PTF, bez pomocy, życzliwości i osobistego zaangażowania Dyrektora Instytutu Fizyki UAM prof. Mariana Surmy, Dyrektora Instytutu Fizyki Molekularnej PAN prof. Jana Stankowskiego, Dziekana Wydziału Matematyki i Fizyki prof. Zdzisława Pająka i Prodziekana tegoż Wydziału prof. Franciszka Kaczmarka, bez życzliwej i bezinteresownej pomocy kierowników poszczególnych Zakładów i Pracowni — prof. H. Cofty, doc. T. Hilezera i wielu innych.

Z perspektywy kilku lat współpracy PTF z MTPN można mówić już o efektach tej działalności. Obok niewątpliwej osobistej satysfakcji uczniów z wykonywanej pracy, która często staje się ich życiową pasją, poznają oni w toku działalności w MTPN smak pracy badawczej, nabierają umiejętności opracowywania tematów i prezentowania ich w formie artykułów, nabywają umiejętności referowania swoich osiągnięć. Możliwość bezpośrednich kontaktów z pracownikami naukowymi i możliwość korzystania z nowoczesnej aparatury naukowej powodują u nich wyraźny wzrost zainteresowania fi-

zyką i wręcz emocjonalne związanie się z nią. Fizyka jawi się im jako ciekawy, godny dalszego wysiłku odcinek ich przyszłej pracy. Na przykład w roku 1975 z czternastu absolwentów szkół średnich — członków sekcji — ośmiu rozpoczęło studiowanie fizyki na UAM, mimo że pierwotnie nie był to obrany przez nich kierunek studiów. W efekcie obserwuje się wzrost napływu na studia fizyki uzdolnionej młodzieży zainteresowanej fizyką, przy czym nie jest to wybór przypadkowy. Rezultaty uzyskiwane przez byłych członków MTPN w toku studiów potwierdzają słuszność dokonywanego wyboru. Dla części z nich zapewniono indywidualny tok studiów.

Władze oświatowe i szkoły widzą w tej formie działalności młodzieży w ramach MTPN nowy i wielce obiecujący sposób pracy z młodzieżą uzdolnioną. Oddział Poznański PTF, w tej współpracy PTF z MTPN, widzi interesujący i skuteczny sposób praktycznej realizacji jednego z podstawowych zadań PTF, jakim jest popularyzacja fizyki i rozbudzanie zainteresowania fizyką.

W listopadzie 1978 r. na II Ogólnopolskim Sejmiku Młodzieżowych Towarzystw Naukowych w Poznaniu kilku członkom Oddziału Poznańskiego PTF wręczono Medale Komisji Edukacji Narodowej za wybitne osiągnięcia w pracy z młodzieżą uzdolnioną w ramach MTPN. Medale otrzymali: doc. J. Pietrzak, doc. J. Stankowska i mgr J. Pawłowski.

Bogusław Piątek, Jerzy Pawłowski

EPS

Komitet Wykonawczy

Na zebraniu w Rzymie w marcu 1979 został wybrany Komitet Wykonawczy Europejskiego Towarzystwa Fizycznego na kadencję 1979:

przewodniczący — A. Zichichi,
wiceprzewodniczący — S. Kapica
sekretarz — L. A. Thomas
zastępca sekretarza — E. A. Müller
skarbnik — P. Radványj
członkowie — H. de Waard, A. Lösche,
W. Martienssen, A. Milojevic, Z. Wilhelmi.

Nowy delegat do Rady

Nowym delegatem członków zwyczajnych do Rady EPS został wybrany w miejsce ustępującego H. A. Olsena David Blackburn (Oxford).

Nominacje na profesorów

Rada Państwa nadała tytuł profesora zwyczajnego nauk fizycznych Alfonsowi Kawskiemu (Uniwersytet Gdański), Mieczysławowi Subotowiczowi (Uniwersytet Marii Skłodowskiej-Curie w Lublinie) i Antoniemu Śliwińskiemu (Uniwersytet Gdański).

Marian Mięśowicz doktorem *h. c.* AGH

W dniu 24 stycznia 1979 r. odbyła się w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie uroczystość nadania tytułu doktora *honoris causa* Marianowi Mięśowiczowi profesorowi zwyczajnemu fizyki w tej uczelni. Jej Senat przyznał ten tytuł naukowy za całokształt działalności naukowej, w szczególności zaś za wybitne osiągnięcia w dziedzinie badań nad ciekłymi kryształami, za wkład w rozwój fizyki wysokich energii, a także za zainicjowanie w kraju prac z dziedziny geofizyki i techniki jądrowej.

Marian Mięśowicz w 1936 roku odkrył i opisał zjawisko anizotropii lepkości w polu magnetycznym cieczy nematycznych, które to prace na trwałe wprowadziły jego nazwisko do literatury światowej w dziedzinie ciekłych kryształów.

W roku 1958 wraz z kierowanym przez siebie zespołem pracowników podjął badania nad oddziaływaniem nukleonów skrajnie wysokich energii, uwieńczony sformułowaniem modelu „fireball”.

We wczesnych latach powojennych Mięśowicz z zespołem współpracowników zbudował pierwszą w Polsce aparaturę do profilowania radiometrycznego głębokich otworów wiertniczych, co dało początek rozwojowi geofizyki jądrowej i techniki jądrowej w kraju.

Marian Mięśowicz jest członkiem rzeczywistym PAN i pełnił funkcję jej wiceprezesa.

Posiada także tytuł doktora *honoris causa* Uniwersytetu Jagiellońskiego, którego jest wychowankiem.

Ludwik Górski

Wystawa „Albert Einstein 1879—1955”

Rok 1979 jest obchodzony na całym świecie jako tzw. „Rok Einsteinowski”: 14 marca 1979 r. minęła setna rocznica urodzin Alberta Einsteina. Z tej okazji w warszawskim Muzeum Techniki 12 marca br. otwarto wystawę, o której mowa w tytule notatki. Współorganizatorami wystawy są Polskie Towarzystwo Fizyczne (Oddział Warszawski) oraz Muzeum Techniki NOT. Omawiana wystawa jest już trzecią kolejną wystawą organizowaną w ramach Muzeum Fizyki — niedawno powołanej do życia placówki PTF, której twórcą jest pani doc. Aniela Wolska, będąca równocześnie Przewodniczącą Komisji OW PTF d/s Muzeum Fizyki.

Protectorat i opiekę naukową nad scenariuszem wystawy „Albert Einstein 1879—1955” objął wybitny polski relatywista i wiceprezes Polskiej Akademii Nauk prof. Andrzej Trautman.

Praca nad scenariuszem wystawy i gromadzeniem materiałów trwała pięć miesięcy. W tym okresie autorzy i organizatorzy wystawy skorzystali z wielu cennych rad, pomysłów i sugestii, które zostały sformułowane już to w trakcie dyskusji roboczych, już to w trakcie rozmów prywatnych. Jest naszym miłym obowiązkiem podziękować tym wszystkim licznym osobom, które w ten sposób wpłynęły na ostateczny kształt wystawy.

Dzieło Alberta Einsteina jest dziś — w 75 lat od powstania szczególnej teorii względności — trwałym elementem cywilizacji XX wieku. Fenomen Einsteina intryguje wszystkich: zarówno profesjonalnych fizyków, jak i osoby o zainteresowaniach bardzo dalekich od fizyki. Jednak egzystujący w świadomości zbiorowej mit Einsteina jest czymś przeraźliwie ubogim. Ta ogromna dysproporcja między głębokim przekonaniem ludzi o wielkości Einsteina a właściwie żadną wiedzą o życiu i dziele Einsteina jest czymś zastanawiającym. Obchodzona w tym roku 100 rocznica urodzin Einsteina stała się zatem znakomitą okazją, aby ów mit o Einsteinie poddać za-

równy pewnym korektom, jak i wzbogacić o nowe treści.

Wystawa ma właściwie charakter popularnonaukowy, chociaż — jak się wydaje — pewne fragmenty wystawy mogą wzbudzić zainteresowanie profesjonalnego fizyka (jak np. informacje o pierwszym przekonywającym dowodzie istnienia fal grawitacyjnych, opublikowanym przez grupę Taylora w grudniu 1978 r.). Podstawową formułą wystawy jest chronologia życia i dzieła Einsteina. Otwierające wystawę Kalendarium jest nie tylko zwięzłym zapisem najważniejszych faktów z życia Einsteina, jest również — w intencji scenariusza — zapowiedzią pewnych spraw, które są dokładniej omawiane w dalszych partiach wystawy. Pierwszy blok chronologiczny „Ulm, Zurych, Berno 1879—1914” składa się z części biograficznej, części popularnonaukowej „Szczególna Teoria Względności” oraz dwóch zestawów eksperymentalnych („Fotony” i „Ruchy Browna”). Eksperymenty są tak pomyślane, że może je wykonywać każdy ze zwiedzających. Drugi blok chronologiczny „Berlin 1914—1932” składa się także z części biograficznej, części popularnonaukowej „Ogólna Teoria Względności” oraz ekspozycji lasera. Dość rozbudowana część popularnonaukowa jest swojego rodzaju eksperymentem dydaktycznym, próbą szerszego popularyzowania idei ogólnej teorii względności oraz płynących z niej wniosków. Trzeci, ostatni blok chronologiczny nosi nazwę „Princetone 1933—1955”. Właśnie tutaj jest okazja, aby zaprezentować osobę Leopolda Infelda, przyjaciela i współpracownika Alberta Einsteina, wybitnego polskiego teoretyka, twórcę Instytutu Fizyki Teoretycznej UW. Epilog wystawy składa się z „Testamentu Uczonego” oraz „Testamentu Humanisty”. W „Testamencie Uczonego” naszkicowane są zarówno einsteinowskie, jak i społeczne idee unifikacji fizyki. Poszczególne części tematyczne wystawy oddzielają portretowe zdjęcia Einsteina umieszczone na drugim planie. Widz może w ten sposób prześledzić ewolucję fascynującej fizjonomii Einsteina.

Istotnym uzupełnieniem wystawy jest pięć gablot zawierających „nieplanszowe” materiały. Oto ich tytuły: Prace Einsteina i innych relatywistów, Recepcja teorii względności w Polsce (okres przedwojenny) — dwie ga-

bloty, szkoła Weysenhoffa i Mathissona (materiały zebrane tutaj ilustrują dorobek przedwojennych relatywistów), Infeld i jego szkoła. Wśród materiałów ilustrujących dość dobrą — jak się okazuje — recepcję idei relatywistycznych w Polsce przedwojennej znaleźć można prawdopodobnie pierwszą poważną reakcję prasy polskiej na naukową sensację, jaka wybuchła 6 listopada 1919 r. w Londynie, kiedy to Arthur Eddington obwieścił światu wyższość ogólnej teorii względności nad teorią grawitacji Newtona. Już 8 lutego 1920 r. został opublikowany w krakowskim „Czasie” artykuł pani (!) Marii Sułkowskiej, który w bardzo interesujący sposób (i tylko z małymi usterkami) zapoznał czytelników polskich tak ze starszymi jak i najnowszymi ideami relatywistycznymi. Jak wiadomo, początek lat 20. to okres powszechnego zainteresowania zarówno osobą Einsteina, jak i teorią względności. Jest to niezwykle ciekawy epizod w dziejach naszej cywilizacji: okres autentycznie powszechnego zainteresowania trudnymi — choć, rzecz jasna, fascynującymi — problemami naukowymi. I tak np. dramat Witkacego pt. *Gyubał Wahazar* (1920) świadczy wyraźnie, że Witkacy znał (co najmniej) dość zaawansowaną terminologię rachunku tensorowego (znanego w tych czasach jako „absolutny rachunek różniczkowy”). Na wystawie eksponowane są odbitki dwóch stron maszynopisu wyżej wymienionego dramatu.

Tem muzycznym wystawy są te utwory muzyki klasycznej, które znał i które lubił osobiście wykonywać Albert Einstein. Lista tych utworów jest wiarygodna, gdyż pochodzi od córki Einsteina, p. Margot Einstein. Tzw. „kącik akustyczny”: magnetofon plus 6 słuchawek umożliwia wysłuchanie archiwalnych nagrań głosu Einsteina oraz wywiadu Infelda, udzielonego Polskiemu Radiu w roku 1949. Mniej więcej dwa razy dziennie wyświetlany jest zestaw trzech filmów związanych z osobą Einsteina.

Omawiana wystawa cieszy się sporym zainteresowaniem, zwłaszcza wśród młodzieży. I jest to powodem decyzji przedłużenia trwania wystawy do końca czerwca br. Następnie wystawa zostanie przeniesiona do innych ośrodków krajowych.

Na zakończenie odnotujmy, że komisarzem wystawy jest mgr Jadwiga Chodowiec, auto-

rem oprawy plastycznej p. Rajmund Gawkowski, udział w pracach nad wystawą brał także mgr Krzysztof Mrozowski — wszyscy z Muzeum Techniki. Zestawy eksperymentalne zostały opracowane i zrealizowane przez doc. Maksymiliana Plutę („ruchy Browna”) oraz grupę młodych warszawskich fizyków (dr Andrzej Radliński i mgr Maria Kamińska), której przewodzili dr Wojciech Szuszkiewicz i dr hab. Jerzy Langer („fotony”), zaś autorem scenariusza wystawy jest niżej podpisany.

Antoni Sym

Stulecie urodzin Alberta Einsteina, Otto Hahna, Lise Meitner i Maxa von Laue

Towarzystwo Maxa Plancka, Niemieckie Towarzystwo Fizyczne i Towarzystwo Niemieckich Chemików zorganizowały wspólnie w dniach 1 i 2 marca 1979 r. w Berlinie Zachodnim uroczyste zebranie dla uczczenia setnych rocznic urodzin czterech wielkich fizyków: Alberta Einsteina (ur. 14 marca 1879), Otto Hahna (ur. 8 marca 1879), Lise Meitner (ur. 7 listopada 1878) i Maxa von Laue (ur. 9 października 1879). W zebraniu wziął udział prezydent RFN Walter Scheel. Wygłoszono następujące referaty:

H. B. G. Casimir (Heeze, Holandia) — *Jak idee Demokryta stały się rzeczywistością — rozwój fizyki w pierwszych dekadach naszego stulecia,*

John H. Wheeler (Austin, USA) — *Einstein i co on chciał,*

Karl-Erik Zimen (Berlin Zachodni) — *Otto Hahn, Lise Meitner i rozszczepienie jądrowe,*
P. P. Ewald (Ithaca, USA) — *Max von Laue — człowiek i dzieło.*

Z okazji tego zebrania otwarto wystawę „Albert Einstein, Otto Hahn, Lise Meitner, Max von Laue — wystawa pamiątek w związkach z setnymi rocznicami urodzin”.

Phys. Blät. 35, No 1, 1979

B. W.

Pomnik Einsteina w Waszyngtonie

Dnia 22 kwietnia 1979 w czasie 116 dorocznej sesji amerykańskiej Narodowej Akademii Nauk został odsłonięty na trawniku przed gmachem akademii pomnik Einsteina.

Autorem pomnika jest rzeźbiarz Robert

Berks, który w 1953 r. wyrzeźbił z natury głowę Einsteina. Pomnik spoczywa na kołowej podstawie z białego granitu, średnicy około 10 m. Na podstawie tej zrobiono z czarnego granitu kołową mapę nieba według rysunków dostarczonych przez astronomów z Obserwatorium Marynarki Stanów Zjednoczonych. Rzeźba przedstawia Einsteina w pozycji siedzącej, spoglądającego na mapę wszechświata i trzymającego w lewym ręku notatnik z wyrytymi trzema najważniejszymi jego wzorami: tzw. tensor Einsteina ogólnej teorii względności, wzór wyrażający równoważność masy i energii oraz równanie zjawiska fotoelektrycznego. Na tylnej ścianie pomnika wypisane jest credo Einsteina „The right to search for truth implies also a duty: one must not conceal any part of what one has recognized to be true” (prawo do poszukiwania prawdy pociąga za sobą także obowiązek: nie wolno ukrywać ani części tego, co się uznało jako prawdę).

Koszt pomnika wyniósł ponad 1,5 miliona dolarów i jest w znacznej mierze pokryty przez dotacje różnych instytucji i firm przemysłowych. Ponadto prezes Narodowej Akademii Nauk Philip Handler zwrócił się w osobistych listach do 130 000 uczonych i inżynierów o wpłacanie składek na ten cel.

Phys. Today 32, No 1, 1979

B. W.

Fizyka i technika czyli o współpracy Instytutu Fizyki Politechniki Częstochowskiej z przemysłem

Od roku 1975 prace naukowe Instytutu Fizyki Politechniki Częstochowskiej zostały ukierunkowane na zagadnienia związane z fizycznymi podstawami magnetyzmu, a w szczególności na badania zjawisk warunkujących powstanie optymalnych własności magnetycznych w materiałach magnetycznie twardych oraz miękkich. To ukierunkowanie działalności naukowej umożliwiło Instytutowi podjęcie badań nie tylko podstawowych w ramach Programu Rządowego PR-3, ale również nawiązanie interesującej współpracy z przemysłem materiałów magnetycznych (Huta Baildon w Katowicach, Zakłady Metalurgiczne w Trzebinie, Huta im. Lenina w Krakowie oraz Zakład Doświadczalny Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach).

Jak doszło do nawiązania współpracy z tymi zakładami przemysłowymi, co obecnie robimy oraz jakie są nasze zamierzenia na przyszłość postaramy się przedstawić w tej informacji.

Za sprawę najważniejszą, znacznie ułatwiającą stawianie pierwszych kroków w przemyśle, uważamy ukierunkowanie badań oraz wyraźną specjalizację naukową Instytutu. To ukierunkowanie nie powinno dotyczyć tylko spraw naukowych, perspektywicznych, ale również musi uwzględniać rzeczywiste warunki, w jakich jest realizowany proces technologiczny, jakim zapleczem naukowo-technicznym dysponuje zakład przemysłowy.

Ukierunkowanie badań w Instytucie na fizykę magnetyków nie spowodowało jednak lawiny zleceń na wykonanie prac naukowych. Uznaliśmy więc, że nie przemysł nam, ale Instytut przemysłowi powinien proponować odpowiednio dopracowane nowe tematy. Nowe propozycje prac powinny na tyle interesować przemysł, aby mimo napiętych planów produkcyjnych znalazł się czas na eksperyment technologiczny. Tę atrakcyjność prac polegającą m. in. na tym, że były to nowe technologie lub metody pomiarowe uwzględniające dodatkowo warunki przemysłowe, można osiągnąć wieloma drogami. W naszym przypadku uznaliśmy za celowe krótkoterminowe staże przemysłowe pracowników Instytutu Fizyki bezpośrednio w linii produkcyjnej. Ponadto raz w miesiącu na terenie zakładu przemysłowego organizujemy spotkania, na których ustalane są kierunki dalszych prac, omawiane uzyskane wyniki oraz analizowany jest rozwój nowej wdrożonej technologii.

Tak postępując wdrożyliśmy w Hucie Baildon w Katowicach w roku 1979 nowy stop magnetycznie twardy o wysokiej indukcji pod nazwą Alnico 400B.

W roku 1980 wdrażamy również w tej Hucie nowy stop MnAlC, który częściowo zastąpi dotychczas produkowany stop typu Alnico, a tym samym przyczyni się do znacznych oszczędności deficytowych pierwiastków kobaltu i niklu.

Te pierwsze obiecujące wyniki współpracy przyczyniły się również do podpisania wieloletniego porozumienia o współpracy naukowo-technicznej między Instytutem Fizyki Politechniki Częstochowskiej a Hutą Baildon

w Katowicach. Przedmiotem świadczeń ze strony Instytutu na rzecz Huty jest:

- wykonywanie ustalonych planem prac naukowych wynikających z potrzeb rozwojowych Huty,
 - współpraca przy wdrażaniu wyników prac naukowych do praktyki produkcyjnej Huty,
 - pomoc w podnoszeniu kwalifikacji zawodowych pracowników Huty w zakresie specjalności Instytutu, a w szczególności udzielanie bieżącej informacji o nowych materiałach i technologiach,
 - udzielanie pomocy w formie konsultacji naukowych i doradztwa technicznego.
- Natomiast przedmiotem zobowiązań ze strony Huty jest:
- zawieranie z Instytutem umów na prace naukowe wynikające z planu postępu technicznego, jak i z potrzeb bieżącej produkcji,
 - pomoc w wyposażeniu laboratoriów i warsztatów,
 - udzielanie pomocy w materiałach i narzędziach niezbędnych do prowadzenia prac naukowych i praktycznego sprawdzenia wyników badań,
 - wykorzystywanie w pracach projektowych i wdrożeniowych osiągnięć Instytutu,
 - zapewnienie stażów w Hucie pracownikom Instytutu, a w szczególności pełnego poznania przebiegów technologicznych.

To ukierunkowanie badań Instytutu na fizykę magnetyków umożliwiło nam również wykazanie, że dalsza poprawa własności magnetycznych miękkich materiałów magnetycznych, a w szczególności stopu Fe-3,2% Si (blachy transformatorowe), jest możliwa jedynie poprzez ustalenie związku pomiędzy strukturą domenową a stratami energii przy przemagnesowaniu. Z badań prowadzonych w Instytucie wiemy, jaka powinna być struktura domenowa, aby uzyskać optymalne własności magnetyczne, chodzi jednak o to, jak tę strukturę otrzymać w procesie wytwarzania blach transformatorowych na skalę przemysłową. Tak narodziła się współpraca z Ośrodkiem Badawczo-Doświadczalnym Blach Elektrotechnicznych Kombinatu Huty im. Lenina w Bochni. Zaproponowane przez Instytut badania strat z histerezy rotacyjnej z równoczesną obserwacją struktury domenowej dały cenny materiał, który zostanie

wykorzystany nie tylko w technologii blach transformatorowych o najwyższych parametrach, ale również opublikowany m. in. w *Physica Status Solidi, Acta Physica Polonica*. W ramach tych badań zaproponowaliśmy również nowy sposób badań magnetostrykcji w warunkach dynamicznego magnesowania blach transformatorowych. Opracowany przyrząd zostanie wdrożony w Ośrodku Badawczo-Doświadczalnym Blach Elektrotechnicznych Kombinat Huty im. Lenina w Bochni. Umożliwi to wcześniejsze wyeliminowanie blach o dużej magnetostrykcji, a tym samym przyczyni się do znacznego obniżenia poziomu szumów w gotowych transformatorach.

Natomiast współpraca z Zakładami Metalurgicznymi w Trzebini ma na celu opracowanie i wdrożenie do produkcji spiekanych magnesów typu Alnico, w początkowym okresie o koercji powyżej 1200 Oe, a w następnych latach całej grupy materiałów o dużej rozpiętości własności magnetycznych. Z Zakładami tymi Instytut współpracuje również w zakresie magnesów ferrytowych. Celem tych badań jest m. in. zastąpienie importowanych tlenków żelaza tlenkami krajowymi, stosowanymi do wytwarzania izotropowych i anizotropowych ferrytów.

Za również ważną i skuteczną formę współpracy z przemysłem uważamy doradztwo naukowe (mamy w Hucie Baildon i Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach), udział w Radach Naukowo-Technicznych (Huta im. Lenina w Krakowie) oraz promotorstwo prac doktorskich pracowników przemysłu.

Oceniając formy współpracy z przemysłem stosowane przez Instytut Fizyki Politechniki Częstochowskiej, stwierdzamy, że przynoszą one oczekiwane efekty; wymagają jednak dalszego doskonalenia.

Bolesław Wysocki, Stefan Szymura

Problemy nauczania fizyki w przyszłej dziesięcioletniej szkole powszechnej

Pod takim hasłem odbyła się w dniach 10—11 kwietnia 1979 r. w Instytucie Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Opolu ogólnopolska studencka sesja naukowa organi-

zowana przez Koło Naukowe Fizyków przy pomocy pracowników Zakładu Dydaktyki Fizyki. W sesji udział wzięło 90 osób, w tym studenci z Krakowa (WSP), Poznania (UAM), Zielonej Góry (WSP) i Rzeszowa (WSP).

Wprowadzenia do problematyki sesji dokonała dr D. Tokarowa, a zagadnienia związane z nauczaniem astronomii naświetlił doc. dr hab. B. Grabowski w referacie *Znaczenie astronomii w ogólnym wykształceniu przyrodniczym nauczyciela fizyki*. Oprócz tego uczestnicy sesji wysłuchali siedmiu komunikatów. Były one przeglądem udziału studentów w zakresie rozpracowywania problemów dydaktyki fizyki w różnych ośrodkach akademickich kraju.

Udział studentów w tych pracach, jak się okazało, jest najczęściej realizowany w formie prac magisterskich. Zagadnienia poruszane przez studentów spotkały się z żywą reakcją słuchaczy. Szczególne zainteresowanie wywołały prace referowane przez studentki Michalinę Nowakowską i Barbarę Bijak z Krakowa: *Weryfikacja eksperymentalna działu kinematyka w programie kl. VII szkoły dziesięcioletniej* oraz studentów z Opola: Jana Marcinków *Wykorzystanie elementów transformatora rozbiernego w szkole dziesięcioletniej* i H. Zaborek — *Wykorzystanie doświadczeń modelowych w nauczaniu problemowym fizyki*. Dowodem tego zainteresowania była rzeczowa dyskusja, gorące brawa, którymi nagrodzono szczególnie atrakcyjne pokazy zjawisk fizycznych.

Sesja była także świetną okazją wymiany doświadczeń z działalności Kół Naukowych Fizyków w różnych ośrodkach kraju. O tym, że doświadczeń tych jest wiele, że było o czym dyskutować dowodzi fakt, iż uroczyste zebranie KNF zorganizowane wieczorem pierwszego dnia sesji, przeciągnęło się do późnych godzin.

Żegnając na zakończenie uczestników Sesji przewodniczący KNF WSP w Opolu, student IV roku fizyki R. Szatanik, powiedział, iż postanowiono kontynuować tego typu spotkania ogólnopolskie, w nadziei, że tak jak to, przyczynią się one do zaktywizowania pracy Kół Naukowych i do nawiązania kontaktów między różnymi ośrodkami. Obrady sesji zamknął dr R. Pietrzak — opiekun KNF WSP w Opolu.

Bożena Pędzisz, Danuta Tokar

Fizyka w Uniwersytecie Wileńskim przy końcu XVIII W.

Były wychowanek Uniwersytetu Wileńskiego (który w br. roku obchodzi 400-lecie) ks. Henryk Gulbinowicz, obecnie arcybiskup wrocławski, ogłosił w Nr 15 (1979) *Tygodnika Powszechnego* artykuł o stanie tego uniwersytetu w okresie reform przeprowadzanych pod patronatem Komisji Edukacji Narodowej. Od roku 1783 uniwersytet przyjął nazwę Szkoła Główna Wielkiego Księstwa Litewskiego.

W artykule tym zawarte są m. in. następujące ciekawe informacje. Szkoła Główna dzieliła się na dwa kolegia — fizyczne i moralne. Kolegium fizyczne dzieliło się na trzy szkoły — matematyczną, fizyczną i lekarską. W szkole fizycznej otworzono katedry fizyki teoretycznej i fizyki doświadczalnej. Znacznie uzupełniono wyposażenie gabinetu fizycznego, którym w latach 1783—1792 kierował ks. Józef Mickiewicz. Znamienne jest, że profesorowie kolegium fizycznego otrzymywali wynagrodzenie średnio o około 50% wyższe niż profesorowie kolegium moralnego.

B. W.

Nagroda Maxwella

Richard F. Post (Lawrence Livermore Lab., Univ. of California) otrzymał od Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego Nagrodę za Fizykę Plazmy im. Jamesa Clerka Maxwella. Przyznano mu ją za „wiele oryginalnego wkładu zarówno do fundamentalnej fizyki plazmy, jak i w projektowanie reaktorów syntezy, w szczególności za niezachwiane oddanie wszystkim aspektom badania ograniczenia plazmy metodą zwierciadeł magnetycznych”.

Post uzyskał w r. 1950 stopień doktorski w Uniwersytecie Stanforda. W latach 1942—46 pracował w Laboratorium Badawczym Marynarki, od 1951 r. był kierownikiem grupy badającej kontrolowaną syntezę termojądrową w Lawrence Livermore Laboratory. Jest profesorem Uniwersytetu Kalifornijskiego od 1963 r.

Badania Posta dotyczą przede wszystkim ograniczenia magnetycznego plazmy w dą-

żeniu do kontrolowanej syntezy jądrowej. Jest uważany za jednego z twórców programu metody zwierciadeł magnetycznych i jednego z pierwszych, który zrozumiał fundamentalne zagadnienia energetyczne syntezy jądrowej. Zwrócił uwagę na znaczenie grzania plazmy wiązką neutralną.

Phys. Today 32, No 1, 1979

B. W.

Zastosowanie akceleratorów oraz metod fizycznych w programie walki z nowotworami

Rządowy Program „Zwalczanie chorób nowotworowych” został opracowany jako jeden z kilku programów badawczo-rozwojowych ukierunkowanych na problemy o szczególnym znaczeniu społeczno-gospodarczym. Głównymi celami tego programu są:

- Badania podstawowe w zakresie biologii powstawania i rozwoju tkanek nowotworowych oraz medycyny onkologicznej.
- Dążenie do ograniczenia nowych zachorowań przez identyfikację i izolowanie czynników kancerogennych.
- Wydatne zwiększenie skuteczności leczenia i uzyskanie w perspektywie kilkunastu lat podwojenia liczby wyleczeń poprzez rozpowszechnienie możliwie wczesnego wykrywania choroby i precyzyjnej diagnostyki oraz doskonalenie i upowszechnienie metod, środków i narzędzi terapii.

Zakrojone w tak szerokich ramach działania nadają programowi cechy narodowego programu walki z nowotworami, mającego olbrzymie znaczenie społeczne. Zarówno w badaniach podstawowych, jak i w diagnostyce i terapii dużą rolę odgrywają aparatura i metody fizyczne, szczególnie te wywodzące się z fizyki i techniki jądrowej. Aktualnie istnieją trzy główne typy terapii nowotworów: chirurgia, chemioterapia i radioterapia, stosowane, zależnie od typu choroby i indywidualnego przypadku, oddzielnie lub we wzajemnym skojarzeniu.

Radioterapia, którą jako metodę leczenia zaczęto stosować już wkrótce po odkryciu radioaktywnych pierwiastków, rozwinęła się obecnie w obszerną dziedzinę i wg danych światowych bywa stosowana w tej lub innej formie w ponad 60% przypadków chorobowych. Do terapii radiacyjnej należy wykorzystanie małych źródeł wprowadzanych bez-

Fizyka w Uniwersytecie Wileńskim przy końcu XVIII W.

Były wychowanek Uniwersytetu Wileńskiego (który w br. roku obchodzi 400-lecie) ks. Henryk Gulbinowicz, obecnie arcybiskup wrocławski, ogłosił w Nr 15 (1979) *Tygodnika Powszechnego* artykuł o stanie tego uniwersytetu w okresie reform przeprowadzanych pod patronatem Komisji Edukacji Narodowej. Od roku 1783 uniwersytet przyjął nazwę Szkoła Główna Wielkiego Księstwa Litewskiego.

W artykule tym zawarte są m. in. następujące ciekawe informacje. Szkoła Główna dzieliła się na dwa kolegia — fizyczne i moralne. Kolegium fizyczne dzieliło się na trzy szkoły — matematyczną, fizyczną i lekarską. W szkole fizycznej otworzono katedry fizyki teoretycznej i fizyki doświadczalnej. Znacznie uzupełniono wyposażenie gabinetu fizycznego, którym w latach 1783—1792 kierował ks. Józef Mickiewicz. Znamienne jest, że profesorowie kolegium fizycznego otrzymywali wynagrodzenie średnio o około 50% wyższe niż profesorowie kolegium moralnego.

B. W.

Nagroda Maxwella

Richard F. Post (Lawrence Livermore Lab., Univ. of California) otrzymał od Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego Nagrodę za Fizykę Plazmy im. Jamesa Clerka Maxwella. Przyznano mu ją za „wiele oryginalnego wkładu zarówno do fundamentalnej fizyki plazmy, jak i w projektowanie reaktorów syntezy, w szczególności za niezachwiane oddanie wszystkim aspektom badania ograniczenia plazmy metodą zwierciadeł magnetycznych”.

Post uzyskał w r. 1950 stopień doktorski w Uniwersytecie Stanforda. W latach 1942—46 pracował w Laboratorium Badawczym Marynarki, od 1951 r. był kierownikiem grupy badającej kontrolowaną syntezę termojądrową w Lawrence Livermore Laboratory. Jest profesorem Uniwersytetu Kalifornijskiego od 1963 r.

Badania Posta dotyczą przede wszystkim ograniczenia magnetycznego plazmy w dą-

żeniu do kontrolowanej syntezy jądrowej. Jest uważany za jednego z twórców programu metody zwierciadeł magnetycznych i jednego z pierwszych, który zrozumiał fundamentalne zagadnienia energetyczne syntezy jądrowej. Zwrócił uwagę na znaczenie grzania plazmy wiązką neutralną.

Phys. Today 32, No 1, 1979

B. W.

Zastosowanie akceleratorów oraz metod fizycznych w programie walki z nowotworami

Rządowy Program „Zwalczanie chorób nowotworowych” został opracowany jako jeden z kilku programów badawczo-rozwojowych ukierunkowanych na problemy o szczególnym znaczeniu społeczno-gospodarczym. Głównymi celami tego programu są:

- Badania podstawowe w zakresie biologii powstawania i rozwoju tkanek nowotworowych oraz medycyny onkologicznej.
- Dążenie do ograniczenia nowych zachorowań przez identyfikację i izolowanie czynników kancerogennych.
- Wydatne zwiększenie skuteczności leczenia i uzyskanie w perspektywie kilkunastu lat podwojenia liczby wyleczeń poprzez rozpowszechnienie możliwie wczesnego wykrywania choroby i precyzyjnej diagnostyki oraz doskonalenie i upowszechnienie metod, środków i narzędzi terapii.

Zakrojone w tak szerokiej ramach działania nadają programowi cechy narodowego programu walki z nowotworami, mającego olbrzymie znaczenie społeczne. Zarówno w badaniach podstawowych, jak i w diagnostyce i terapii dużą rolę odgrywają aparatura i metody fizyczne, szczególnie te wywodzące się z fizyki i techniki jądrowej. Aktualnie istnieją trzy główne typy terapii nowotworów: chirurgia, chemioterapia i radioterapia, stosowane, zależnie od typu choroby i indywidualnego przypadku, oddzielnie lub we wzajemnym skojarzeniu.

Radioterapia, którą jako metodę leczenia zaczęto stosować już wkrótce po odkryciu radioaktywnych pierwiastków, rozwinęła się obecnie w obszerną dziedzinę i wg danych światowych bywa stosowana w tej lub innej formie w ponad 60% przypadków chorobowych. Do terapii radiacyjnej należy wykorzystanie małych źródeł wprowadzanych bez-

pośrednio w pobliże nowotworu i dających promieniowanie pochłaniane głównie w jego obszarze oraz teleradioterapia, w której wiązka promieniowania lub przyspieszonych cząstek z silnego źródła zewnętrznego wnika w głąb ciała i trafia w obszar nowotworu.

Aby minimalnie narazić na promieniowanie tkanki zdrowe, a pożądaną dawkę energii wydzielić w obszarze nowotworu, wiązki muszą być odpowiednio uformowane, wchodzić do ciała z pożądanego kierunku lub kilku kierunków i mieć odpowiednią energię zależną od potrzebnej głębokości wnikanania i rodzaju promieniowania lub cząstek. Obecnie do terapii radiacyjnej stosowane jest promieniowanie γ ze źródeł cezowych i kobaltowych, promieniowanie rentgenowskie hamowania, elektrony, protony, ciężkie jony, mezony i neutrony. Najbardziej rozpowszechnione w terapii są źródła ^{60}Co , zwane bombami kobaltowymi, akceleratory elektronów jako źródła promieniowania rentgenowskiego i wiązek elektronów, cyklotrony jako źródła wtórnych wiązek neutronów oraz w mniejszym stopniu akceleratory wyższych energii jako źródła wiązek protonów lub ciężkich jonów oraz wtórnych wiązek mezonów π . Istniejąca w Polsce baza radioterapii obejmowała pewną ilość małych źródeł radowych, cezowych, irydowych; w teleradioterapii zaś aparaty rentgenowskie do terapii powierzchniowej i kilkanaście bomb kobaltowych. W ostatnim okresie w Krakowie zainstalowano betatron 18 MeV.

Jednym z zadań programu stało się wydajne powiększenie i unowocześnienie stanu aparatury do radioterapii. Instytutowi Badań Jądrowych powierzono rolę jednostki koordynacyjnej w zakresie opracowań i wdrożenia aparatury do radioterapii i diagnostyki. Poza obszarem koordynowanym, w IBJ wykonywane są tematy z zakresu radiobiologii, radioimmunologii i technik izotopowych.

Jako podstawowy typ aparatury do radioterapii przyjęto nowoczesny akcelerator liniowy elektronów. Dla przyspieszenia procesu opanowania produkcji tych urządzeń podpisano umowę kooperacyjną z francuską firmą CGR/MeV mającą poważne doświadczenia w wytwarzaniu wyspecjalizowanych akceleratorów do celów medycznych. Na podstawie tej umowy zbudowano pierwsze egzemplarze akceleratorów Neptun 10/P. Mogą one wy-

tworzyć wiązkę fotonów X o energii 9 MeV oraz wiązkę elektronów o energiach 6, 8, i 10 MeV. Skolimowana wiązka może mieć wymiary pola naświetlania od 3×3 cm do 40×40 cm w odległości 1 m od źródła, przy mocach dawki do 300 rad/min. Budowa mechaniczna akceleratora pozwala na obrót dokoła ciała chorego i naświetlania z dowolnego kąta. Pierwszy akcelerator zainstalowany w ośrodku onkologicznym w Łodzi ma za sobą rok dobrej pracy, następne są instalowane w szpitalach w Opolu i Poznaniu, a potem w dalszych ośrodkach.

Podjęcie kooperacji było możliwe dzięki istniejącemu w IBJ przygotowaniu w zakresie fizyki i techniki akceleracji. To przygotowanie pozwoliło również na kontynuację w ramach programu własnych prac badawczo-rozwojowych komplementarnych do kooperacyjnej produkcji. Dotyczą one opracowań ważnych zespołów akceleratora Neptun dla eliminacji obciążającego importu, rozwój metod sterowania i kontroli parametrów akceleratora przy pomocy minikomputerów, rozwój metod pomiarów wiązki i dozymetrii promieniowania, a wreszcie nowe opracowania akceleratorów o energii 4 MeV, dla zastąpienia w przyszłości bomb kobaltowych, oraz 24 MeV do głębokiej terapii niektórych typów nowotworów. W programie przewidziano również wykorzystanie cyklotronów do wdrożenia terapii szybkimi neutronami. Neutrony mają szereg istotnych zalet dla terapii — wykazują większą skuteczność biologiczną niż promieniowanie γ lub elektrony oraz zdolność przełamania efektu tlenowego, polegającego na większej odporności na promieniowanie beztlenowych komórek rakowych niż otaczające tkanki zdrowe.

Wiązki neutronów powinny mieć energię w zakresie od kilku do około dwudziestu MeV i wytwarzane są przez bombardowanie tarczy berylowej wiązką przyspieszonych deuteronów. Stanowisko do próbnej terapii neutronowej uruchomiono przy cyklotronie U-120 w IFJ w Krakowie, a w budowanym cyklotronie U-200/P IFD UW w Warszawie projektowany jest również trakt neutronowy do terapii. Dla maksymalnie skutecznej terapii podstawowe znaczenie ma wczesne wykrywanie możliwie początkowych stadiów choroby oraz dokładna lokalizacja położenia nowotworu. Stąd wielką wagę przywiązuje się

do rozwoju metod i aparatury diagnostycznej i lokalizacyjnej. W diagnostyce szerokie zastosowanie mają różnego typu metody izotopowe i w ramach programu prowadzone są tematy związane z opracowaniem odpowiednich zestawów izotopowych i związków znaczonek. Poza technikami jądrowymi bardzo obiecujące w diagnostyce jest wykorzystanie ultradźwięków. Aparatura ultradźwiękowa nie jest nadmiernie kosztowna i może być szeroko upowszechniona. Metody sonograficzne dają wartościowe informacje komplementarne do danych uzyskanych z diagnostyki rentgenowskiej i izotopowej.

W dalszej perspektywie i w zależności od możliwości realizacji byłaby interesująca budowa większego akceleratora, jako źródła protonów w zakresie energii kilkuset MeV. Zarówno wiązki protonów jak i uzyskiwanych jako cząstki wtórne mezonów mają duże znaczenie dla rozwoju terapii i diagnostyki oraz w podstawowych badaniach radiobiologii. Aktualnie bardzo wiele instytutów fizycznych, nawet tych, które pracują wyłącznie w obszarze badań podstawowych, poświęca wiele czasu na prace dla radiobiologii i radioterapii. Polski program akceleratorowy stara się uwzględniać również światowe tendencje w tym zakresie i przyczynić się do wytworzenia bazy dla rozwoju zastosowań metod i aparatury fizycznej dla biologii i medycyny.

Stanisław Kuliński, Marian Pachan

Obserwacja przypadków z trzema jetami w rozpadzie nowej cząstki Y

Kwantowa chromodynamika — teoria, która ma obecnie wielkie szanse na poprawne opisanie oddziaływań silnych (patrz artykuł w tym numerze *Postępów Fizyki*) między cząstkami elementarnymi nie jest teorią, której przewidywania można łatwo sprawdzić doświadczalnie. Przekonali się o tym fizycy zajmujący się badaniem odchyień od naiwnego modelu partonowego dla głębokonieelastycznych zderzeń cząstek elementarnych, w którym nie oddziałują ze sobą. Kwantowa chromodynamika opisując wzajemne oddziaływania partonów przez wymianę kwantów pola silnego (gluonów) przewiduje dokładnie jak po-

winna wyglądać struktura hadronu, jeśli patrzeć nań pod coraz większym powiększeniem (a osiąga się to zwiększając coraz bardziej nieelastyczność zderzenia). Niestety, przewidywane zmiany są bardzo wolne, a do poprawnego ich testowania potrzebne są bardzo wysokie energie wiązek neutronowych, elektronowych czy mionowych. Toteż chociaż dotychczasowe wyniki nie przeczą przewidywaniom kwantowej chromodynamiki, trudno jest uważać je na razie za dostateczny dowód poprawności teorii.

Dlatego z dużym podnieceniem przyjęto ostatnie dane z akceleratora wiązek przeciwbieżnych e^+e^- — DORIS w laboratorium DESY w Hamburgu. Grupa fizyków pracująca przy użyciu detektora PLUTO badając strukturę hadronów pochodzących głównie z rozpadów nowo odkrytej ciężkiej cząstki Y (*Postępy Fizyki* 30, 67 (1979)) znalazła znaczną liczbę przypadków, w których hadrony pochodzące z rozpadu Y zgrupowane są w trzy niezależne strugi (jety). Kwantowa chromodynamika przewiduje występowanie przypadków tego rodzaju dla układów związanych kwarka i antykwarka (w tym wypadku będą to nowe kwarki $b\bar{b}$) rozpadających się na trzy gluony, z których każdy tworzy następnie strugę hadronów.

Analogiczny proces występuje również w kwantowej elektrodynamice, gdzie układ związany e^+e^- — pozytronium — rozpada się na trzy fotony.

Jeśli obserwacja ta zostanie potwierdzona przez inne eksperymenty, stanowić będzie jeden z najważniejszych argumentów za tym, że obraz hadronów jako układów złożonych z kolorowych kwarków oddziałujących za pośrednictwem kolorowych gluonów o spinie jednostkowym jest poprawny.

CERN Courier 19, No 3, Maj 1979

M. S.

Peloron

W miarę jak doświadczenia ze zderzającymi się wiązkami elektronów lub elektronów i pozytonów podejmuje się przy coraz wyższych energiach, rosną straty energii przyspieszanych cząstek powodowane promieniowaniem synchrotronowym. Z tego względu kilku fizyków wystąpiło z pomysłem wykorzystania dwóch przeciwbieżnych wiązek z akcelera-

torów liniowych. Ugo Amaldi z CERN-u zaproponował układ, któremu nadał nazwę PELORON (positron and electron linear oscillator radiating only negligibly). Peloron oznacza po grecku przedmiot wielkich rozmiarów. Podobne idee wysunęli Mauri Tigner z Uniwersytetu Cornell i A. Skrynski z Nowosybirsk. Zagadnienie było przedmiotem dyskusji na kolokwium na temat możliwości i granic akceleratorów i detektorów, które odbyło się w październiku 1978 r. w Laboratorium Fermiego pod protektoratem Międzynarodowego Komitetu do spraw Przyszłych Akceleratorów.

Nie ulega wątpliwości, że realizacja tego pomysłu wymagałaby pokonania ogromnych trudności technicznych, m. in. natężenie prądu elektronowego względnie pozytonowego musiałoby być powiększone o 1 do 2 rzędów wielkości w stosunku do osiąganego obecnie w akceleratorze liniowym Stanford.

CERN Courier 19, No 2, 1979

B. W.

Chiński synchrotron protonowy 50 GeV

Ogłoszono dalsze konkretne informacje na temat synchrotronu protonowego, który ma być zbudowany w pobliżu Pekinu (patrz Kronika w *Postępy Fizyki* 29, 556 (1978)). Delegacja fizyków Chińskiej Republiki Ludowej odwiedziła CERN w lutym br. i ustaliła zasady współpracy między CERN-em a Instytutem Wysokich Energii w Pekinie w okresie budowy synchrotronu. Nawiązano również kontakty z DESY i z laboratorium Rutherforda. Ta sama delegacja odwiedziła również Stany Zjednoczone i przeprowadziła dyskusję ze specjalistami w Argonne National Laboratory, Brookhaven National Laboratory, Laboratorium Fermiego i w Laboratorium Akceleratora Liniowego Uniwersytetu Stanford.

Synchrotron ma być zlokalizowany 38 km na północno-zachód od Pekinu niedaleko grobowców cesarzy z dynastii Ming. Zarezerwowano teren o powierzchni 500 ha położony w miejscu wyposażonym w dobrą komunikację drogową i kolejową.

Jako iniektor przewidziano akcelerator liniowy przyspieszający do energii 200 MeV protony pochodzące z preiniektora dostar-

czającego 100 mA ujemnych jonów wodorowych o energii 750 KeV. Akcelerator liniowy będzie miał 160 m długości i będzie zawierał 9 wnęk rezonansowych typu Alvareza.

Pierścień synchrotronu ma mieć 432 m średnicy i będzie wyposażony w 180 magnesów. Natężenie pól magnetycznych wzrastać będzie od 215 Gs przy iniekcji do 17 000 Gs przy maksymalnej energii. Natężenie nominalne wiązki ma osiągnąć 10^{13} protonów na impuls przy częstotliwości powtarzania co 4 s. W pierścieniu próżnia będzie około 3×10^{-7} Torr. Akcelerator będzie sterowany przez zespół 12 komputerów programowanych poprzez komputer centralny.

Protony o energii 50 GeV będą kierowane przy pomocy układu szybkiej ekstrakcji do pomieszczeń zawierających aparaty badawcze. Przewidziane są 3 takie pomieszczenia: hala przeznaczona do doświadczeń z licznikami, hala komór pęcherzykowych i hala do doświadczeń neutrinowych. W dalszej przyszłości możliwe będzie skierowanie wiązki protonowej poprzez halę neutrinową na zewnątrz w celu zasilania pierścienia o średnicy 2 km, w którym protony będą mogły być przyspieszane do energii rzędu 500 GeV.

CERN Courier 19, No 2, 1979

B. W.

Największy tandem świata

Opóźniona w stosunku do pierwotnych planów budowa największego w świecie akceleratora elektrostatycznego typu tandem w Daresbury (Wielka Brytania) jest już poważnie zaawansowana. Akcelerator umieszczony będzie w olbrzymim zbiorniku ciśnieniowym w wieży o wysokości 70 m. W każdej z dwóch sekcji tandemu wytwarzane będzie napięcie 30 MV. Jony ujemne w pierwszej sekcji uzyskiwać będą energię 30 MeV, natomiast energia uzyskiwana w drugiej sekcji będzie zależna od stopnia jonizacji, tak że energia końcowa dla protonów wyniesie 600 MeV, a prawie 1 GeV dla jonów uranu. Dotychczas czynniki tandemu nie przekraczają 14 MV na sekcję.

Akcelerator noszący nazwę NSF (Nuclear Structure Facility) ma przejść próby techniczne w r. 1980, a uzyskanie wiązki przewidziane jest na początek 1981 r.

CERN Courier 19, No 2, 1979

B. W.

W dniach od 5 do 10 marca 1979 r. odbyła się w Ustroniu-Jaszowcu VIII Zimowa Szkoła Akustyki Kwantowej, Molekularnej i Sonochemii. Szkoła ta ma już bogatą tradycję, jest bowiem miejscem wymiany poglądów między fizykami, chemikami i elektronikami zajmującymi się akustyką ciała stałego i cieczy, albo też stosującymi w swych badaniach metody ultra- lub hiperdźwiękowe. Organizatorem był Instytut Fizyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie oraz Sekcja Akustyki Molekularnej i Kwantowej Polskiego Towarzystwa Akustycznego.

W szkole uczestniczyło około 100 osób z ponad 10 ośrodków naukowych. Uczestnicy zapoznali się ze stanem aktualnych badań krajowych z dziedziny akustyki kwantowej i molekularnej, akustoelektroniki i akustooptyki, spektroskopii ultradźwiękowej oraz sonochemii. Wygłoszono 4 referaty plenarne: J. Finak, H. Jerominek *Wybrane metody badania właściwości światłowodów plenarnych stosowanych w akustyce zintegrowanej*, Z. Kleszczewski *Praktyczne wykorzystanie oddziaływania światła laserowego z objętościowymi falami akustycznymi*, W. Pajewski *Generacja, propagacja i detekcja poprzecznych fal powierzchniowych BG*, B. Paszkowski *Nowe technologie w mikroelektronice. Optyka zintegrowana*. Ponadto przedstawiono 40 komunikatów z prac własnych i 11 komunikatów plakatowych.

Na uwagę zasługuje wzrost zainteresowania akustooptyką i optyką zintegrowaną, czego wyrazem było posiedzenie seminaryjne mające charakter dyskusji „okrągłego stołu” poświęcone tematowi: *Dotychczasowe osiągnięcia, perspektywy rozwoju i zastosowania w przemyśle akustooptyki*.

Podobnie jak w roku ubiegłym, wybrane referaty zostaną opublikowane w wydawnictwie Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN, który jest koordynatorem problemu międzyresortowego MR. I.24 „Metody akustyczne w technice i medycynie”.

Firma Heyden & Son Ltd. w Londynie przystąpiła do wydawania dwumiesięcznika *Surface and Interface Analysis* poświęconego rozwojowi i zastosowaniom metod analizy powierzchni, międzypowierzchni i cienkich warstw. Redaktorem naczelnym czasopisma jest David Briggs (ICI Plastics Division, Bessemer Road, Welwyn Garden City, Herts. Wielka Brytania), a redaktorem północnoamerykańskim — Gerald P. Ceasar (Xerox Corp., Webster, N. Y.). W skład Rady Redakcyjnej weszli: D. Allara (Bell Labs., Murray Hill), A. Barrie (Kratos Ltd., Manchester), A. Bennighoven (Uniwersytet w Münster), J. E. Castle (Uniwersytet Surrey, Guildford), C. A. Evans Jr. (Chas Evans Assoc., San Mateo), P. Holloway (Sandia Labs., Albuquerque), R. Holm (Bayer A. G., Leverkusen), J. W. Mayer (Cal. Tech., Pasadena), N. S. McIntyre (Atomic Energy of Canada, Pinawa, Man.), J. Morabito (Bell Labs., Allentown), C. J. Powell (NBS, Waszyngton), M. P. Seah (Nat. Phys. Lab., Teddington), C. J. Todd (Post Office Research Centre, Ipswich), H. W. Werner (Philips Res. Labs., Eindhoven), N. Winograd (Uniwersytet Purdue, West Lafayette).

Czasopismo publikować będzie prace zarówno teoretyczne, jak i o charakterze aplikacyjnym dotyczące metod takich, jak spektroskopia elektronowa i jonowa, mikroskopia elektronowa, spektroskopia odbiciowa w podczerwieni, rutherfordowskie rozproszenie wsteczne, elipsometria oraz trawienie jonowe. Redakcja kładzie szczególny nacisk na standaryzację technik pomiarowych i żąda od autorów, aby podawali precyzyjny i szczegółowy opis metod pomiarowych pozwalający na powtórzenie eksperymentu w innym laboratorium.

W każdym zeszycie *Surface and Interface Analysis* mają się znaleźć prace oryginalne, artykuły przeglądowe, komunikaty wstępne (notes to the Editor), dane standaryzacyjne, listy do Redakcji, recenzje książek oraz informacje o konferencjach i nowej aparaturze.

K. Herzfeld

(1892—1978)

Pierre Résibois

(1936—1979)

W czerwcu 1978 zmarł Karl Herzfeld, wybitny fizyk teoretyk, który wniósł wielki wkład do teorii kinetycznej, mechaniki statystycznej i teorii struktury elektronowej materii.

Herzfeld urodził się 24 lutego 1892 r. w Wiedniu. Studiował fizykę w Wiedniu, Zurychu i Getyndze. Doktoryzował się w r. 1914 na uniwersytecie w Wiedniu. Po I wojnie światowej uważając, że najłatwiej będzie mu znaleźć pracę w przemyśle, postanowił uzupełnić swoje wykształcenie fizyczne zapoznaniem się z problemami chemii na uniwersytecie w Monachium. Tam nawiązał bliskie kontakty z Sommerfeldem i z Kazimierzem Fajanssem. W grudniu 1919 r. został „Privatdozentem” w zakresie fizyki teoretycznej i chemii fizycznej. Wkrótce został powołany na profesora nadzwyczajnego. W tym okresie powstała jego klasyczna książka *Kinetische Theorie der Wärme* — pierwszy nowoczesny podręcznik teorii kinetycznej i mechaniki statystycznej oraz jego artykuły „Klassische Thermodynamik” i „Absorption und Dispersion” w *Handbuch der Physik*.

Od 1926 r. Herzfeld był profesorem John Hopkins University w Baltimore, USA. Tam wspólnie z Marią Geoppert-Mayer prowadził słynne seminaria na temat podstawowych zagadnień mechaniki kwantowej. Seminaria te odbywały się w całkowicie nieformalnej atmosferze. Uczestnicy, zarówno profesorowie jak i studenci, siedzieli razem wokół długiego stołu, przerywając pytaniami wywody referenta, biorąc żywy, spontaniczny udział w dyskusjach. Seminaria przyciągały wielu wybitnych fizyków, m. in. bywał na nich Ehrenfest i Debye. W 1936 r. Herzfeld przeniósł się do Katolickiego Uniwersytetu Ameryki. Tam zainteresowania jego zwróciły się ku elektronowej strukturze cząsteczek wieloatomowych i ku akustyce. Wspólnie z Theodorem A. Litovitzem napisał książkę *Absorption and Dispersion of Ultrasonic Waves* (1959). W r. 1968 Herzfeld przeszedł na emeryturę.

6 lutego 1979 r. zmarł Pierre Résibois, wybitny fizyk belgijski, profesor Wolnego Uniwersytetu Brukselskiego (Université Libre de Bruxelles).

Pierre Résibois urodził się 23 lutego 1936 r. w Etterbeek w Belgii. W latach 1953—57 studiował na Uniwersytecie Brukselskim, z którym związał całą późniejszą działalność naukową. W 1960 r. uzyskał stopień doktora nauk chemicznych po przedstawieniu rozprawy na temat formalnej teorii rozpraszania. Od początków swojej kariery naukowej prowadził badania w Zakładzie Chemii Fizycznej II, kierowanym przez prof. I. Prigogine’a. Stał się wkrótce jedną z najwybitniejszych indywidualności naukowych tego zespołu, przyczyniając się istotnie do wytworzenia w nim twórczego ruchu umysłowego. W 1966 r. P. Résibois został profesorem Uniwersytetu Brukselskiego, uzyskując w późniejszych latach szereg zaszczytnych tytułów naukowych (m. in. był profesorem nadzwyczajnym Instytutu Lorentza w Lejdzie). Wszedł w skład zespołów redakcyjnych wiodących czasopism w dziedzinie fizyki statystycznej (*Physica A*, *Journal of Statistical Physics*), był też członkiem Komisji Termodynamiki i Fizyki Statystycznej IUPAP.

Résibois cechowała wielka pasja poznawcza, inuicja, głębokie rozumienie zjawisk fizycznych oraz szczerzy, udzielający się innym, entuzjazm w pracy naukowej. Stale zapraszany jako wykładowca na najbardziej renomowane konferencje i szkoły fizyki teoretycznej przyczynił się istotnie do wzrostu zainteresowania podstawami mechaniki statystycznej i powstania szeregu prac naukowych z tego zakresu. Jego własny dorobek naukowy, obejmujący 118 publikacji, jest imponujący. Koncentruje się on wokół zagadnień statystycznego opisu osiągnięcia przez układy makroskopowe stanów równowagi termodynamicznej (mikroskopowe podstawy opisu procesów nieodwracalnych, zjawiska relaksacji i transportu, nieelastyczne rozpraszanie neutronów i światła na fazach skondensowanych). Résibois odegrał istotną rolę

w rozwinięciu formalnej teorii równań kinetycznych w oparciu o równanie Liouville'a (wprowadzenie pojęcia „dynamiki korelacji”), wykazaniu równoważności między kinetyczną metodą wyznaczania współczynników transportu i metodą funkcji autokorelacji, podał oryginalne sformułowanie mikroskopowej teorii modów hydrodynamicznych, zastosowanej później do opisu zjawisk transportu w płynach van der Waalsa, był współtwórcą kinetycznego podejścia do badania dynamiki układu spinów Heinsenberga oraz gazu sztywnych kul, podał dowód twierdzenia H dla zmodyfikowanego równania Enskog. Dorobek naukowy Résibois obejmuje też książkę poświęconą mikroskopowej teorii elektrolitów oraz znakomitą monografię przedstawiającą współczesny stan teorii kinetycznej klasycznych płynów (wspólnie z M. De Leenerem).

Résibois cechowała wielka twórcza aktywność naukowa. Był przy tym serdecznym, pełnym radości życia człowiekiem. Utrzymywał bardzo żywą współpracę naukową z fizykami polskimi, odwiedzając wielokrotnie nasz kraj. Odszedł jeden z wybitnych twórców współczesnego nurtu rozwojowego fizyki statystycznej.

Jarosław Piasecki

Zofia z Kowalczewskich Dobrowolska

(1889—1979)

Dnia 13 kwietnia br. zmarła Zofia z Kowalczewskich Dobrowolska, wybitna nauczycielka szkół średnich i wyższych, uzdolniony fizyk. Miała za sobą kilkadziesiąt lat pracowitego życia i gorliwego oddania sprawom fizyki i sprawom młodzieży. Definitywnie zakończyła pracę w szkolnictwie w 82 roku życia. Fizyce była wierna do ostatnich niemal czasów: jeszcze zupełnie niedawno bywała na seminariach i odczytach w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW, z którym była serdecznie związana wspomnieniami swej pracy w okresie międzywojennym.

Zofia Kowalczevska urodziła się 28 listopada 1889 r. w Zgierz, gdzie pobierała pierwsze nauki, w Kielcach zaś ukończyła szkołę średnią handlową, której założycielem i dyrektorem był jej ojciec Albin Kowalczewski.

Fizykę i matematykę studiowała na Wy-

dziale Filozoficznym Uniwersytetu w Genewie. Po dyplomie nauczyla jakiś czas w tejże kieleckiej szkole handlowej, której była absolwentką. W 1915 r. widzimy ją już w Warszawie jako nauczycielkę fizyki i matematyki na pensji Pani Sikorskiej. Z chwilą odzyskania niepodległości pensja została ofiarowana w darze państwu i przekształcona w Państwowe Gimnazjum Żeńskie im. Królowej Jadwigi. Na tej placówce zmarła pracowała chlubnie niemal przez całą resztę lat aż do emerytury (1971 r.) z wyjątkiem okresu 1945—48 tuż po wojnie, gdy znalazłszy się w Małej Wsi (pow. Grójec) zorganizowała tam Gimnazjum Państwowe, którego była dyrektorką. Wróćmy jednak do stymulującego okresu zarania pierwszej niepodległości. Zofia Kowalczevska jest już wówczas osobą znaną w kręgach naukowych Warszawy i w kręgach działaczy oświaty i bierze udział w owocnych ożywionych poczynaniach tych środowisk. Widzimy ją wśród członków-założycieli Polskiego Towarzystwa Fizycznego i wśród członków pierwszego Zarządu tego Towarzystwa — w okresie, gdy jego prezesami byli kolejno prof. Józef Wierusz-Kowalski i prof. Stanisław Kalinowski.

Jednocześnie i niezależnie od swych zajęć nauczycielskich w gimnazjum im. Królowej Jadwigi, zostaje asystentką Zakładu Fizyki w powołanym do życia Uniwersytecie Warszawskim. W roku 1920 prof. Stefan Piętkowski powierza jej odpowiedzialne zadanie kierownictwa pracowni fizycznej dla zaawansowanych studentów (tzw. pracowni II) oraz prac przy organizowaniu tej pracowni. Obowiązki te pełni w ciągu 3 lat. Jest to niewątpliwie miarą rangi, jaką miała Zofia Kowalczevska jako fizyk i dydaktyk. Jednak przy końcu omawianego okresu wycofała się z uniwersytetu i oddała się jedynie pracy nauczycielskiej, którą postawiła na bardzo wysokim poziomie. W gimnazjum im. Królowej Jadwigi zorganizowała znaną w Warszawie pracownię fizyczną dla uczniów. Zajęcia w tej pracowni, jak i cały tok nauczania pięknie owocowały, budząc wysokie uznanie władz szkolnych, a co jeszcze ważniejsze — wysokie uznanie uczennic, wśród których nadal żyje tradycja i pamięć pracy dydaktycznej i wychowawczej Zofii Dobrowolskiej. Koło byłych wychowanek gimnazjum utrzymywało

z nią kontakt towarzyski do ostatnich lat życia. Wiele z jej wychowanek wybrało fizykę jako kierunek studiów wyższych.

W roku 1927 Zofia Kowalczevska wstąpiła w związek małżeński z Kazimierzem Dobrowolskim. Państwo Dobrowolscy mieli dwóch synów.

Przez cały okres okupacji Zofia Dobrowolska była członkiem tajnego nauczania i prowadziła lekcje fizyki na tajnych kompletach gimnazjum im. Królowej Jadwigi.

Wybitne osiągnięcia dydaktyczne Zofii

Dobrowolskiej jako nauczycielki fizyki zostały uhonorowane dyplomem uznania Polskiego Towarzystwa Fizycznego oraz szeregiem wysokich odznaczeń ze strony władz Polski Ludowej. Są to: złota odznaka honorowa m. st. Warszawy, Złoty Krzyż Zasługi oraz Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski.

Odeszła od nas na zawsze osoba wybitna, gorącego serca, wielce zasłużona.

Cześć jej pamięci.

Aniela Wolska

W. Kapuściński

(1898—1979)

Dnia 13 lipca 1979 zmarł Władysław Kapuściński, emerytowany profesor Akademii Medycznej w Warszawie.

Prof. Kapuściński był członkiem Rady Redakcyjnej *Postępów Fizyki* od początku jej istnienia. Był członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego,

w różnych okresach był członkiem Zarządu Głównego PTF i członkiem Zarządu Oddziału Warszawskiego PTF.

Obszerniejsze wspomnienie zamieścimy w jednym z następujących zeszytów.

Informacje dla autorów

Komitet Redakcyjny w celu skrócenia cyklu wydawniczego prosi autorów o opracowywanie materiałów przeznaczonych do druku w „Postęпах Fizyki” zgodnie z podanymi niżej wytycznymi:

1. Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być przystępne dla ogółu fizyków. Bardziej szczegółowe wskazówki co do ich charakteru przedstawione są w *Postępy Fizyki* 24, 701 (1973).

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

3. Maszynopis winien być napisany na arkuszach formatu A4 jednostronnie, z podwójną interlinią (nie więcej niż 30 wierszy na stronie) i marginesem 3,5 cm z lewej strony.

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

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

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

7. Rysunki należy wykonać starannie na oddzielnych arkuszach w formie 2 do 4 razy większej niż mają być w druku. Napisy, ograniczone do minimum, winny być czytelne i tylko w języku polskim. Na odwrocie rysunku należy podać jego numer, nazwisko autora i pierwsze wyrazy tytułu pracy. Podpisy do rysunków, tablice (z ich tytułami) i spis literatury winny być napisane na oddzielnych stronach.

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

9. Spis literatury winien być sporządzony według wzoru:

[1] A. Biały, W. Czyż, *Acta Phys. Pol.* B5, 523 (1974).

[2] A. Bohr, B. R. Mottelson, *Nuclear Structure*, t. 1, Benjamin, New York 1969, str. 100.

[3] N. N. Bogolyubov, D. V. Shirkov, *Vvedenie v teoryu kvantovannykh polei*, Nauka, Moskva 1973, str. 240.

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

10. Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej, którą należy zwrócić w ciągu 3 dni pod adresem: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Dział Czasopism, ul. Smoleńsk 14, 31-112 Kraków. Przetrzywanie korekty może spowodować przesunięcie artykułu do następnego zeszytu.

11. Autor otrzymuje bezpłatnie 25 egz. odbitek pracy. Dodatkowe odbitki można zamawiać odpłatnie przy przesyłaniu korekty autorskiej. Cena z 1 egz. odbitki o objętości 1—16 s. wynosi zł8.—

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

POSTĘPY FIZYKI

(dwumiesięcznik)

Warunki prenumeraty czasopisma

Cena prenumeraty: półrocznie zł 45.—
rocznie zł 90.—

Prenumeratę na kraj przyjmują Oddziały RSW „Prasa—Książka—Ruch” oraz urzędy pocztowe i doręczyciele w terminach:

do dnia 25 listopada na styczeń, I kwartał, I półrocze roku następnego i cały rok następny.

do dnia 10 każdego miesiąca poprzedzającego okres prenumeraty na pozostałe okresy roku bieżącego.

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje i organizacje społeczno-polityczne składają zamówienia w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa—Książka—Ruch”.

Zakłady pracy w miejscowościach, w których nie ma Oddziałów RSW oraz prenumeratorzy indywidualni, zamawiają prenumeratę w urzędach pocztowych lub u doręczycieli.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 50% droższa od prenumeraty krajowej, przyjmuje RSW „Prasa—Książka—Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto PKO nr 1531—71, w terminach podanych dla prenumeraty krajowej.

Bieżące i archiwalne numery można nabywać lub zamówić we Wzorcowni Wydawnictw Naukowych PAN — Ossolineum — PWN, Pałac Kultury i Nauki (wysoki parter), 00-901 Warszawa oraz w księgarniach naukowych „Domu Książki”.

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order stating the period of time, subscriber's name and address can be sent to any subscription agent or directly to Foreign Trade Enterprise ARS POLONA—RUCH, 00-068 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 7, P. O. Box 1001, Poland.,

Please send payments (annual subscription US \$ 18) to the account of ARS POLONA—RUCH through Bank Handlowy S. A. Traugutta 7, 00-067 Warszawa, Poland.

Tylko prenumerata zapewnia regularne otrzymywanie czasopisma

TREŚĆ

W. Królikowski — Siły w chromodynamice kwantowej	307
E. Skrzypczak — Fizyka i jej metody w naukach medycznych	325
RÓŻNE	
J. Werle — Międzynarodowa Unia Fizyki Czystej i Stosowanej — jej historia, struktura i działalność	343
WSPOMNIENIA — ROCZNICE	
M. Jastrzębska — 25 lat Instytutu Fizyki PAN	351
NOWOŚCI NAUKOWE	
R. Sosnowski — Produkcja mezonów powabnych D^+ w zderzeniach protonów	365
ZAGADNIENIA DYDAKTYKI FIZYKI W SZKOŁACH WYŻSZYCH	
D. Tokar, B. Pędzisz — Rozwój dydaktyki fizyki w Czechosłowacji	369
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	
K. Biedrzycki — Ogólnopolskie Seminarium Egzoemisji Elektronów i Zjawisk Towarzystwujących w Karpaczu	373
M. Pluta — XI Kongres ICO w Madrycie	374
H. Wrembel — Konferencja ultramikrośladowej spektroskopii wód morskich w Słupsku	378
RECENZJE	
A. J. Pinton, D. Elwell — Fizyka dla inżynierów (F. Ratajczyk)	379
J. Białek — Wybrane zagadnienia z fizyki (B. Wyslocki)	379
Odповідź na recenzję skryptu <i>Wybrane zagadnienia z fizyki</i> (J. Białek)	380
LIST DO REDAKCJI	
J. Głowacki — W sprawie dydaktyki fizyki w Polsce	383
KRONIKA	

CONTENTS

W. Królikowski — Forces in Quantum Chromodynamics	307
E. Skrzypczak — Physics and its Methods in Medicine	325
MISCELLANEA	
J. Werle — International Union of Pure and Applied Physics — Its History, Structure and Activities	343
RECOLLECTIONS—ANNIVERSARIES	
M. Jastrzębska — 25 Years of the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences	351
SCIENTIFIC NEWS	
R. Sosnowski — Production of Charmed D^+ Mesons in Collisions of Protons	365
PROBLEMS OF TEACHING PHYSICS IN ACADEMIC SCHOOLS	
D. Tokar, B. Pędzisz — The Development of Didactics of Physics in Czechoslovakia	369
MEETINGS AND CONFERENCES	
REVIEWS	
LETTER TO THE EDITOR	
CHRONICLE	