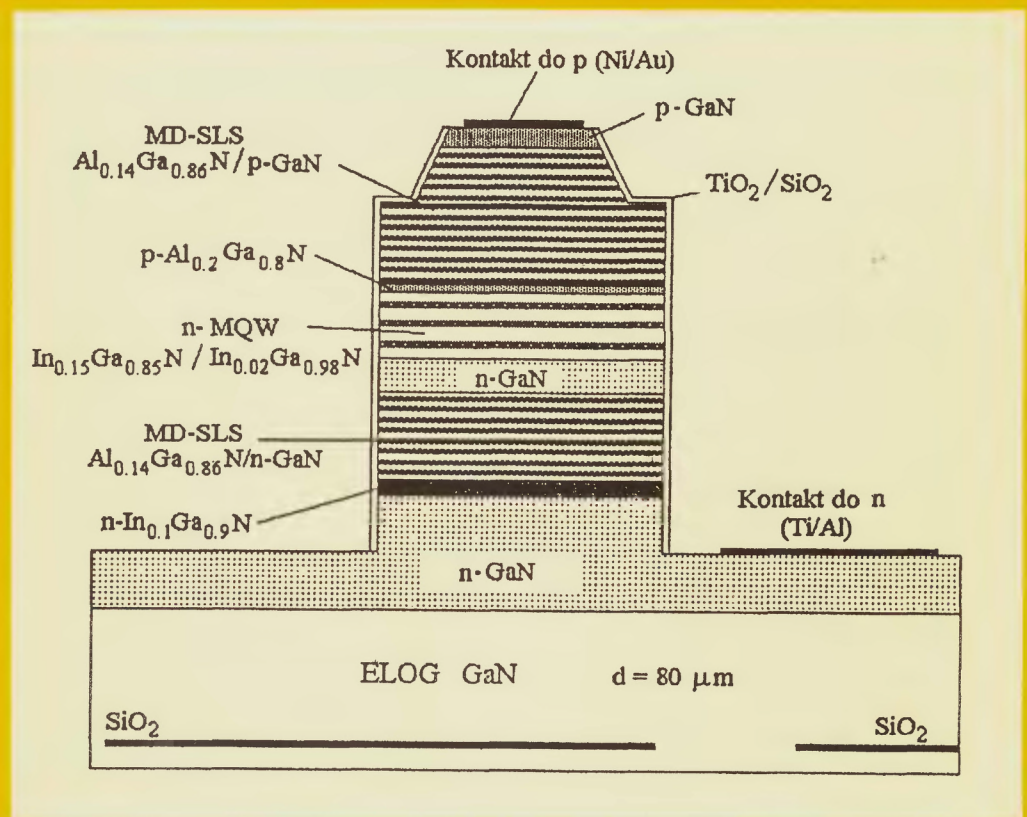


POSTĘPY FIZYKI

TOM **50** ZESZYT **6** ROK **1999**



DWUMIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



LASERY NIEBIESKIE

NIEZWYKŁE WŁASNOŚCI KWAZIKRYSTAŁÓW

WYKŁAD NOBLOWSKI DANIELA TSUI

DUCH ELEKTRONIKI, CZYLI ZAWIŁA HISTORIA KRZEMU

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Prezes: Prof. Ireneusz Strzałkowski
Wiceprezesi: Prof. Krzysztof Ernst
Prof. Karol I. Wysokiński
Sekretarz Generalny: Prof. Maciej Kolwas
Skarbnik: Dr hab. Witold D. Dobrowolski
Członkowie ZG: Prof. Katarzyna Chałasińska-Macukow
Prof. Bogdan Cichocki
Prof. Wojciech Gawlik
Prof. Jerzy Nowak
Prof. Jerzy Warczewski
Mgr Urszula Woźnikowska-Bezak

REDAKTORZY NACZELNI CZASOPISM PTF

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

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

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

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

POSTĘPY FIZYKI

RADA REDAKCYJNA

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

KOMITET REDAKCYJNY

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

KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

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

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

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

Z dawniejszych zeszytów *Postępów Fizyki*

In past issues of *Postępy Fizyki*

Sprawa popularyzacji wiedzy, tak bliska i ważna dla *Postępów Fizyki*, była zawsze i chyba też zawsze będzie aktualna. O popularyzacji fizyki pisał niedawno Jacek Turnau (*PF* 49, 158 (1998)). Zagadnienie to było też dyskutowane na ostatnim Zjeździe Fizyków Polskich (patrz *PF* 50, zeszyt dodatkowy, 29 (1999)).

Korzystając z jubileuszu *Postępów*, popatrzmy co sądzili o tej sprawie fizycy dawniej. Przypomnimy tu cztery wypowiedzi. Dwie spośród nich pochodzą jeszcze z czasów przedwojennych od Ludwika Wertensteina, znanego fizyka jądrowego, ucznia i asystenta Marii Skłodowskiej-Curie (a z kolei nauczyciela dwóch innych znanych fizyków: Józefa Rotblata i Mariana Danysza), kierownika Pracowni Radiologicznej Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, wykładowcy Wolnej Wszechnicy Polskiej w Warszawie, znanego przed wojną popularyzatora nauki. Są to dwa felietony pt. „Popularyzacja” i „Kij o dwóch końcach”, zamieszczone w *Postęпах* 15 lat temu (*PF* 35, 397 (1984)), a pochodzące z książki *Pochwała fizyki* (Wyd. J. Przeworskiego, Warszawa 1935).

Trzecia wypowiedź to artykuł Janusza W. Ostrowskiego pt. „W sprawie popularyzacji fizyki” (*PF* 4, 122 (1955)). Dr hab. Janusz Ostrowski w latach 60. zajmował się fizyką półprzewodników (był kierownikiem Zakładu Zjawisk Fotoelektrycznych w Półprzewodnikach IF PAN), a w latach 1970–93 przebywał w USA, gdzie konstruował aparaturę biomedyczną. Obecnie, po powrocie do Polski, uprawia popularyzację nauki oraz „naukę o nauce” (science of science).

Czwartą jest wypowiedź Stanisława Ziemeckiego pt. „O popularyzacji w ogóle i o popularyzacji fizyki w szczególności” (*PF* 4, 125 (1955)). Stanisław Ziemecki był w latach 1909–39 profesorem Wyższej Szkoły Budowy Maszyn i Elektrotechniki im. Wawelberga i Rotwanda, a od 1920 r. SGGW, od 1945 r. zaś profesorem na UMCS. Był także współautorem podręczników szkolnych oraz znanym popularyzatorem wiedzy (patrz jego książki: *Promieniowanie i materia* (1932, współautor S. Szczeniowski) oraz *Światło widzialne i niewidzialne* (1947)). Był członkiem założycielem PTF.

Artykuły przedrukowujemy bez żadnych zmian, nawet ortograficznych.

Ciekawe, czy uznają Państwo te dawne wypowiedzi, a szczególnie dwie pierwsze, sprzed ponad 60 lat, za zupełnie przestarzałe i nieaktualne.

Redakcja

Popularyzacja

Ludwik Wertenstein (1935)

Życzliwi mi czytelnicy „Kurjera Porannego” często dzielą się ze mną uwagami z powodu „feljetonu naukowego”. Na ogół nie szczędzą mi pochwał, które sprawiają mi wielką przyjemność, ponieważ uważam popularyzację nauki za rzecz ważną, a przede wszystkim możliwą. Chcę powiedzieć przez to, że wierzę w możliwość przystępnego przedstawienia zagadnień i zdobyczy naukowych, nawet takich, które z pozoru nie nadają się do popularyzacji ze względu na zawartą w nich zbyt wielką dawkę matematyki lub innych wiadomości pomocniczych. Uważam, że ten stosunek, jaki się wytworzył między uczonymi i publicznością jest szkodliwy dla obu stron. Uczony nie jest żadną istotą wyjątkową, jest naogół, poza przysłowiem roztargnieniem – zwyczajnym człowiekiem, dzieckiem swojego czasu. Nauka nie jest czemś oderwanym od życia, lecz częścią życia. Zagadnienia, jakie bada, nie są igraszkami umysłowymi, lecz zagadnieniami ogólnoludzkimi, wynikają logicznie z ducha epoki, ich rozstrzygnięcie jest potrzebą społeczną, taką samą jak np. elektryfikacja, lub ubezpieczenia pracowników. Sfery naukowe są jednym z organów społeczeństwa. Ale każdy organizm może ulegać zwyrodnieniu, np. wskutek braku koordynacji między jego częściami. Taki niezdrowy, moim zdaniem, stan rzeczy charakteryzuje dzisiejszy stosunek wzajemny uczonych i społeczeństwa. Jego sprawcami są dwa nasze bóstwa: Wydajność i Specjalizacja. Uczony nie chce udzielać się zwyczajnym śmiertelnikom, bo to może zmniejszyć wydajność jego pracy, na to „szkoda czasu”. Najczęściej zresztą nie potrafi tego uczynić, gdyż specjalizacja zagłusza w nim pierwiastki ogólnoludzkie. Pamiętajmy, że sposobem porozumiewania się między ludźmi jest język. Otóż główną przyczyną izolacji społecznej uczonych jest utworzony wskutek specjalizacji język naukowy. Język naukowy jest wytworem niezmiernie abstrakcyjnym i skondensowanym – jest narzędziem pracy pierwszorzędного znaczenia, gdyż pracownikom daje możliwość szybkiej i niedwuznacznej wymiany myśli. To też daleki jestem od powstawania przeciwko językowi naukowemu. Ubolewam tylko nad tem, że uczeni zatracają czę-

sto zdolność posługiwania się w zastosowaniu do rzeczy nauki językiem „zwyczajnym”. Popularyzacja nie jest niczem innym, jak przywróceniem językowi powszechnemu należnych mu praw. A ponieważ język jest więzią społeczną, przeto popularyzacja jest funkcją społeczną *par excellence*, jest nawiązaniem łączności między społeczeństwem i jego dzieckiem – niech mi będzie wolno powiedzieć: „najlepszym dzieckiem”: uczonym.

Niewątpliwie łączność ta istnieje również niezależnie od popularyzacji. Przecież uczony jest zwykle profesorem, jest zatem w bliskim kontakcie z najbardziej wrażliwym odłamem społeczeństwa: młodzieżą. Ale nauczanie akademickie stoi pod znakiem specjalizacji, nie może odegrać roli szerokiej, spławnej rzeki, przez którą dobrodziejstwa nauki spływają do morza świadomości narodu, nie jest zejściem uczonych między lud, lecz powoływaniem oddzielnych jednostek do obozu specjalistów. Mówię: oddzielnych jednostek, gdyż nieliczni są ci, w których wykłady zdołają rozniecić iskrę zapału dla nauki; większość traktuje studia, jako rodzaj pośredniego przymusu, jako musztrę intelektualną niezbędną do zdobycia posady lub wogóle t. zw. stanowiska. I znowu muszę się zastrzec przeciwko złemu zrozumieniu tych słów. Uniwersytety są konieczne, nauczanie zorganizowane, prowadzone w języku fachowym, języku uprzywilejowanych jest, że się tak wyrażę klasową potrzebą naukowego stanu, który musi dbać o uzupełnienie swoich katedr, o utrzymanie ciągłości swych prac. Bez wątpienia nauczanie akademickie jest pożyteczniejsze od popularyzacji, w tym sensie w jakim zwykliśmy rozumieć użyteczność, gdyż służy bezpośrednio bóstwom epoki: Wydajności i Specjalizacji.

Bóstwa epoki... Czy nie przeżywamy zmiernych bogów? Czy nie powstaje w nas bunt przeciw mechanizacji życia, przeciw rozkawałkowaniu duszy ludzkiej?

Czy nie wdychamy jak do niedościgłej utopii, do innej zamierzchłej epoki, kiedy istniał naród filozofów, kiedy dysputy prowadzone przez Sokratesa, Platona, Arystotelesa były częścią życia publicznego?

Czas już, najwyższy czas zasypać przepaść, która utworzyła się między uczonymi i „nieuczonymi”. Marzy mi się społeczeństwo, którego „zjadacze chleba” – niekoniecznie przerobieni na aniołów – braliby sobie do serca wydarzenia naukowe, jednoczyliby się – bodaj uczuciowo – z walką o poznanie natury prowadzoną na froncie – na ich froncie – badania naukowego. Może dożyjemy czasów, gdy ludzie witając się, będą sobie mówili z przejęciem: „wczoraj odkryto promienie «omega»” lub „rozbito atomy «lukrecjum»” (nazwy zmyślane), jak dziś opowiadają sobie o spadku dolara, mowie Hitlera, lub wyczynie Wasiliewiczówny. Bądź co bądź dolary i Hitlerzy spadają szybko, a zdobycze nauki są trwałe, są może jedynym trwałym dobytkiem ludzkości.

Wierzę w tę idealną przyszłość, w zespolenie nauki ze społeczeństwem i przepojenie życia duchem nauki. Ta wiara zachęca mnie, pobudza do popularyzacji nauki. Ale pomimo pochlebnych głosów, jakie mnie dochodzą, mam poważne wątpliwości co do tego, czy artykuły moje są istotnie pożyteczne. Często słyszę głosy: „Bardzo zajmujące, ale ja już nie pamiętam fizyki i nie

mogę ich zrozumieć”. Pragnąłbym bardzo wiedzieć czy większość czytelników również uważa artykuły moje za zbyt trudne. Jest to dla mnie bardzo ważne, gdyż piszę je oczywiście po to, by były zrozumiane. Krytykowi, który mówi, że zapomniał fizyki, odpowiem, że pisząc moje feljety, sam staram się zapomnieć nie fizykę, tego już nie potrafię – lecz to, że moja znajomość z fizyką jest starej daty i usiłuję przypomnieć sobie, jak to było, kiedy ją poznałem, kiedy spoglądałem na nią oczyma rozkochanego młodzieńca. Być może nie zdołałem jeszcze wykonać tej pracy nad samym sobą, jakiej wymaga „prosta rozmowa o zawiłych rzeczach”; wbrew własnemu programowi nie umiem nawet zzuć z siebie skóry specjalisty.

Zdaje mi się jednak, że w interesie popularyzacji nie jest konieczne, by czytelnik zrozumiał wszystko, co mu autor podaje. Wszak chodzi tu przede wszystkim o propagandę, o wytworzenie solidarności atmosfery z wysiłkami uczonych, o wzbudzenie sympatii dla ich dążeń, podziwu dla osiągniętych przez nich rezultatów. Droga do poznania wiedzie przez uczucie. „Miej serce i patrzaj w serce”.

Kij o dwóch końcach

Ludwik Wertenstein (1935)

Kilka miesięcy temu pewien oryginał przesłał mi swoją pracę, w której udowodnił jak na dłoni, że słynny Newton nie był wielki za jakiego go uważała i uważa dotąd naiwna ludzkość. Z teorii jego wynika bowiem, że we wnętrzu wszystkich ciał niebieskich, a w szczególności słońca i naszej ziemi istnieje olbrzymie ciśnienie. Natomiast mój korespondent dowiódł, że ciśnienie w środku ziemi musi równać się zeru, ponieważ punkt środkowy jest przyciągany jednakowo przez symetrycznie rozmieszczone części globu ziemskiego i wskutek tego wszystkie działające na niego siły równoważą się. Po kilku dniach autor broszury złożył mi wizytę, chcąc słyszeć mą opinię o swem genialnym odkryciu. Staralem się jak mogłem, nie urażając go, wyjaśnić mu źródło jego błędu i wytłumaczyć różnicę między siłą i ciśnieniem; nie udało mi się jednak go przekonać. Po bezowocnej dyskusji gość mój zaproponował mi, bym mu pozwolił wygłosić referat na zebraniu Towarzystwa Fizycznego, po-

nieważ inni fizycy mogą lepiej ocenić jego pracę. Gdy sprzeciwiłem się temu kategorycznie, pożegnał się, mówiąc z goryczą: Czy to jest wolność opinii naukowej?

Niewątpliwie ten pan ma o mnie złe wyobrażenie: uważa mnie za kogoś w rodzaju Torquemady, zaślepionego w dogmatach „prawowiernej” nauki i bez litości tępiącego herezje, choćby pochodziły od ludzi genialnych jak on. Nie odczuwam jednak wyrzutów sumienia. Zajęcie uczonego nie jest kapłaństwem, system nauki nie jest sztywny i zamknięty, wprost przeciwnie, jego racją bytu jest gotowość poddawania się w każdej chwili nieubłaganej krytyce Najwyższej Izby Kontroli Natury, czyli eksperymentu. Zwłaszcza ostatnie lata przyzwyczyły nas do nieustannych zmian, ewolucji poglądów, a nawet do rewolucyj burzących to, co się nam wydawało najtrwalsze. Zasada względności nauczyła nas, że czas, długość, masa są pojęciami względnymi, że wzorzec metra przewożony

w dostatecznie szybko mknącym samolocie jest krótszy (o jedną miliardowo-miljonową!!!) od takiego samego wzorca spoczywającego w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag; że pilot tego samolotu notuje na swym wybornie chodzącym zegarku krótszy (o jedną miliardowo-miljonową!!!) czas przelotu niż kontrolerzy linii lotniczej. Nauka o promieniotwórczości przekonała nas o zmienności i nietrwałości pierwiastków. Teoria kwantów doprowadziła do wyrzeczenia się postulatu przyczynowości, który wydawał się fundamentem całego gmachu wiedzy o przyrodzie. Najśmielsze pomysły przestały nas dziwić; z uśmiechem na ustach chodzimy po terenie zapełnionym ruinami i rusztowaniami, co chwila wznoszonych budowli; zaledwie która z nich zostanie wykończona, urządzamy się w niej z całym spokojem, nie dbając o to, czy jej jutro nie zburzy trzęsienie ziemi. Nie jest to napewno dogmatyczne nastawienie umysłu. A jednak w tem, co mój gość powiedział, jest wiele prawdy; wyznajemy pewne niezłomne kanony, tworzymy rodzaj kasty, co prawda niezupełnie zamkniętej, ale przyjmującej do swych misterjów jedynie tych, którzy przebyli długotrwałą i uciążliwą próbę okresu wtajemniczenia.

Wydawałoby się, że pisząc te słowa, popełniam wielką niekonsekwencję, ponieważ od dłuższego czasu poświęcam z zapałem wiele wysiłków udostępnianiu zdobyczy nauki, otwieraniu nadościerz podwoi jej przybytku. Z rozmysłem jednak czynię to w taki sposób, aby w granicach możliwości nie przyczynić się do pomnażania najgorszej odmiany *homo sapiens*, dyletanta, który sądzi, że zjadł wszystkie rozумы. Napewno niezawsze mi się to udaje. Popularyzacja jest kijem o dwóch końcach, jeden koniec czyni dobro, a drugi zło, jeden jest prawdą, a drugi fałszem, jeden niesie dobrą nowinę, a drugi gorszy maluczkich. W ostatnich czasach literatura popularno-naukowa w Polsce rozwinęła się znakomicie; wyszło wiele doskonałych książek, które – jak mogę sądzić na podstawie rozmów z wydawcami – znajdują liczne rzesze czytelników. Zagadnienia naukowe zaczynają w umysłach publiczności rywalizować nawet z tematami, które do niedawna były jedynym przedmiotem zainteresowania, ze sportem, polityką, teatrem. Jednakże w łatwości, z jaką przyswajana jest ta strawa duchowa, kryje się poważne niebezpieczeństwo. Jeans stał się prawie tak modny, jak Wallace; nieraz zdarzało mi się, że wytworna pani

domu, w zrozumieniu swych obowiązków gościnności, skierowywała rozmowę ze mną na Jeansa, podobnie jak pianistę zabawiałaoby Ravelem lub Szymanowskim. Pewien młody mój przyjaciel, interesujący się marksizmem, studjuje z zapałem Jeansa i Eddingtona, aby szukać w nich argumentów na korzyść... materjalizmu dziejowego.

Są to oczywiście działania złego końca kija popularyzacji, objawy blagi i powierzchowności. Nie ulega wątpliwości, że dla czytelnika, mającego skłonności w tym kierunku, literatura popularno-naukowa jest wręcz szkodliwa: syci te skłonności, ułatwia „zadawanie szyku” naukowemu terminami i wysługiwanie się niedokładnie lub zgoła fałszywie rozumianymi pojęciami w celach, które nie mają nic wspólnego z nauką. To ostatnie zjawisko uderza zwłaszcza w metodach współczesnej propagandy politycznej. Wszechwładztwo nauk przyrodniczych zmusza nawet autokratów do liczenia się z nimi. W krajach, gdzie wszystkie dziedziny życia zostały opanowane przez panujący kierunek polityczny, zdobycze nauki są wprzęgane w rydwan triumfującego w danej chwili programu. Nie czynią tego rzecz prosta uczeni, lecz niedouczzone pismaki, karmione literaturą popularno-naukową. Kwiatki takiego dyletantyzmu warzącego różne bigosy pseudo-naukowe spotykamy u naszych sąsiadów wschodnich i zachodnich, z tą różnicą, że dla jednych przyprawą jest zagadnienie determinizmu lub budowy materji, dla drugich teorie antropologiczne.

Niewątpliwie mój „genjalny” krytyk Newtona jest również ofiarą popularyzacji nauki. Należy on zresztą do dość często spotykanego typu dyletantów, zajmujących się reformowaniem nauki, tworzeniem światoburczych teoryj, lub sensacyjnych wynalazków. Z dawnych czasów ta kategoria ludzi zajmowała się ze szczególnem upodobaniem kwadraturą koła, trysekcją kątu, budową *perpetuum mobile* i wynajdowaniem dowodu słynnego twierdzenia Fermata. I dzisiaj jeszcze zdarzają się konstruktorzy *perpetuum mobile*; jeden z nich – woźny w instytucji, którą często odwiedzam – wynalazł „sposób” zużytkowania w tym celu elektryczności atmosferycznej. Jednakże ulubionym tematem dzisiejszych reformatorów nauki są teorie alchemiczne lub próby przetwarzania pierwiastków na większą skalę. Ta ostatnia sprawa ma czasem niemiły posmak szarlatanerii, jak np. w niedawnym, a głośnym procesie Dunikowskiego.

Nie należy jednak zbyt przejmować się temi ujemnymi skutkami popularyzacji nauki. Jestem głęboko przekonany, że ogromna większość jej adeptów odnosi z niej istotną korzyść, ponieważ bierze to, co książki popularne naprawdę dają, co jedynie dać mogą – mianowicie skrócony

i uproszczony obraz zdobyczy nauki, uwydatniający ich piękno i pożytek, oraz budzący zamiłowanie do nauki i cześć dla jej twórców. I dlatego nie zamierzam odkładać kija o dwóch końcach, lecz posługiwać się nim nadal, pilnie uważając, by uderzał tylko dobrym swym końcem.

W sprawie popularyzacji fizyki

Janusz W. Ostrowski (1955)

Pragnę zagaić dyskusję nad popularyzacją fizyki. Oto parę wstępnych przesłanek i tez.

1. Dużo i coraz więcej wydaje się u nas książek popularno-naukowych. Popularyzacja obejmuje coraz bardziej rozległe dziedziny nauki oraz coraz liczniejsze i różnorodniejsze grono odbiorców, począwszy od członków Polskiej Akademii Nauk a skończywszy na młodzieży odległych wsi.

2. Z faktu różnorodności dziedzin popularyzowanych oraz z silnego zróżnicowania poziomu i charakteru grup odbiorców wynikają pierwsze zagadnienia natury ogólnej:

- a) Czy wszystkie nauki należy popularyzować w ten sam zasadniczo sposób, czy też każdą naukę zupełnie inaczej?
- b) Jak popularyzować w zależności od poziomu czytelnika, dla którego przeznaczamy popularyzację.

Z tym łączy się kardynalny problem wstępny, dotyczący każdej popularyzacji:

I. Jakie jest minimum poziomu, poniżej którego popularyzacja jest bezsensowna, gdyż wskutek niskiego poziomu czytelnika zbyt duża powstanie rozbieżność między obrazem, jaki sobie wytworzy czytelnik, a tym, co jest w rzeczywistości.

3. Ani zagadnień a) i b), ani problemu I nie sprecyzujemy dostatecznie, dopóki nie postawimy należycie i nie rozwiążemy bodaj wstępnie problemu najbardziej podstawowego, a mianowicie:

II. Jaki jest cel popularyzacji w ogóle, a cel popularyzacji fizyki w szczególności?

A więc na przykład, czy po to należy popularyzować fizykę, aby zwerbować w ten sposób kan-

dydatów na studia i zwiększyć przez to kadry fizyków, czy też po to, aby więcej było amatorów fizyków, którzy przecież nieraz przyczyniają się do rozwoju fizyki (np. odkrycie przez amatorów krótkofalowców fal długości około 1 m, wysyłanych przez gwiazdy), czy też po to, aby ludzie znali coś niecoś z fizyki i stosowali te wiadomości w życiu prywatnym i w pracy zawodowej; czy też po to, aby ludzie podziwiali piękno praw i zjawisk, by wiedzieli o tych niezwykłych i niewidzialnych i niewyobrażalnych światach i w ten sposób zaspokajali swoje potrzeby intelektualne; czy też po to, aby dać ludziom podstawy do wytworzenia sobie (lub przyjęcia z zewnątrz) „przyrodniczego”, „naukowego”, „materialistycznego” poglądu na świat; czy też po to, aby społeczeństwo zrozumiało, czym jest nauka, by zrozumiało, jak odrębną od wszelkich innych prac jest praca naukowa, by nabrało pozytywnego stosunku do nauki i z kolei ułatwiało jej rozwój*, by zrozumiało rolę, jaką nauka już odgrywa i w przyszłości odegrać może w życiu ludzkości. Oto kilka możliwych celów popularyzacji, podanych w wielkim skrócie. Wyraźnie widać, że sprawa nie jest prosta ani łatwa. Widać również, że kryteria oceny jakości popularyzacji zależą od obranego celu.

4. Nie mając wyraźnie sprecyzowanego celu popularyzacji możemy pomimo to próbować szukać cech dobrej popularyzacji, a to dlatego, że milcząco zakłada się jakiś mniej lub bardziej określony cel. I dopiero przy precyzowaniu cech i warunków dobrej popularyzacji cel jej będzie się stawał bardziej określony, z drugiej zaś strony w miarę precyzowania celu wyraźniejsze się staną cechy i warunki dobrej popularyzacji.

* Tyczy się to też urzędników wszelkich kategorii, którzy jakże często swym urzędniczym brakiem zrozumienia utrudniają pracę naukową.

Naszkieowana tu droga, którą można by nazwać indukcyjną, „empiryczną”, jest chyba na łamach *Postępów Fizyki* najbardziej wskazana.

5. W ostatnim punkcie wstępnej dyskusji należałoby zdać sobie sprawę z osobliwości fizyki jako nauki, wynikać stąd bowiem mogą osobliwości w popularyzacji. Na przykład to, że fizyka używa najwięcej pojęć niezwykłych, nowych, że jej język najbardziej z języków wszystkich nauk realnych odbiegł od języka zwyczajnego, przednaukowego, co z kolei doprowadza do wyrażania praw fizyki jak i szukania nowych za pomocą matematyki – ta osobliwość na pewno musi być wzięta pod uwagę przy dobrej popularyzacji.

Albo taka osobliwość, jak istnienie całych działów fizyki nie podlegających modelowemu

przedstawieniu, nie mieszczących się w zwykłych naszych wyobrażeniach o świecie i jego prawach, też stanowić powinna osobliwość w popularyzacji.

A więc do wstępnej dyskusji nad popularyzacją fizyki mamy następujące zagadnienia:

I. Minimum poziomu czytelnika, poniżej którego popularyzacja udać się nie może.

II. Cel popularyzacji nauki w ogóle, a fizyki w szczególności.

4) Cechy dobrej popularyzacji.

5) Osobliwości fizyki jako nauki mające wpływ na osobliwości popularyzacji fizyki; zagadnienia a) i b) punktu 2 zasadniczo zawierają się już w powyższych czterech problemach wstępnych.

O popularyzacji w ogóle i o popularyzacji fizyki w szczególności

Stanisław Ziemecki (1955)

Jak niektórzy sądzą, Helmholtz był ostatnim uczonym, który ogarniał całokształt fizyki swych czasów. Obecnie specjalizacja posunęła się tak daleko, że zazwyczaj fizyk zna zupełnie dokładnie mały odcinek swej dziedziny, o postępach w innych działach fizyki pragnie być poinformowany w ogólnych zarysach. Dotyczy to, rozumie się, również innych nauk. Fizjolog, który zajmuje się układem nerwowym, nie może czytać czasopism specjalnych z dziedziny chemii fizjologicznej. Zoolog, który uprawia anatomie porównawczą kręgowców nie zna najnowszych badań nad pierwotniakami. Podobnie – w matematyce, w mikrobiologii itd.

Specjalizacja jest złem koniecznym. Jest jednak złem, z którym walczymy, gdyż zbytne zacieśnienie horyzontu umysłowego wyjąławia, prowadzi w pracy badawczej do ślepych uliczek, do nic nie znaczących przyczynków.

Z powyższych przesłanek wynika, że nawet naukowcy, stanowiący elitę inteligencji, powinni mieć do swej dyspozycji przynajmniej dwa rodzaje wydawnictw: te, które informują o postępach w dziedzinie należącej do zakresu ich specjalności, oraz czasopisma, które by ich zaznajamiały z nowymi zdobyczami na całym obsza-

rze nauk przyrodniczych. Popularyzacja na tym najwyższym szczeblu polegałaby na omawianiu tylko rzeczy najbardziej istotnych, na kreśleniu biegu myśli naukowej jedynie w głównych liniach, na podawaniu dobrze wybranego materiału faktów i danych doświadczenia. Powinny być pominięte szczegółowe wyprowadzenia wzorów, dalej – dane eksperymentalne, interesujące jedynie specjalistów; byłaby też zbędna długa litania nazwisk dla czytelnika obojętnych. Rozumie się, sytuacja jest odmienna, gdy chodzi nie o czasopisma informujące, lecz dające syntetyczne ujęcie zagadnień ludziom, którzy pracują lub zamierzają pracować naukowo w jakiejś wybranej dziedzinie. Mam tu na myśli takie na przykład wydawnictwa jak *Reviews of Modern Physics*. Choć *Postępy Fizyki* w ostatnich czasach dają artykuły o charakterze znacznie mniej specjalnym, niż to czyniły dawniej, to jednak nie sądzę, by można było twierdzić, że są „czasopismem poświęconym upowszechnianiu wiedzy fizycznej”.

Co się tyczy naszych pism popularnonaukowych (*Problemy, Wszechświat*), ma się wrażenie, że redakcje ich zbyt mało okazują inicjatywy w wyborze tematów, poprzestając przede wszystkim na materiale nadsyłanym przez auto-

rów. Poza tym poziom artykułów w pismach tych jest dość nierówny.

Z tych krótkich uwag, dotyczących tylko wyższego poziomu popularyzacji, widzimy, że sprawa nie jest tak prosta, jak o tym na ogół mniemają ludzie wędrujący po szczytach nauki. Jeżeli znów zwrócimy uwagę na to, jak skomplikowanym tworem jest społeczeństwo nowoczesne, a dalej, jak wielką rolę gra dziś nauka w życiu, jakie ma olbrzymie znaczenie ekonomiczne, nie mówiąc już o wpływie na poglądy filozoficzne, dostrzeżemy łatwo, że nie jest rzeczą możliwą, a nawet pożądaną, poddać zagadnienie popularyzacji nauki szczególnej analizie i dokonać schematycznej klasyfikacji wszelkich możliwych przypadków. Poszlibyśmy tu drogą tak miłą sercu każdego biurokraty, który widzi ideał w tym, żeby ująć w drobniakowe rubryki wszystkie niezmiernie różnorodne przejawy życia społecznego. Rząd nasz zwalcza biurokrację. Jeden z niedawnych okólników Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego przewiduje nawet nagrody dla osób, które wyróżniły się na polu walki z biurokratycznymi metodami pracy. Niemniej tak w ministerstwach, jak i w urzędach mamy jeszcze spory zastęp biurokratów starego typu. Łatwo sobie wyobrazić, co by się stało, gdyby ci ludzie wzięli w swe ręce popularyzację nauki. Prawdopodobnie założyliby osobne teczki dla popularyzatorów. Każdy w ankiecie 32-stronicowej musiałby podać wykaz nie tylko tych rzeczy, które już ogłosił, lecz i tych, które zamierza napisać w ciągu najbliższego dziesięciolecia, podając liczbę stronic, ilość ilustracji kreskowych i siatkowych, a dalej – książki już wydane i jeszcze nie wydane, które zamierza przeczytać. Biurokraci dostrzegliby niewątpliwie, że dotychczasowy system dwu ocen jest wadliwy. Przecież należałoby uzgodnić tekst z referatami co najmniej pięciu zainteresowanych ministerstw. Autor byłby więc obowiązany do składania redakcjom wydawnictw popularnonaukowych nie 5, lecz 25 maszynopisów (oczywiście –

wszystko na koszt autora!); w ostatecznym rozrachunku zostawałoby mu jednak przeszło 20% umówionego honorarium.

Interesujący artykuł P. J. Ostrowskiego, poświęcony zagadnieniu popularyzacji, jest niewątpliwie bardzo pożyteczny, gdyż zmusza do zastanowienia się nad różnymi problemami, które wiążą się z omawianą sprawą. Jak już zaznaczyłem wyżej, szczegółowe roztrząsanie rodzajów popularyzacji jak również jej celów, które są i muszą być najrozmaitsze, wydaje mi się zbędne. P. J. Ostrowski przeoczył pewien społeczny nader ważny rodzaj systematycznej popularyzacji, mianowicie – podręczniki szkolne. Już one dają odpowiedź na pytanie, jak daleko w dół może sięgać popularyzacja fizyki. Uczniowie szkół podstawowych uczą się fizyki po raz pierwszy w klasie 5, gdy jako tako opanują arytmetykę. To samo dotyczy dorosłych. Niżej podpisany był obecny na bardzo ciekawych doświadczeniach prowadzonych wykładach dla robotników; większość słuchaczy znała tylko podstawowe działania arytmetyczne na niezbyt wielkich liczbach całkowitych. A jednak widać było po twarzach i po zapytaniach, że biorą żywy, bezpośredni udział w prelekcji.

Podręczniki szkół zawodowych pokazują, jak można i należy przystosowywać treść nauczania do potrzeb praktycznych. Niemożliwe są tu wskazania ogólne. Niepodobnieństwem byłoby też określić granicę górną popularyzacji. Jest pewne, że zupełnie abstrakcyjne teorie, zwłaszcza o charakterze matematycznym, nie nadają się do upowszechnienia.

Jedno też jest niewątpliwie, autor książek i artykułów przeznaczonych dla nie-specjalistów powinien umieć dokonać wyboru materiału naukowego i orientować się w psychice swych czytelników. Jeżeli jest nieudolny i nieinteligentny, żadne rady i wskazówki nie pomogą.

Lasery niebieskie*

Jacek M. Baranowski

Institut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski

Blue lasers

Abstract: Development of blue light emitting electroluminescence diode and blue laser is presented. It is shown that these developments are directly related to heteroepitaxial growth of nitrides. Epitaxial Lateral Overgrowth technique has been a breakthrough in nitride heteroepitaxy and finally led to creation of blue laser with a long lifetime. The mechanism responsible for the laser action connected with formation of localized states due to indium fluctuation in InGaN quantum well is discussed.

1. Wstęp

Już w latach siedemdziesiątych pojawiły się w literaturze naukowej doniesienia wskazujące na potencjalne znaczenie azotku galu (GaN) w dziedzinie krótkofalowych źródeł światła [1–3]. Jednakże trudności w otrzymaniu dobrej jakości warstw monokrystalicznych oraz materiału typu p na wiele lat zahamowały praktyczne zastosowania GaN. Dopiero użycie niskotemperaturowego bufora [4,5] oraz otrzymanie GaN typu p [6,7] zainicjowało szybki rozwój badań nad azotkami w latach dziewięćdziesiątych. Podstawową techniką otrzymywania warstw GaN była i jest do chwili obecnej heteroepitaksja metodą MOCVD (Metal-Organic Chemical Vapour Deposition). Epitaksja warstw półprzewodników nanoszonych na podłożu o innej stałej sieci niż stała warstwa nosi nazwę heteroepitaksji. Naprężenia wywołane różnicą stałych sieci są rozładowywane poprzez powstanie licznych defektów strukturalnych, w tym dyslokacji. Jest to poważny mankament procesów heteroepitaksjalnych. Pozbawione są go procesy homoepitaksjalne, prowadzone na podłożu o tej samej stałej sieci co hodowana war-

stwa. Podstawowym problemem epitaksji azotku galu jest brak podłoży o stałej sieci odpowiadającej GaN i o rozmiarach nadających się do zastosowań przemysłowych. Jedyne jak dotąd na świecie płytki monokrystalicznego GaN, hodowane w Centrum Badań Wysokociśnieniowych (CBW) PAN metodą wysokociśnieniową, mimo że osiągnęły obecnie średnicę ok. 10 mm, są stale zbyt małe, by mogły zapewnić homoepitaksji miejsce w szerokich zastosowaniach przemysłowych.

Obecnie powszechnie stosowanym podłożem w przemysłowej epitaksji azotków jest szafir. Niedopasowanie stałych sieci w tym przypadku sięga 16%. Tak duża różnica stałych sieci powoduje generację dużych gęstości dyslokacji w hodowanej warstwie. Gęstości tzw. dyslokacji przenikających w heteroepitaksjalnych warstwach GaN sięgają 10^{10} – 10^{11} cm^{-2} . Mimo tak dużych gęstości dyslokacji w dziedzinie zastosowań azotków uzyskano niezwykle sukcesy. W ostatnich pięciu latach otrzymano bardzo jasne elektroluminescencyjne diody światła niebieskiego, zielonego i białego, które obecnie są już w sprzedaży. Jednakże największym sukcesem było skonstruowanie przez Shuji'ego Nakamurę niebieskiej diody lase-

*Wykład plenarny wygłoszony na XXXV Zjeździe Fizyków Polskich w Białymstoku we wrześniu 1999 r.

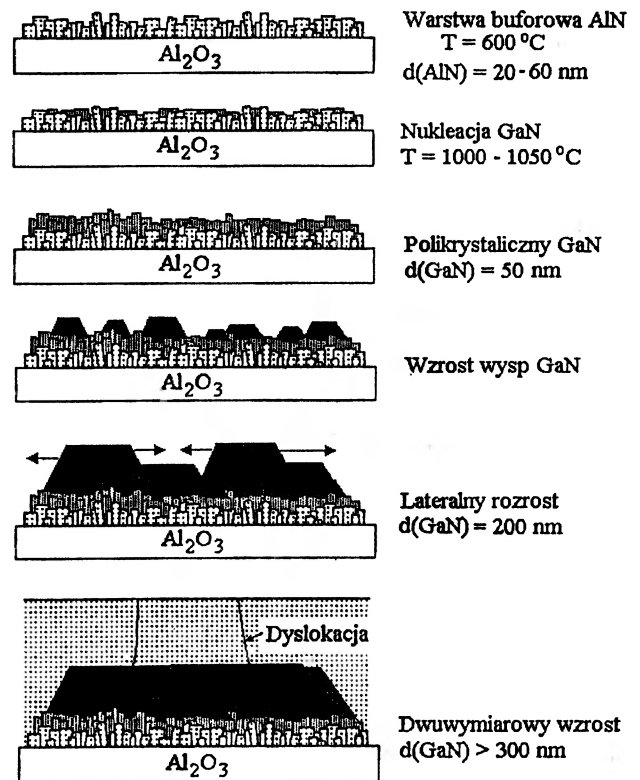
rowej w roku 1996. Sukces ten spowodował niezwykle wzrost zainteresowania badaniami azotków na świecie. Wzrosło zainteresowanie krysztalami GaN otrzymywanymi w CBW PAN metodą wysokociśnieniową. Było ono związane z możliwościami zastosowań tych krysztalów jako podłoża do epitaksji. Na Uniwersytecie Warszawskim uzyskano warstwy homoepitaksjalne GaN, bardzo wysokiej jakości, charakteryzujące się rekordowo małymi szerokościami linii emisyjnych związanych z ekscytonami [8]. Z drugiej strony nastąpił istotny postęp w technologii wzrostu heteroepitaksjalnych warstw GaN, zaznaczony poprawą jakości warstw, a przede wszystkim zmniejszeniem gęstości dyslokacji. Dzięki temu postępowi Nakamura skonstruował laser niebieski o pracy ciągłej. Spowodowało to gwałtowny wzrost zainteresowania laserami krótkofalowymi. Powszechnie uważa się, że będą one miały istotne zastosowania w wielu dziedzinach, w których wymagana jest duża zdolność rozdzielcza, tzn. w drukarkach laserowych, skanerach i optycznych pamięciach o dużej gęstości upakowania.

2. Wzrost warstw azotków na podłożach szafirowych i na podłożach ELOG

Jednym z kamieni milowych rozwoju technologii GaN było odkrycie przez Amano roli nisko-temperaturowej warstwy buforowej we wzroście warstwy GaN [9,10]. Poprzez osadzenie w procesie MOCVD na powierzchni szafiru cienkiej buforowej warstwy AlN osiągnął on dramatyczną poprawę morfologii powierzchni oraz elektrycznych i optycznych właściwości warstw GaN. Warstwa buforowa AlN rosła w temperaturze około 600°C, a następnie na niej osadzany był GaN. Proces wzrostu warstw GaN przedstawiony jest na rys. 1. Składa się on z kilku kolejnych etapów. W pierwszym etapie osadzana jest nisko-temperaturowa warstwa buforowa AlN o grubości 20–50 nm. Następnie temperatura rośnie do 1000–1050°C; następuje wówczas nukleacja warstwy GaN. W trakcie dalszego wzrostu, o charakterze trójwymiarowym, pojawiają się wyspy GaN, które poprzez rozrost na boki („rozrost lateralny”) powiększają swoje rozmiary. Całkowite zamknięcie warstwy następuje po wyhodowaniu około 3 μm GaN; dalszy wzrost jest dwuwymiarowy. Uzyskuje się w ten sposób warstwy o bardzo

dobrej morfologii, ale o stosunkowo wysokiej gęstości dyslokacji przenikających.

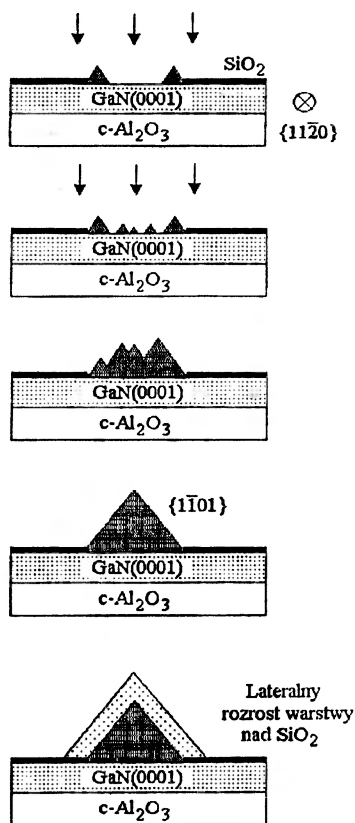
Następnym istotnym krokiem naprzód w dziedzinie poprawy własności warstw heteroepitaksjalnych (co okazało się kluczowe dla poprawy technologii laserów niebieskich) było wprowadzenie przez Nakamurę podłoży typu ELOG (Epitaxial Lateral OverGrowth). Podłoża te pozwoliły na obniżenie gęstości dyslokacji w warstwie heteroepitaksjalnej o kilka rzędów wielkości. Technika ELOG polega na częściowym maskowaniu podłoża i kolejnym wzroście następnej warstwy na tak zamaskowanym podłożu.



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie mechanizmu wzrostu GaN na warstwie buforowej z AlN.

Dla warstw azotków otrzymywanych metodą ELOG pierwszym krokiem jest konwencjonalny wzrost warstwy GaN w temperaturze niemal 1050°C. Ten wzrost daje warstwę GaN o gęstości dyslokacji rzędu 10¹⁰ cm⁻². W następnym etapie pokrywa się metodą rozpylania całą powierzchnię GaN amorficznym SiO₂ lub Si₃N₄. Następnie metodą fotolitografii wytrawia się paski w odpowiednich kierunkach krystalograficznych. W ten sposób odsłania się powierzchnię GaN w postaci sukcesywnie leżących mikronowych pasków rozdzielonych obszarami pokrytymi SiO₂ lub Si₃N₄. Na

tak przygotowanym podłożu prowadzi się kolejny wzrost warstwy w optymalnej dla wzrostu GaN temperaturze. Nukleacja GaN następuje wyłącznie na obszarach odsłoniętych. Następnie rozrastające się wyspy GaN zaczynają wychodzić na obszary zasłonięte przez SiO₂ lub Si₃N₄. Schematyczny rysunek opisujący formowanie się takiej warstwy poprzez jej lateralny rozrost przedstawiony jest na rys. 2. W trakcie dalszego wzrostu widoczne na rys. 2 piramidy rozrastają się na boki, zachodzą na siebie i w końcu tworzą warstwę o dobrej morfologii.



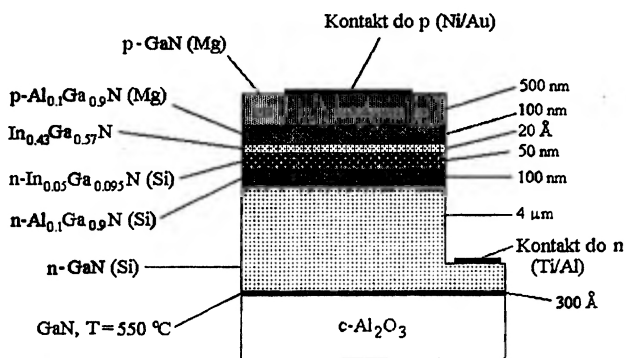
Rys. 2. Schematyczne przedstawienie wzrostu warstwy GaN na podłożu ELOG.

Warstwy GaN otrzymywane metodą ELOG charakteryzują się obszarami niskodyslokacyjnymi występującymi nad paskami SiO₂. Gęstości dyslokacji występujące w tych obszarach są rzędu 10⁴–10⁵ cm⁻². Są to gęstości o wiele rzędów wielkości niższe niż te, które występują nad obszarami otwartymi, nad którymi mogą osiągnąć wartości rzędu 10⁹–10¹⁰ cm⁻². Tak więc technika wzrostu warstw GaN metodą ELOG pozwala uzyskiwać paski materiału o szerokości ok. 10 μm, leżące w kierunkach krystalograficznych <112̄0>

o niskiej gęstości dyslokacji, poprzedzielanych paskami 2 μm materiału o gorszych własnościach strukturalnych [11]. Bardziej wyrafinowane podejście do podłoża typu ELOG pozwala na sukcesywne naniesienie następnej warstwy pasków SiO₂, tym razem nad obszarami o wyższej gęstości dyslokacji, i kolejny wzrost następnej warstwy. Takie skomplikowane podejście pozwala na uzyskanie dużych podłoży, które lokalnie są prawie wolne od dyslokacji. W ten sposób można częściowo wyeliminować podstawową wadę heteroepitaksji w stosunku do homoepitaksji.

3. Mechanizm rekombinacji promienistej w diodach i laserach niebieskich

Pierwsza niebieska dioda ze złączem p-n w GaN była otrzymana w 1991 r. przez S. Nakamura [5]. W diodzie tej warstwa typu p ($n_h = 8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) o grubości 0,8 μm była wyhodowana na grubej warstwie typu n ($n_e = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) o grubości 4 μm. Wierzchnia warstwa była bombardowana niskoenergetycznymi elektronami w celu aktywowania akceptorów i uzyskania przewodnictwa typu p. Tak skonstruowana dioda elektroluminescencyjna miała wydajność kwantową 0,18% i maksymalną moc promieniowania 40 μW. W następnych latach struktura diody niebieskiej stawała się coraz bardziej wyrafinowana. Struktura obecnie otrzymywanych superjasnych diod niebieskich przedstawiona jest na rys. 3.



Rys. 3. Struktura warstw azotków w niebieskiej diodzie elektroluminescencyjnej.

Kluczową warstwą aktywną dającą wydajne świecenie w tej diodzie jest studnia kwantowa InGaN o grubości około 2 nm, znajdująca się pomiędzy materiałem typu n a materiałem typu p

w złączu p-n GaN. Ta studnia kwantowa umieszczana jest pomiędzy domieszkowaną krzemem na typ n warstwą InGaN (o zawartości indu 5%) a warstwą AlGaN (o zawartości aluminium około 10%) domieszkowaną magnezem na typ p. Warstwa InGaN domieszkowana Si jest stosowana w celu zmniejszenia naprężeń w studni kwantowej i występujących tam pól piezoelektrycznych. W tak produkowanych diodach niebieskich osiąga się obecnie moc promieniowania 6 mW i wydajność kwantową 11%. Zmieniając zawartość indu w studni kwantowej uzyskano zarówno diody zielone, jak i żółte. Nakamura otrzymał również białe diody świecące, które są obecnie wytwarzane i sprzedawane przez firmę Nichia. Są to niebieskie diody elektroluminescencyjne pokryte fosforem typu YAG, który zamienia niebieskie światło emitowane przez diodę na białe światło fosforu. Moc promieniowania białych diod elektroluminescencyjnych jest bliska 1 mW, a wydajność kwantowa sięga 3,5%. Są one interesujące dla zastosowań oświetleniowych ze względu na to, że mają znacznie dłuższy czas życia i wyższą wydajność konwersji energii elektrycznej na światło niż konwencjonalne żarówki.

Wysokie wydajności diod świecących dowodziły, że dyslokacje przechodzące przez obszar aktywny InGaN nie zachowują się jak centra rekombinacji bezpromienistej. Dodatkowym argumentem za tym był fakt, że wydajności takich diod świecących otrzymywanych zarówno na szafirze, jak i na podłożach ELOG, różniących się gęstościami dyslokacji o kilka rzędów wielkości, były identyczne. Z drugiej strony są dane doświadczalne świadczące, że dyslokacje przenikające tworzą centra rekombinacji bezpromienistej w GaN [12,13]. Uważa się, że emisja światła z obszaru aktywnego pochodzi z fluktuacji indu występującego w studni kwantowej InGaN. Fluktuacje składu indu w studni prowadzą do wytworzenia się w niej dysków kwantowych, przypominających samoorganizujące się kropki kwantowe. Te dyski kwantowe tworzą stany zlokalizowane, w których zarówno elektrony, jak i dziury są pułapkowane, zanim osiągną centrów rekombinacji bezpromienistej tworzonych przez dyslokacje. W związku z tym droga dyfuzji nośników mniejszościowych musi zależeć głównie od fluktuacji potencjału w studni InGaN, a nie od dyslokacji. Wynika stąd wniosek, że w diodach o wyso-

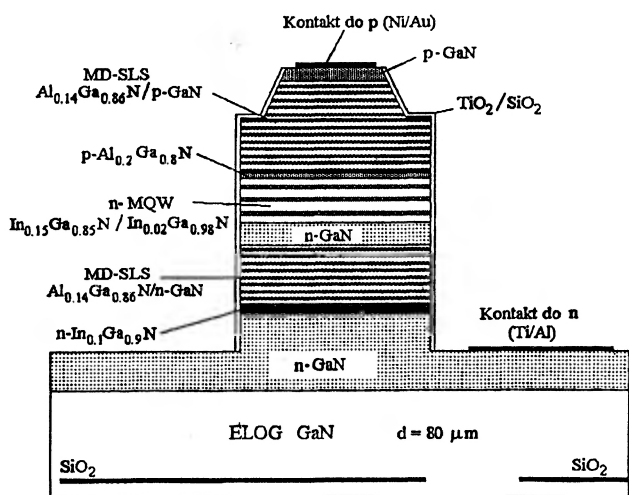
kiej wydajności odległości pomiędzy fluktuacjami indu muszą być mniejsze niż średnie odległości między dyslokacjami. Średnie wymiary indowych dysków kwantowych ocenia się na około 10 nm, a ich szacowana gęstość może być większa niż gęstość dyslokacji występujących w warstwach GaN. Tak więc, w prostych diodach elektroluminescencyjnych podłoża typu ELOG nie mają zdecydowanej przewagi nad podłożami szafirowymi, gdyż wydajność świecenia diody zależy od formowania się gęstej sieci dysków kwantowych w obszarze studni kwantowej InGaN. Jednakże gęstości dyslokacji mają wpływ na prąd diody w kierunku zaporowym, który dla warstw hodowanych na podłożach szafirowych wzrasta o dwa rzędy wielkości.

Ten niezwykle udany rozwój technologii diod elektroluminescencyjnych i zrozumienie mechanizmów ich pracy położyły podstawy dla wzrostu struktur odpowiednich dla niebieskich laserów.

W strukturach laserowych oprócz zlokalizowanych stanów rekombinacyjnych w studniach kwantowych InGaN wymagane jest samoogniskowanie światła. W tym celu należy warstwy InGaN umieścić pomiędzy stosunkowo grubymi warstwami AlGaN. Wówczas układ warstw zapewnia takie gradienty współczynników załamania, że światło jest utrzymywane w obszarze aktywnym InGaN. Hodowanie gładkich warstw AlGaN jest jednak w istotny sposób utrudnione. Naprężenia występujące w nich powodują, że w trakcie stygnięcia warstwy te pękają. Pękaniu warstw oraz zmniejszeniu się gęstości dyslokacji można zapobiec przez hodowanie supersieci AlGaN/GaN. Tego typu supersieci spełniają warunek ogniskowania światła oraz są mechanicznie wytrzymałe na występujące naprężenia. Struktura lasera wymaga również stworzenia wnęki optycznej. Wnęka taka formowana jest wzdłuż kierunku pasków SiO₂, a na jej końcu napyłane są lustra z warstw dielektryków TiO₂/SiO₂.

Warstwę aktywną w laserze niebieskim stanowi para studni kwantowych InGaN (o zawartości indu około 15%) o grubościach 3,3–4 nm rozdzielonych 10 nm barierami domieszkowanych krzemem warstw InGaN (o zawartości indu około 2%). W celu obniżenia prądu progowego, przy którym zachodzi akcja laserowa, struktury laserowe wykonywano na podłożach ELOG. Jest to kluczowy element konstrukcji lasera – niskie gęstości dyslokacji zapewniają niskie natężenie prądu

progowego. Przy większych ich gęstościach następuje przepływ prądu w obszarze dyslokacji, co prowadzi do konieczności zwiększenia gęstości prądu, a przez to do szybszej degradacji lasera. Tak więc obniżenie gęstości dyslokacji jest konieczne z punktu widzenia wydłużenia czasu życia lasera. Uzyskane dotychczas przez Nakamurę gęstości prądów krytycznych w laserach niebieskich otrzymywanych w części niskodyslokacyjnej podłoży ELOG wynoszą około 3 kA/cm^2 , a moc promieniowania sięga 10 mW. Z drugiej strony gęstości prądów krytycznych w laserach otrzymywanych w części wysokodyslokacyjnej podłoży wynosiły 9 kA/cm^2 [14]. Te różnice w gęsto-



Rys. 4. Struktura warstw azotków w laserze niebieskim S. Nakamury.

ściach prądów odbijają się w czasach życia obu typów laserów. Rekordowo długie czasy życia laserów uzyskane na częściach niskodyslokacyjnych podłoży ELOG sięgają 10 tys. godzin. Biorąc pod uwagę czas życia, jak i moc promieniowania, należy stwierdzić, że lasery niebieskie otrzymane przez Nakamurę osiągnęły już próg, po którym może nastąpić ich wprowadzenie do produkcji przemysłowej. Technologia struktur laserowych azotków jest jednak niezwykle trudna. Jak dotychczas tylko Nakamura osiągnął pułap długościowego niebieskiego lasera pracy ciągłej. Kilkanaście zespołów z USA i Japonii uzyskało akcję laserową w reżimie impulsowym lub w krótkich okresach czasu. W Europie jak dotąd żaden zespół nie doprowadził swoich prac badawczych do struktury, w której może nastąpić jakakolwiek akcja laserowa.

Można zadać pytanie, czy zastosowanie podłoży z monokrystalicznego GaN może dokonać dalszego istotnego postępu w dziedzinie rozwoju technologii GaN. Mimo dużych nadziei z tym związanych, w szczególności w laserach dużej mocy, trudno na to pytanie dać definitywną odpowiedź. Rozwój technologii azotków był od początku pełen niespodzianek i zaskakujących rozwiązań. Tylko doświadczalne zastosowanie monokrystalicznych podłoży GaN do struktur laserowych może rozstrzygnąć tę kwestię. Niestety, takie doświadczalne rozstrzygnięcie może być obecnie dokonane tylko przez Nakamurę, w którego rękach technologia wytwarzania struktur laserowych azotków ma stale nieosiągalny dla innych poziom.

Autor chciałby podziękować Komitetowi Badań Naukowych za wsparcie finansowe w ramach projektu P.B.Z. 28-11.

Literatura

- [1] H.P. Maruska, J.J. Tietjen, *Appl. Phys. Lett.* **15**, 327 (1969).
- [2] J.I. Pankove, E.A. Miller, D. Richman, J.E. Berkeyheiser, *J. Lumin.* **4**, 63 (1971).
- [3] B. Monemar, *Phys. Rev. B* **10**, 676 (1974).
- [4] H. Amano, N. Sawaki, I. Akasaki, Y. Toyoda, *Appl. Phys. Lett.* **48**, 353 (1986).
- [5] S. Nakamura, T. Mukai, M. Senoh, *J. Appl. Phys.* **71**, 5543 (1992).
- [6] H. Amano, M. Kito, K. Hiramatsu, N. Sawaki, I. Akasaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* **28**, L2112 (1989).
- [7] S. Nakamura, M. Senoh, T. Mukai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **30**, L1708 (1992).
- [8] J.M. Baranowski, S. Porowski, w: *23rd International Conference on Physics of Semiconductors*, red. M. Scheffler, R. Zimmermann (World Scientific, 1996), s. 497,
- [9] H. Amano, N. Sawaki, I. Akasaki, Y. Toyoda, *Appl. Phys. Lett.* **48**, 353 (1986).
- [10] K. Hiramatsu, S. Itoh, H. Amano, I. Akasaki, N. Kuwano, T. Shiraishi, K. Oki, *J. Crystal Growth* **115**, 628 (1991).
- [11] H. Marchand, J.P. Ibbetson, P.T. Fini, P. Kozodoy, S. Keller, S. DenBaars, J.S. Speck, U.K. Mitra, *MRS Inter. J. Nit. Semi. Res.* **3**, 3 (1998).
- [12] S.D. Lester, F.A. Ponce, M.G. Craford, D.A. Steigerwald, *Appl. Phys. Lett.* **66**, 1249 (1995).
- [13] T. Sughara, H. Sato, M. Hao, Y. Naoi, S. Kurai, S. Tottori, K. Yamashita, K. Nishino, L.T. Romano, S. Sakai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **37**, L398 (1998).
- [14] S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Matushita, T. Mukai, *MRS Inter. J. Nit. Semi. Res.* **4S1**, G1.1 (1999).

Niezwykłe własności kwazikryształów

Piotr Jeleń

Instytut Fizyki i Chemii Metali, Uniwersytet Śląski, Katowice

Amazing properties of quasicrystals

Abstract: This paper reviews various properties of quasicrystals, using experimental data from papers published in renowned scientific journals (1987 – 1994). The theory of a hierarchy of clusters is also presented.

1. Wstęp

W roku 1982 zespół naukowców pod kierunkiem Shechtmana [1] dokonał ważnego odkrycia nowej fazy stałej, której obrazy dyfrakcyjne wykazywały pięciokrotną oś symetrii, nie występującą w zwykłych kryształach, a charakterystyczną dla dwudziestościanu foremnego – ikosaedru (rys. 1).

Nowo odkrytą fazę materii nazwano kwazikryształem. Wkrótce potem w wielu ośrodkach naukowych na świecie rozpoczęły się badania przewodnictwa cieplnego i elektrycznego faz ikosaedrycznych. Pierwsze wyniki raczej nie zachęcały do dalszych badań, gdyż wskazywały, że kwazikryształy są podobne do swych krystalicznych i amorficznych odpowiedników. Pierwsze kwazikryształy, takie jak Al-Mn, charakteryzowało bardzo duże nieuporządkowanie strukturalne. Dopiero późniejsze badania wykazały, że stopy Al-Mn są rzeczywiście nieuporządkowane i nie mogą w pełni wykazywać oryginalnych własności. Odkrycie stabilnych, doskonałych kwazikryształów, w szczególności o składzie Al-Fe-Cu i Al-Cu-Ru (rys. 2), całkowicie zmieniło sytuację i stało się bodźcem do nowych badań nad własnościami kwaziperiodycznych stopów.

Badania nowych układów prowadzone w ostatnich latach pozwoliły odkryć wiele zaskaku-

jących własności kwazikryształów. Najważniejsze z nich to:

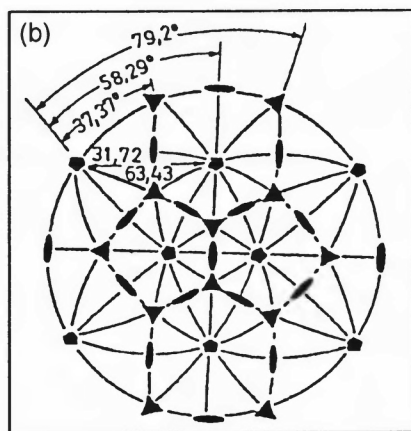
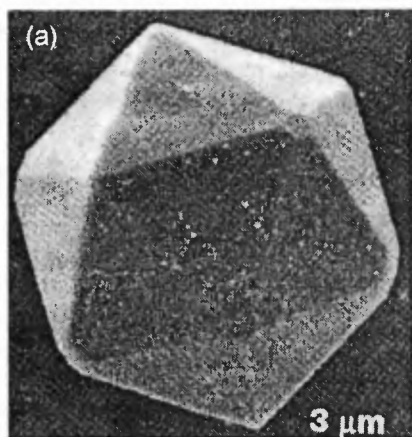
- duży opór właściwy (ρ) w niskich temperaturach (4,2 K), o dwa rzędy wielkości większy niż w metalach bezpostaciowych i o ponad cztery rzędy wielkości większy niż w metalach krystalicznych, dobrze przewodzących prąd (wartości ρ są bliskie niskotemperaturowym oporom właściwym metalicznych izolatorów, np. $\rho = 5000 \mu\Omega \text{ cm}$ [4]);
- silna zależność oporu właściwego od temperatury (stosunek $\rho(4,2 \text{ K})/\rho(290 \text{ K})$ dla kwazikryształów wynosi w przybliżeniu 10, podczas gdy dla metali amorficznych 1,2, zaś dla metali krystalicznych mniej niż 0,1);
- drastycznie małe ρ w wyniku łamania symetrii, spowodowanego przez odstępstwa od optymalnego składu chemicznego lub przez defekty strukturalne, tworzące się wskutek niedostatecznego wyżarzania stopu.

2. Przegląd wyników pomiarów

2.1. Przewodnictwo kwazikryształów

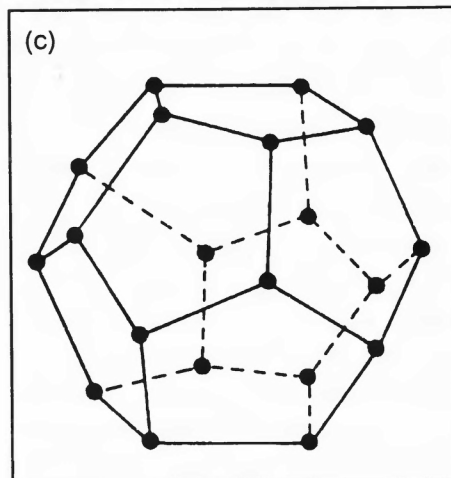
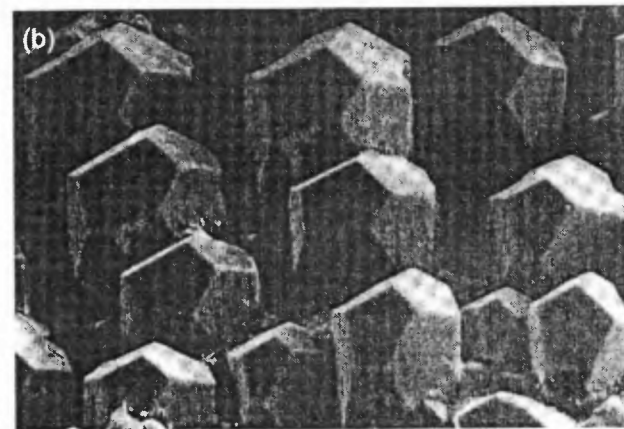
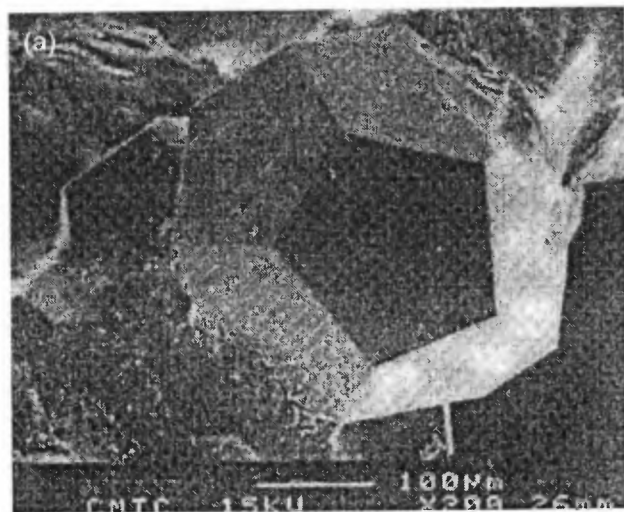
Wyniki pomiarów oporu właściwego kwazikryształów o składzie Al-Pd-Re (Re – pierwiastek ziem rzadkich) wskazują (rys. 3), że w temperaturze bliskiej 0 K materiały te są izolatorami [5]. Dla porównania na rys. 3 przedstawiono zależ-

ność oporu właściwego i przewodnictwa właściwego od temperatury dla kwaziperiodycznej fazy $Al_{70}Pd_{20}Re_{10}$ i półprzewodnika Al_2Ru , a także gęstość stanów elektronowych (DOS) dla obu materiałów. Dla kwazikryształów występuje wyraźna przerwa w rozkładzie DOS, często nazywana pseudodziurą.



Rys. 1. Dwudziestościan foremny (ikosaedr) – obraz pojedynczego dwudziestościanu B_6O , otrzymany za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) i rzut stereograficzny z zaznaczonymi elementami symetrii [2].

Okazuje się, że wartość oporu właściwego jest ściśle związana z zawartością poszczególnych składników w stopie kwazikrystalicznym. Zależność oporu właściwego od temperatury dla układu Al-Pd-Mn (poszczególne fazy kwazikrystaliczne różnią się pomiędzy sobą nieznacznie zawartością Al i Pd) wskazuje, że nawet bardzo niewielka zmiana składu chemicznego stopu prowadzi do stosunkowo dużych zmian wartości oporu właściwego (rys. 4).



Rys. 2. Obrazy SEM pojedynczych ziaren kwazikryształów Al-Fe-Cu (a) oraz Al-Cu-Ru (b), przybierające postać dwunastościanu foremnego (dodekaedru) [3]; model dodekaedru z widocznymi elementami symetrii pięciokrotnej i trójrotnej (c).

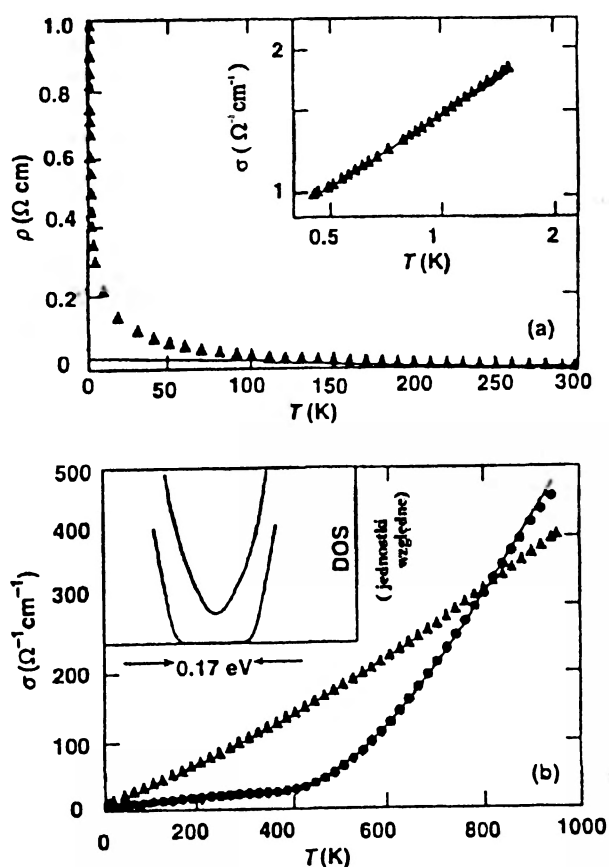
Przeprowadzone doświadczenia wskazują dobitnie, że własności kwazikryształów są trudniejsze do obserwacji w układach zawierających liczne defekty, zaburzające doskonałość uporządkowania

fazy kwazikrystalicznej. Jednak układ Al-Li-Cu (rys. 5) pomimo sporej niedoskonałości strukturalnej jest szczególnie interesujący z dwóch powodów:

— układ ten był dokładnie analizowany przez wielu autorów;

— ikosaedryczne kwazikryształy mają taki sam skład i gęstość jak zwykle kryształy Al-Li-Cu o objętościowo centrowanej strukturze regularnej (faza R).

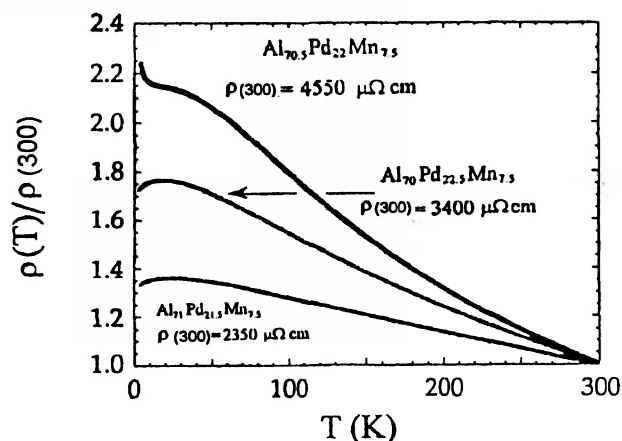
W związku z tym wszelkie ewentualne różnice pomiędzy nimi mogą być jedynie przypisane przekształceniom uporządkowania periodycznego w kwaziperiodyczne (rys. 6).



Rys. 3. Opór właściwy (a) i przewodnictwo właściwe (b) w funkcji temperatury dla kwazikryształu o składzie $\text{Al}_{70}\text{Pd}_{20}\text{Re}_{10}$ (trójkąty). Dla porównania przedstawiono zależność temperaturową dla półprzewodnika Al_2Ru (kółka). Na mniejszym wewnętrznym rysunku (b) przedstawiono gęstość stanów elektronowych dla obu materiałów [5].

Wyniki uzyskane przez Kimurę i in. [8] są zgodne z oczekiwaniami, tzn. fazy kwazikrystaliczne mają duży opór właściwy w porównaniu do faz krystalicznych. W zakresie niskich temperatur

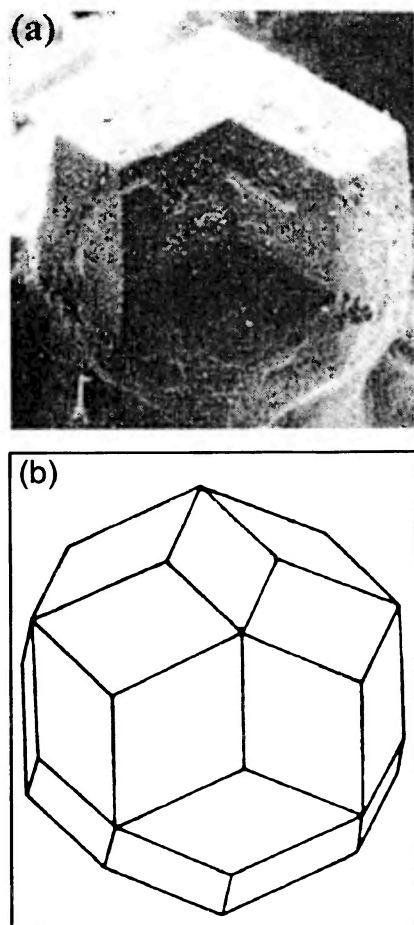
opór właściwy kwazikrystalicznej fazy Al-Li-Cu jest proporcjonalny do $T^{1/2}$, natomiast powyżej 20 K – do T . W temperaturze pokojowej stosunek oporów właściwych obu faz wynosi ok. 4 i wzrasta do ok. 6 w niskiej temperaturze. Wartości te są dużo mniejsze od obserwowanych w doskonałych układach kwaziperiodycznych. Wyniki pracy [8] potwierdzają hipotezę, że w układzie Al-Li-Cu mogą powstawać fazy kwazikrystaliczne. Niemniej jednak układ Al-Li-Cu jest raczej rodzajem przypadkowej struktury, ustabilizowanej przez mechanizmy termodynamiczne.



Rys. 4. Zależność oporu właściwego od temperatury, unormowana w stosunku do $\rho(300\text{ K})$, dla kwazikryształów o składzie Al-Pd-Mn [6].

Inne niezwykle własności struktur kwaziperiodycznych zaobserwowano dla faz dekadagonalnych (dziesięciokątnych) $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{15}\text{Co}_{20}$ i $\text{Al}_{20}\text{Ni}_{15}\text{Co}_{15}$ [9]. Fazę dekadagonalną można traktować jak kwaziperiodyczne uporządkowanie atomów w przestrzeni dwuwymiarowej lub jak struktury periodyczne w przestrzeni trójwymiarowej. Okazuje się, że zależność przewodności właściwej od temperatury jest inna w płaszczyźnie kwaziperiodycznej (σ_q) niż wzdłuż kierunku periodycznego (σ_p). Martin ze współpracownikami dokonał pomiaru zależności $\sigma_q(T)$ i $\sigma_p(T)$ w zakresie temperatur od 4,2 do 600 K dla obu faz dekadagonalnych [9]. Zarówno w przypadku $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{15}\text{Co}_{20}$, jak i $\text{Al}_{20}\text{Ni}_{15}\text{Co}_{15}$ przewodność σ_p jest proporcjonalna do temperatury (zmienia się od około 30 do 60 $\mu\Omega\text{ cm}$), co jest typowe dla metali. Natomiast wartość σ_q zmienia się w sposób nietypowy dla metali: σ_q jest około 10 razy większe od σ_p i ma plateau o wartości 340 $\mu\Omega\text{ cm}$ w temperaturze $T = 650\text{ K}$. Taka anizotropia prze-

wodnictwa elektronowego jest doskonałym dowodem na to, że kwaziperiodyczność pociąga za sobą dodatkowe, specyficzne własności, nietypowe dla struktur o regularnych periodycznych uporządkowaniach atomów.



Rys. 5. Obraz SEM [7] pojedynczego ziarna kwazikryształu Al-Li-Cu, przybierającego postać triakontaedru (a), i jego model przestrzenny (b).

Wyniki pomiaru ciepła właściwego potwierdzają małą gęstość stanów na poziomie Fermiego, jednak nie zawsze są one całkowicie wiarygodne z powodu silnych efektów spowodowanych przez zanieczyszczenia innymi pierwiastkami, defektami, domieszkami pierwiastków magnetycznych itp.

Na rysunku 7 przedstawiono zależność stałej Halla R_H od temperatury dla kwazikryształów z układu Al-Pd-Mn. Stopy, które są uważane za bardziej doskonałe mają zazwyczaj wartości R_H ujemne, lecz bliskie zera. W pewnej temperaturze może jednak nastąpić zmiana znaku, choć i wtedy $R_H \approx 0$.

2.2. Gęstość stanów elektronowych

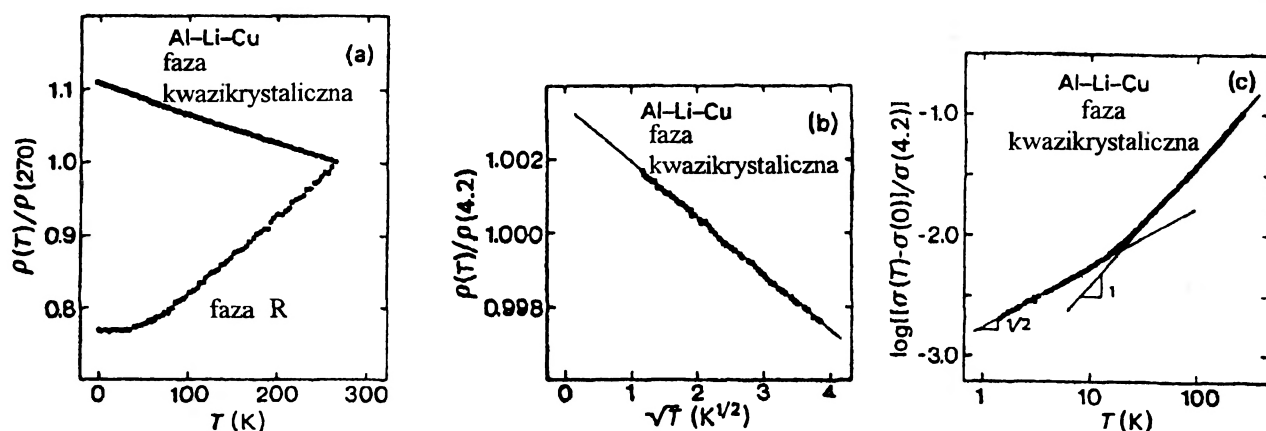
Wyniki pomiarów widm fotoemisji i fotoabsorpcji dla kwazikryształów z układu Al-Cu-Fe potwierdzają małą gęstość stanów elektronowych na poziomie Fermiego [10,11]. Obserwowane widma składają się z szerokiego maksimum, po którym następuje plateau, zakończone spadkiem natężenia przy energii E_F (rys. 8). Maksimum dla energii 4 eV pochodzi głównie od stanów 3d atomów miedzi. Stany 3d atomów Fe są mniej widoczne; z nimi jest związany lekki wzrost natężenia występujący około 1 eV poniżej energii Fermiego. Pomiar o dużej rozdzielczości zakresu widma wokół E_F , wykonane za pomocą promieniowania synchrotronowego pokazują, że dla kwazikryształów spadek natężenia przy energii E_F nie jest tak stromy jak w zwykłych metalach (patrz rys. 9) i wskazują na spadek gęstości stanów elektronowych dla energii E_F . Zakres zmniejszonej gęstości stanów ma szerokość połówkową (0,3 – 0,4) eV, a wielkość spadku sięga 70% wartości normalnej [12].

2.3. Energia termoelektryczna

Wyniki pomiarów energii termoelektrycznej [13] przedstawione na rys. 10 także wskazują na nietypowe własności kwazikryształów. W szklach metalicznych lub metalach energia termoelektryczna $S(T)$ jest przede wszystkim związana z dyfuzją elektronów, która zwiększa się ze wzrostem temperatury. Natomiast w fazach ikosaedrycznych zachowanie się parametru $S(T)$ jest zupełnie inne (rys. 10). Jego zależność od temperatury jest silnie nieliniowa, a w pewnej temperaturze następuje zmiana znaku parametru $S(T)$.

2.4. Właściwości magnetyczne

Właściwości magnetyczne kwazikryształów zbadano głównie dla układów, które są obecnie uważane za bardzo niedoskonałe, np. związane z rodziną Al-Mn. Większość z tych materiałów wykazuje zwykły paramagnetyzm, a niektóre także własności magnetyczne szkieł spinowych. Ta druga grupa kwazikryształów jest oczywiście niezwykle interesująca, lecz nie wydaje się, aby ich własności magnetyczne wynikały z kwaziperiodyczności. Wyniki pomiarów podatności magnetycznej w niskich temperaturach dla ikosaedrycznych stopów Al-Fe-Cu przedstawiono na rys. 11.

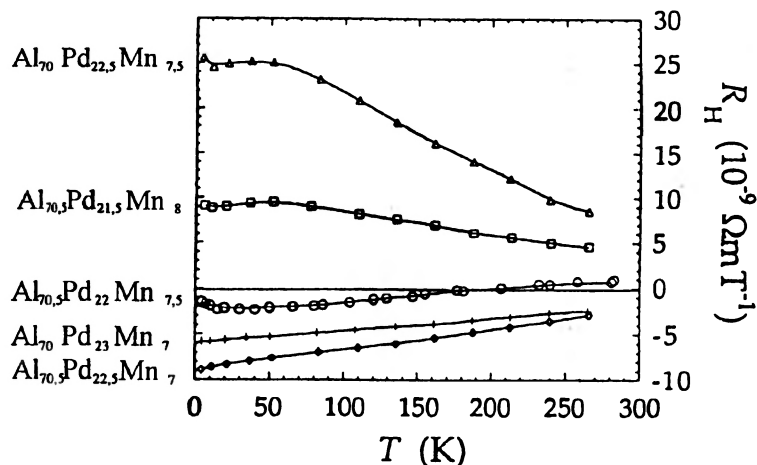


Rys. 6. a) Zależność oporu właściwego układu Al-Li-Cu od temperatury dla fazy kwazikryształicznej i fazy R. Wartości $\rho(T)$ są unormowane w stosunku do $\rho(270\text{ K})$, tj. do wartości 800 i 200 $\mu\Omega\text{ cm}$ odpowiednio dla fazy kwazikryształicznej i fazy R. b) i c) Zależności oporu właściwego fazy kwazikryształicznej od temperatury [8].

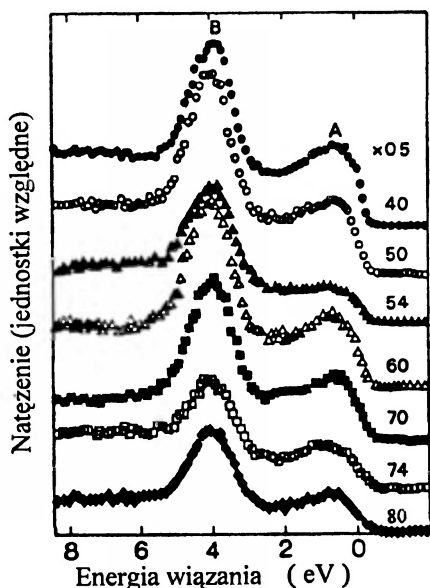
Dla stopu $\text{Al}_{6,3}\text{Cu}_{24,5}\text{Fe}_{12}$ wyniki pomiarów podatności magnetycznej wskazują na własności paramagnetyczne, aczkolwiek w niskich temperaturach występuje duże odstępstwo od krzywej Curie i maksimum charakterystyczne dla szkieł spinowych (w pobliżu temperatury 1,6 K) [14].

Obecnie skład tego stopu został określony z dużą dokładnością i wiadomo, że jest on daleki od optymalnego dla fazy kwazikryształicznej – charakteryzuje się dużą niedoskonałością strukturalną, wywołaną przez dużą liczbę defektów. Liczne prace (np. [4]) potwierdzają pojawianie się własności paramagnetycznych w niedoskonałych próbkach kwazikryształicznych, pod-

czas gdy doskonałe kwazikryształy, takie jak np. $\text{Al}_{6,3}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{12}$, wykazują własności diamagnetyczne w przedziale temperatur (4 – 300) K, a wartość podatności magnetycznej χ w temperaturze 4 K wynosi $-4 \times 10^{-7}\text{ emu g}^{-1}$ (przyczynkiem od rdzenia jonowego jest równy $-2,3 \times 10^{-7}\text{ emu g}^{-1}$). Wartość podatności magnetycznej maleje odwrotnie proporcjonalnie do $T^{1/2}$ do temperatury 40 K. Powyżej ok. 50 K wartość χ rośnie proporcjonalnie do T . Diamagnetyzm został ostatnio zaobserwowany także w kwazikryształach z układu Al-Mn-Pd, ale tylko dla optymalnego składu, natomiast paramagnetyzm pojawia się w niedoskonałych próbkach [6].



Rys. 7. Zależność stałej Halla od temperatury dla kwazikryształów Al-Pd-Mn o różnej zawartości poszczególnych składników. Doskonałe stopy ikosaedryczne mają w niskich temperaturach ujemny współczynnik Halla [6].

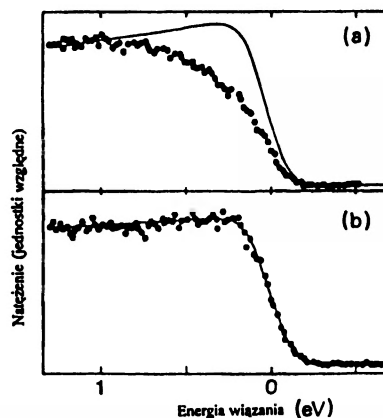


Rys. 8. Widma fotoemisyjne ikosaedrycznej fazy Al-Fe-Cu, uzyskane w temperaturze pokojowej za pomocą fotonów o różnej energii (wartości energii fotonów są podane po prawej stronie nad każdą krzywą) [10].

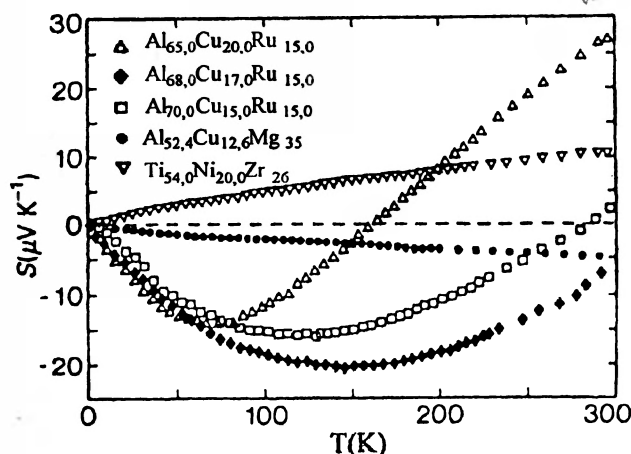
3. Kwazikryształy jako hierarchia klastrów [15]

Wyniki pomiarów opartych na dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego, elektronów i neutronów wskazują na możliwość opisu ikosaedrycznych kwazikryształów za pomocą klastrów. Dla przykładu rozważmy wyznaczoną w ten sposób strukturę atomową kwazikryształu Al-Pd-Mn. Podstawowymi jej elementami są klastry atomowe zwane pseudoikosaedrami Mackaya (PMI) [16]. Podstawowe PMI tworzą większe PMI, których środki są rozmieszczone dokładnie według takiego samego wzoru jak środki podstawowych PMI, z tą różnicą, że są powiększone τ^3 razy, gdzie współczynnik powiększenia $\tau = 2 \cos 36^\circ$ jest liczbą złotego podziału. Z kolei większe PMI w analogiczny sposób tworzą jeszcze większe PMI itd. Podstawowe PMI składają się z zewnętrznych warstw utworzonych z 42 atomów (12 wierzchołków ikosaedru i 30 wierzchołków ikosidodekaedru) i z wewnętrznej warstwy zawierającej 8 lub 9 atomów położonych na małym dodekaedrze. W przeciwieństwie do regularnego ikosaedru Mackaya (rys. 12) PMI nie ma pełnej symetrii ikosaedrycznej, ponieważ jest częściowo wypełniony przez małe dodekaedry. Wcześniej stosowane teorie opierały się na identyfi-

kacji specjalnych liczb (w widmach mas wiązek swobodnych klastrów atomowych), odpowiadających ikosaedrycznie uporządkowanym agregatom atomowym [17]. W takich wiązkach całkowita liczba swobodnych elektronów musi być równa jednej z liczb magicznych.



Rys. 9. Widmo fotoemisyjne uzyskane przy dużej rozdzielczości (ok. 0,14 eV) w pobliżu poziomu Fermiego dla ikosaedrycznej fazy Al-Fe-Cu (a) i czystego aluminium (b). Wyniki pomiarów są zaznaczone kółkami, natomiast linią ciągłą oznaczono dopasowania, zakładające normalną gęstość stanów (b) i wykorzystujące wyniki odpowiadające wartościom energii mniejszym od 0,75 eV (a) [10].



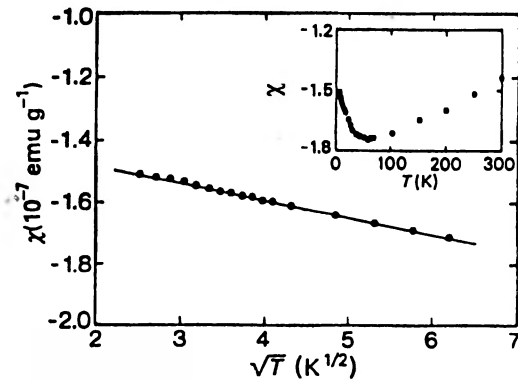
Rys. 10. Wyniki pomiarów energii termoelektrycznej materiałów o strukturze szkieł (●,▽) oraz kwazikryształów (pozostałe symbole), dla których wykres zależności $S(T)$ ma wyraźne minimum [13].

Występowanie magicznych liczb elektronów można zinterpretować opierając się na bardzo prostym modelu [18,19]. Jeżeli agregaty są stabilne, to elektrony są uwięzione we wnętrzu głębokiego

potencjału, pochodzącego od jonów dodatnich klastra. Dla uproszczenia taki agregat można traktować jako głęboką sferyczną studnię potencjału, która sprowadza równanie Schrödingera do równania Bessela. Wartości własne energii wyrażają się wzorem

$$E_{n,l} = \frac{\hbar^2}{2\mu a^2} \chi_{n,l}^2,$$

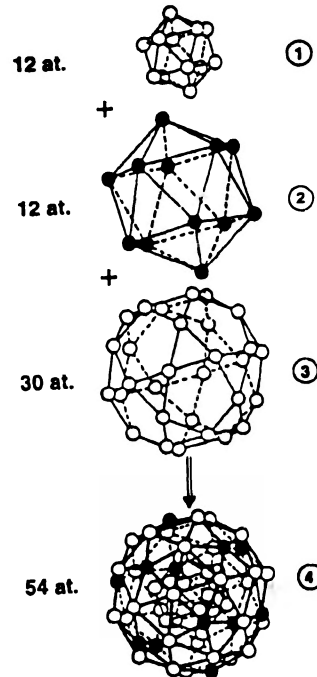
gdzie n, l są liczbami kwantowymi, μ – masą elektronu, a – promieniem studni, zaś $\chi_{n,l}$ – wartością argumentu funkcji Bessela $J_{l+1/2}(kr)$, przy której się ona zeruje. Te spośród liczb kwantowych, które odpowiadają stanom zajęтым przez elektrony w agregatach atomowych są nazywane liczbami magicznymi.



Rys. 11. Wyniki pomiarów podatności magnetycznej w funkcji temperatury w zakresie niskich temperatur dla ikosaedrycznych faz Al-Fe-Cu [14].

Zakłada się, że podstawowe klasterzy PMI zatrzymują elektrony podobnie jak sferyczne studnie potencjału. Elektrony mogą przenikać przez barierę potencjału dzięki efektowi tunelowemu. Sytuację tę można w przybliżeniu rozważać jako przeskok wewnątrz klastra następnego stanu PMI, który zamyka elektrony we wnętrzu sferycznych studni, i tak dalej. W każdym następnym stanie PMI elektrony są ograniczone barierą potencjału, przez którą tunelowanie staje się coraz trudniejsze. Innymi słowy masa efektywna elektronu wzrasta w każdym kolejnym stanie hierarchii. Gęstość elektronową stanów $n(E)$ tak zbudowanej struktury hierarchicznej można dokładnie wyznaczyć poprzez rozważenie sferycznych studni powiązanych z kolejnymi generacjami agregatów. Powstały potencjał atomowy może

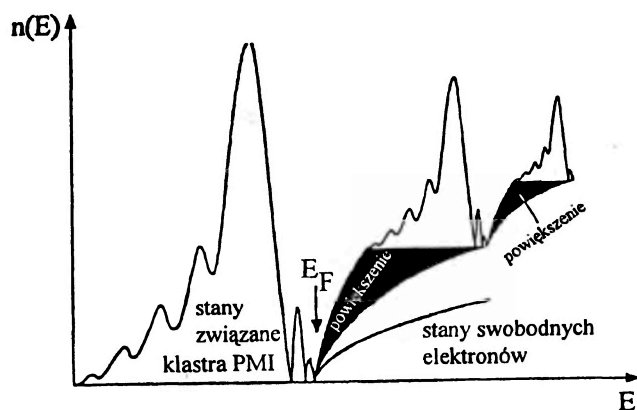
być więc rozważany jako głęboka studnia, której wgłębienie stanowi trójwymiarową powierzchnię z hierarchiczną nierównością. Najwyższe i najgłębsze studnie są zgromadzone w grupach po N (N – liczba atomów w podstawowym klastrze) na dnie studzien τ^6 razy szerszych i τ^3 razy płytszych, które są w analogiczny sposób rozmieszczone w jeszcze szerszych i płytszych studniach i tak dalej. Klaster, a więc sferyczna studnia potencjału, ma promień, który rośnie ze współczynnikiem τ^3 . Liczba stanów elektronowych na atom przypisana do klastra zmniejsza się proporcjonalnie do τ^9 , natomiast średnia liczba stanów elektronowych na atom i na jednostkę energii – proporcjonalnie do τ^3 . Na rysunku 13 przedstawiono gęstość stanów elektronowych uzyskaną na podstawie omawianego modelu hierarchii klastrów.



Rys. 12. Schemat regularnego ikosaedru Mackaya [6]. Poszczególne „warstwy” atomów są przedstawione na oddzielnych rysunkach: 1 – mały wewnętrzny ikosaedr (12 atomów), 2 – duży ikosaedr (12 atomów), 3 – zewnętrzny ikosaedr (30 atomów), 4 – ikosaedr Mackaya będący złożeniem struktur 1, 2 i 3.

Po stronie mniejszych energii dominuje wyraźnie jedno duże maksimum, pochodzące od podstawowych klastrów PMI. Natomiast wypukłość po prawej stronie odpowiada stanom swobodnych elektronów. Po obu stronach poziomu Fermiego $n(E) \propto \sqrt{E}$, jednak wgłębienie $n(E_F)$ jest asymetryczne, ponieważ oddziela

ono stany swobodnych elektronów z prawie stałą gęstością po jednej stronie od półzłożonych stanów z szybko rosnącą gęstością po drugiej stronie. Reasumując można powiedzieć, że jeżeli pseudodziura (o najmniejszej energii) odpowiadająca wierzchołkowi pierwszego poziomu (stany elektronowe dla głównych klastrów) jest zwykle położona przy 10 eV, to poziom Fermiego występuje nieco powyżej energii 0,5901 eV. Pełna szerokość kolejnych podpoziomów gwałtownie spada od 10 eV do 0,5573 eV, 0,0310 eV, 0,0017 eV, 0,0001 eV, ... W pobliżu poziomu Fermiego znaj-



Rys. 13. Gęstość stanów elektronowych dla układu klastrów PMI [15].

duje się nieskończenie wiele pseudodyskretnych poziomów wewnątrz przedziału energetycznego mniejszego niż 5×10^{-5} eV. Tak więc, przy niskoenergetycznym wzbudzeniu, np. poniżej 0,05 eV, powinno się obserwować cechy typowe dla półmetali. W przypadku drobnych różnic w składzie, które pozwalałyby stanom klastra wypełniać się tylko do pewnych stadiów hierarchii, byłaby ona przerywana przy pewnej energii, a poziom Fermiego opadałby w pewnym miejscu wewnątrz pasma walencyjnego, które stawałoby się pasmem przewodnictwa. Niniejszy model doskonale tłumaczy wiele wyników doświadczalnych, których nie udało się wyjaśnić za pomocą opisu teoretycznego stosowanego do kryształów i ciał amorficznych. W temperaturze 0 K kwazikryształ jest doskonałym izolatorem i wykazuje zachowanie diamagnetyczne, ponieważ wszystkie elektrony są zgromadzone w związanych stanach hierarchii klastrów. Gdy temperatura wzrasta, elektrony są przenoszone ze związanych stanów do pasma przewodnictwa. Dla $kT \leq 0,05$ eV, tj.

$T \leq 600$ K liczbę swobodnych nośników prądu (elektronów w pasmie przewodnictwa i dziur w zapełnionym pasmie studni) można łatwo obliczyć, zakładając, że gęstość stanów elektronowych jest proporcjonalna do pierwiastka drugiego stopnia z energii. Tak więc, liczba elektronów w pasmie przewodnictwa jest proporcjonalna do $T^{3/2}$. W tym zakresie temperatur tylko pasmo przewodnictwa przewodzi elektrony, gdyż dziury powstają na płaskich podpoziomach. W wyższych temperaturach elektrony ze stanów mniejszych klastrów są także wzbudzone i zarówno pasmo walencyjne, jak i pasma przewodnictwa biorą udział w przewodzeniu. Tak więc, $\sigma(T)$ powinno w przybliżeniu rosnąć jak $T^{3/2}$ aż do 600 K i jeszcze szybciej powyżej tej temperatury. Analiza oparta na modelu hierarchii klastrów pozwala także wyjaśnić znak stałej Halla R_H i energii termoelektrycznej $S(T)$. W niskich temperaturach swobodne nośniki prądu (elektrony) powodują nieznacznie mniejsze od zera wartości R_H i $S(T)$. Wraz ze wzrostem temperatury maleją, płaskie podpoziomy pomiędzy poziomem Fermiego i wyższą częścią większych maksimum gęstości stanów związanych stopniowo tracą elektrony, wskutek czego powstają pseudodziury o wzrastającej szerokości. Zatem zachowanie się kwazikryształu staje się takie, jak w przypadku słabo domieszkowanych półprzewodników ze wzrastającą przerwą energetyczną, a więc dodatnią i rosnącą wartością R_H i takimiż wartościami $S(T)$. Stosując ten sam mechanizm, można obliczyć zależność całkowitej energii elektronu od temperatury i przyczynek elektronowy do pojemności cieplnej. W wyniku dla niskich temperatur ($T \leq 600$ K) otrzymuje się $\Delta_{el} \propto T^{5/2}$, czyli $C_{el} \propto T^{3/2}$ (zamiast τ^2 oraz τ , jak w przypadku metali).

4. Podsumowanie

W niniejszym artykule ograniczono się do przedstawienia tych własności kwazikrystalicznych stopów, które zostały potwierdzone przez wielu autorów. Przedstawiono wyniki doświadczalne zaczerpnięte z prac opublikowanych w latach 1987–94 w czołowych czasopismach naukowych. Doświadczalne metody badań własności kwazikryształów to na ogół metody od dawna stosowane w fizyce ciała stałego. Nie oznacza to jednak bynajmniej, iż obecny stan wiedzy o wła-

snościach kwazikryształów można uznać za zadowalający, tak samo jak nie można powiedzieć z całą pewnością, że uzyskano już w pełni doskonałe kwazikryształy. Niemal każdy miesiąc przynosi informację o odkryciu nowej fazy kwaziperiodycznej. Tak więc z pewnością nie można jeszcze powiedzieć, że własności kwazikryształów są dobrze znane i w pełni zrozumiałe.

Literatura

- [1] D. Shechtman, I.A. Blech, D. Gratias, J.W. Cahn, *Phys. Rev. Lett.* **53**, 1951 (1984).
- [2] H. Hubert i in., *Nature* **391**, 376 (1998).
- [3] M.V. Jaric, *Phys. Rev. Lett.* **56**, 607 (1985).
- [4] T. Klein, C. Berger, D. Mayou, F. Cyrot-Lackman, *Phys. Rev. Lett.* **66**, 2907 (1991).
- [5] F.S. Pierce, S.J. Poon, Q. Guo, *Science* **261**, 717 (1993).
- [6] C. Janot, *Quasicrystals*, Monographs on the Physics and Chemistry of Materials (1994).
- [7] T. Dotera, H.C. Jeony, P.J. Steinhardt, „Properties of decapod defects”, w: *Methods of structural analysis of modulated structures and quasicrystals* (World Scientific, Singapore 1990), s. 660.
- [8] K. Kimura, H. Iwahashi, T. Hashimoto, S. Takeuchi, „Electrical properties of Al-based high-quality quasi-crystals”, w: *Quasicrystals an incommensurate structures in condensed matter*, red. M.J. Jacman, D. Romeo, V. Castano, A. Gomez (World Scientific, Singapore 1990), s. 532.
- [9] S. Martin, A.F. Hebard, A.R. Kortan, F.A. Theil, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 719 (1991).
- [10] M. Mori, S. Matsuo, T. Ishimasa, T. Matsuura, K. Kamiya, H. Inokuchi, T. Matsukawa, *J. Phys.: Condens. Matter* **3**, 767 (1992).
- [11] E. Belin, Z. Dankhazit, A. Sadoc, A. Calvayrac, T. Klein, J.M. Dubois, *J. Phys.: Condens. Matter* **4**, 4459 (1992).
- [12] T. Klein, A. Gozlan, C. Berger, F. Cyrot-Lackman, Y. Calvayrac, A. Quivy, *Europhys. Lett.* **13**, 129 (1990).
- [13] B.D. Biggs, S.J. Poon, N.R. Munirathman, *Phys. Rev. Lett.* **65**, 2700 (1990).
- [14] J.L. Wagner, K.M. Wong, S.J. Poon, *Phys. Rev. B* **39**, 8091 (1989).
- [15] P. Lanco, Thesis, Université Joseph Fourier de Grenoble (1993).
- [16] C. Janot, M. de Boissieu, *Phys. Rev. Lett.* **72**, 1674 (1994).
- [17] M. Boudard i in., *J. Phys.: Condens. Matter* **4**, 10149 (1991); M. Boudard, Thesis, Grenoble 1993.
- [18] K. Staller, J. Muhlbach, O. Eckt, P. Pfau, E. Recknagel, *Phys. Rev. Lett.* **47**, 160 (1981).
- [19] W.A. De Heer, W.D. Knight, M.Y. Chou, M.L. Cohen, *Solid State Phys.* **40**, 93 (1987).

Rola nieporządku i oddziaływań w dwuwymiarowym gazie elektronowym w silnych polach magnetycznych*

Daniel C. Tsui

Department of Electrical Engineering, Princeton University, Princeton, New Jersey, USA

**Interplay of disorder and interaction in two-dimensional electron gas
in intense magnetic fields**

Nobel Lecture, 8 December 1998, Stockholm

W moim wykładzie pragnę pokrótce omówić fizykę, jakiej nauczyłem się od czasu, kiedy zająłem się dziedziną noszącą obecnie nazwę elektroniki półprzewodników niskowymiarowych, a którą ja nazywam po prostu własnościami elektronów w układach dwuwymiarowych [1]. Elektrony, których ruch jest ograniczony do międzypowierzchni rozdzielającej dwa różne półprzewodniki, zachowują się zazwyczaj – mówiąc w uproszczeniu – jak dwuwymiarowy gaz zwykłych cząstek. Gdy jednak umieszczone zostaną w skrajnych warunkach niskiej temperatury i silnego pola magnetycznego, wykazują nowe właściwości fizyczne, w których przejawia się zarówno oddziaływanie elektron-elektron, jak i oddziaływanie elektronów z defektami sieci półprzewodnika. Przypomnę jednak najpierw wydarzenia z mojej wcześniejszej pracy badawczej, które dały początek mojej przygodzie, wspólnej z Artem Gossardem i Horstem Störmerem, zakończonej odkryciem ułamkowego kwantowego efektu Halla [2].

1. Prolog

Wiosną 1968 roku rozpocząłem pracę w Laboratoriach Bella. Byłem wówczas tak naiwny, że lekkomyślnie zdecydowałem się porzucić badanie struktury pasmowej i powierzchni Fermiego w metalach, tematykę dobrze mi znaną dzięki pracy nad doktoratem, i spróbować czegoś nowego, na przykład fizyki powierzchni i międzypowierzchni, a najlepiej fizyki oddziaływań wielocząstkowych. Czytałem o lokalizacji Andersona, przejściu Motta oraz o tym, że nieporządek i oddziaływanie elektron-elektron to najciekawsze, a jednocześnie najważniejsze problemy fizyki ciała stałego. Ale nie miałem zielonego pojęcia, jak zabrać się za takie badania.

Na szczęście ktoś mi poradził, abym porozmawiał z Johnem Rowellem, który w tym czasie ukończył właśnie wraz z McMillanem pracę nad rolą oddziaływania elektron-fonon w zjawisku tunelowym w nadprzewodnikach. John doradził mi,

*Wykład noblowski, wygłoszony 8 grudnia 1998 r. w Sztokholmie, został przetłumaczony za zgodą Autora i Fundacji Nobla [Translated with permission. Copyright ©1999 by the Nobel Foundation] (przyp. Red.).

abym zajął się tunelowaniem do kontaktów punktowych w materiałach, które wówczas uważano za nadprzewodniki o wysokiej temperaturze krytycznej T_c . Zasugerował też, żeby – zamiast używać kryształów włosowych (ang. whiskers) wolframu – poeksperymentować z ostrzami półprzewodnikowymi, gdzie wbudowane warstwy powierzchniowo zubożone pełniłyby rolę barier tunelowych. Moje próby uzyskania tunelowania do nadprzewodzących związków niobu i wanadu nie powiodły się, ale zmusiły mnie do nauczenia się fizyki powierzchni i międzypowierzchni półprzewodników. Udało mi się wykazać doświadczalnie (doświadczenie polegało na tunelowaniu do próbki InAs i na bezpośredniej obserwacji skwantowanych poziomów Landaua powstałego układu dwuwymiarowego elektronów [3]) występowanie kwantowania rozmiarowego w powierzchniowych warstwach ładunkowych, które pierwszy przewidział Schrieffer w latach pięćdziesiątych. Jednak czułem się najbardziej podekscytowany, gdy – pisząc artykuł na temat moich ówczesnych wyników – „odkryłem” piękną pracę dotyczącą tranzystorów polowych z krzemowych układów metal-tlenek-półprzewodnik (tzw. MOSFET-ów krzemowych), wykonaną przez grupę z laboratoriów IBM w Yorktown Heights (F.F. Fang, A.B. Fowler, W.E. Howard, F. Stern, P.J. Stiles i ich współpracownicy; por. artykuł przeglądowy [1]). Praca ta stworzyła trwałą podstawę dla rozwoju fizyki dwuwymiarowych układów elektronowych w następnych dziesięcioleciach.

Zainspirowani pracą grupy z IBM, zbadaliśmy z Johnem Allenem zależność temperaturę przewodności warstw inwersyjnych w MOSFET-ach krzemowych, poszukując w nich przejścia związanego z lokalizacją i delokalizacją Andersona w układzie dwuwymiarowym. Zmieniając napięcie bramki w tym urządzeniu, mogliśmy przesunąć położenie poziomu Fermiego do „ogona” rozkładu gęstości stanów i bezpośrednio obserwować zmianę zachowania, od charakterystycznego dla gazu dwuwymiarowego elektronów do charakterystycznego dla izolatora. Jednak, ku naszemu rozczarowaniu, nie udało nam się uzyskać ilościowej zgodności z teorią. Uznaliśmy, że przyczyną tego są oddziaływania i doszliśmy do wniosku, że – aby jeszcze bardziej uwypuklić ich rolę – trzeba umieścić nasz układ w polu magnetycznym, które przekształciłoby energię kinetyczną

elektronów w energię cyklotronową. Takie działanie powinno być szczególnie skuteczne w skrajnej granicy kwantowej, kiedy promień cyklotronowy jest o wiele mniejszy od średniej odległości między elektronami.

W artykule z roku 1976 Kawaji i Wakabayashi [4] donieśli o obserwacji stanów zlokalizowanych w przerwie energetycznej pomiędzy dwoma poziomami Landaua. To odkrycie było bardzo ważnym krokiem na drodze do odkrycia kwantowego efektu Halla. Pracując wówczas w Narodowym Laboratorium Pól Magnetycznych im. Francisca Bittera znajdującym się na kampusie MIT, pod wpływem ich artykułu rozpocząłem badania przewodności w skrajnej granicy kwantowej, gdy wszystkie elektrony znajdują się na najniższym poziomie Landaua, i zaobserwowałem nowe struktury na zmierzonych krzywych. Gdy Phil Anderson usłyszał o tym od Johna Rowella, spytał, czy może zobaczyć te wyniki. Zanim pokazałem mu je w bufecie Laboratoriów Bella, powtórzyłem pomiary i stwierdziłem, że wyniki zależą od próbki. Powiedziałem o tym Philowi, a on mruknął tajemniczo, że w każdym razie powinna występować jakaś energia współmierności. Pomyślałem wówczas: jeśli n jest dwuwymiarową gęstością elektronów, a pole magnetyczne B (przyłożone prostopadle do płaszczyzny dwuwymiarowego gazu) wyrazić przez średnią gęstość strumienia $n_\varphi = B/\varphi_0$ (gdzie $\varphi_0 = h/e$ jest diracowskim kwantem strumienia), to stosunek n/n_φ jest czynnikiem wypełnienia poziomu Landaua (ν). Gdy $n > n_\varphi$, to przy zachowaniu współmierności wypełniona jest całkowita liczba (i) poziomów Landaua, a ową energią współmierności, oddzielającą stany zajęte od niewypełnionych, jest energia cyklotronowa. Przyjąłem, iż Anderson miał na myśli to, że w skrajnej granicy kwantowej, gdy $n < n_\varphi$ oraz zachodzi warunek współmierności $\nu = n/n_\varphi = 1/i$, dominująca może stać się pewna energia charakteryzująca oddziaływanie, powodując przejście układu dwuwymiarowego do jakiegoś nowego stanu podstawowego. Nie miałem wtedy dość odwagi, aby zapytać go, co naprawdę miał na myśli. Upewniłem się jednak, że powinienem skoncentrować badania na skrajnej granicy kwantowej.

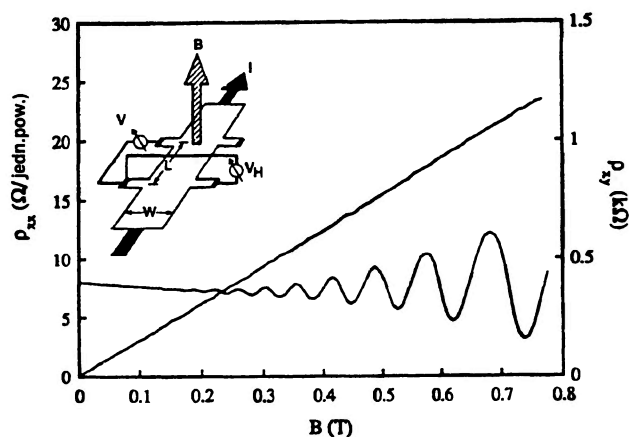
W rzeczy samej, dzięki powstaniu metody epitaksji z wiązek molekularnych (patrz [5]) i wynalezieniu domieszki modulatoryjnego [6],

które umożliwiły wytwarzanie idealnie dwuwymiarowych układów elektronowych, wkrótce dla Arta Gossarda, Horsta Störmera i mnie samego stało się jasne, że poszukiwać nowej fizyki oddziaływań wielociałowych powinniśmy w próbkach o możliwie największej ruchliwości dwuwymiarowego gazu elektronowego, umieszczonych w najmniejszych dostępnych polach magnetycznych.

2. Przenoszenie ładunku w układzie dwuwymiarowym w obecności pola magnetycznego

W obecności prostopadłego pola magnetycznego stany energetyczne elektronów w gazie dwuwymiarowym wskutek landauowskiej kwantyzacji ich orbit cyklotronowych „zlepiają się” w dyskretne poziomy Landaua, rozdzielone kwantem energii cyklotronowej. Rozpraszanie poszerza poziomy Landaua i umożliwia dwuwymiarowe przenoszenie ładunku, opisywane teorią Ando i Uemury [7]. Rysunek 1 pokazuje przykład oscylacji kwantowych diagonalnej składowej oporu na jednostkę powierzchni (ρ_{xx}), które odzwierciedlają strukturę poszerzonych poziomów Landaua dwuwymiarowego gazu elektronowego, oraz składową hallowską oporu ρ_{xy} , dobrze znaną z modelu Drudego. Gdy jednak dwuwymiarowy gaz elektronowy znajduje się w skrajnych warunkach (silnym polu B i niskiej temperaturze T), na wykresach tych zależności pojawiają się bardzo wyraźne struktury, które są związane zarówno z nieporządkiem, jak i z oddziaływaniem elektron-elektron, występującym w układzie. Dokładniej biorąc, w trzech całkowicie różnych zakresach warunków fizycznych obserwuje się różne zjawiska fizyczne. Pierwszy z nich – zakres zdominowany przez nieporządek – występuje, gdy próbka jest „brudna”, a ruchliwość dwuwymiarowego gazu elektronowego jest niewielka (np. dla próbek GaAs, gdy $\mu < 10^5$ cm²/Vs). Bardzo charakterystyczne struktury widoczne na wykresach przedstawiających wyniki pomiarów to całkowity kwantowy efekt Halla [8], który można wyjaśnić zakładając, że elektrony są od siebie niezależne i że na skutek obecności przypadkowych domieszek w półprzewodniku następuje ich lokalizacja. Ułamkowy kwantowy efekt Halla obserwuje się natomiast w próbkach o dużej ruchliwości elektronów w zakresie drugim, w którym dominuje

oddziaływanie elektron-elektron. Jest on przejawem oddziaływań wielociałowych w dwuwymiarowym gazie elektronowym, znajdującym się w silnym polu magnetycznym B . Jednakże sekwencja „schodków” ułamkowego kwantowego efektu Halla nawet w najczystszych próbkach kończy się w granicy silnego pola B przejściem do stanu izolującego. Uważa się, że ten stan to kryształ elektronowy, zakotwiczony poprzez defekty w półprzewodniku. Trzeci zakres leży w granicy dużej ruchliwości elektronów μ i silnego pola B , gdy nieporządek i oddziaływanie odgrywają równie ważną rolę i muszą być uwzględniane z taką samą dokładnością.

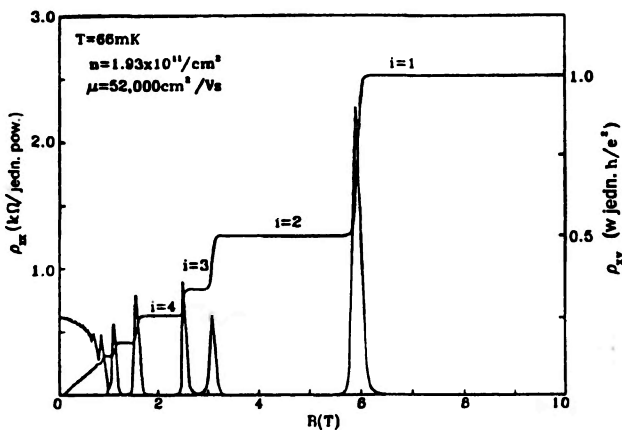


Rys. 1. Współczynniki przenoszenia ρ_{xx} oraz ρ_{xy} dwuwymiarowego gazu elektronowego w heterostrukturze GaAs/Al_xGa_{1-x}As w temperaturze 0,35 K i w dość słabym polu B . Wstawka pokazuje geometrię pomiaru. Pole magnetyczne B jest prostopadłe do płaszczyzny dwuwymiarowego gazu elektronowego i do kierunku przepływu prądu I . Napięcia V oraz V_H są mierzone, odpowiednio, wzdłuż i prostopadle do I . Opór jednostki pola przekroju próbki $\rho_{xx} = (V/L) : (I/W)$ nie zależy od wielkości jej przekroju. Opór hallowski $\rho_{xy} = V_H/I$ nie zależy od szerokości próbki W . Pomiar wykonany przez A. Majumdera.

3. Kwantowe przemiany fazowe w zakresie całkowitego kwantowego efektu Halla

Kwantyzację przewodności hallowskiej do wielokrotności naturalnej jednostki przewodności e^2/h tłumaczy się obecnie jako przejaw występowania przerwy energetycznej, oddzielającej stany wzbudzone od stanu podstawowego, oraz istnienia w tej przerwie stanów zlokalizowanych. W zakresie całkowitego kwantowego efektu Halla, gdy całkowite liczby kwantowe są liczbami całkowicie wypełnionych poziomów Landaua, owa przerwa

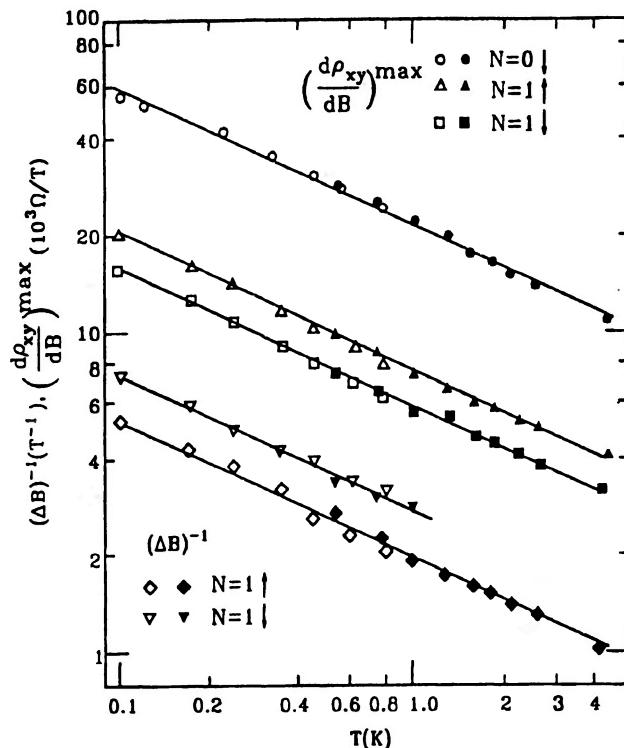
wzbroniona to przerwa Landaua, równa kwantowi energii cyklotronowej. Jak wykazał Laughlin, rozpatrując pewne doświadczenie myślowe, to dokładne kwantowanie jest konsekwencją kwantyzacji ładunku oraz faktu, że w wykonywanym doświadczeniu mierzy się właśnie ściśle ładunek przeniesiony przez wzbudzony elektron. Stany zlokalizowane tworzą się wskutek nieporządku w układzie dwuwymiarowym, dlatego takie wyniki doświadczalne, jak na rys. 2, uwidaczniają przemiany fazowe metal-izolator. Innymi słowy, dla pól magnetycznych odpowiadających zakresom plateau stany elektronowe na poziomie Fermiego E_F są zlokalizowane, a pomiędzy nimi – zdelokalizowane. W miarę spadku temperatury T zakres wartości B odpowiadający istnieniu stanów zdelokalizowanych zmniejsza się i zwąężają się zakresy przejściowe pomiędzy dwoma sąsiednimi zakresami plateau. W granicy $T \rightarrow 0$ zależność $\rho_{xy} = \rho_{xy}(B)$ staje się ściśle schodkowa. Interpretacja fizyczna przejścia Andersona metal-izolator oraz samo doświadczenie są wspaniałymi przykładami kwantowych zjawisk krytycznych w dwóch wymiarach; jako pierwszy zauważył to Pruisken [9].



Rys. 2. Zależność ρ_{xx} oraz ρ_{xy} od indukcji magnetycznej B dla dwuwymiarowego gazu elektronów o niewielkiej ruchliwości w $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$. Wysokości „schodków” na wykresie ρ_{xy} są całkowitymi wielokrotnościami naturalnej jednostki przewodności e^2/h . Pomiar wykonany przez H.P. Wei.

Kwantowe przemiany fazowe zachodzą w temperaturze $T = 0$. Aby powiązać je z obserwacjami doświadczalnymi, trzeba zbadać zależność zachowania się układu od temperatury w zakresie dostatecznie bliskim przemianie fazowej. Zachowaniem tym rządzą szczególne prawa, tzw.

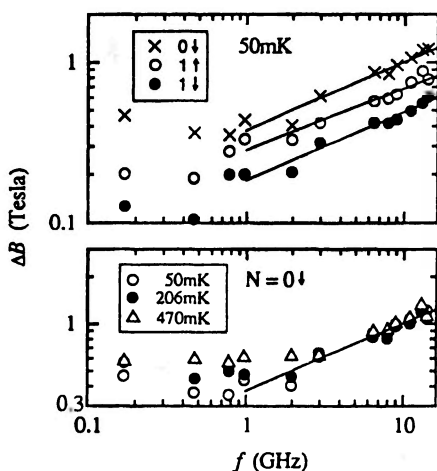
prawa skalowania. W naszym przypadku sprowadza się to do potęgowej zależności zwąężenia zakresu między „schodkami” od temperatury, z wykładnikiem potęgi, który jest stałą uniwersalną. Rysunek 3 przedstawia wyniki Wei i in. [10], któ-



Rys. 3. Wyniki pokazujące zwąężenie „schodków” między zakresami plateau w próbce $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{InP}$ o koncentracji i ruchliwości elektronów odpowiednio $n = 3,3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ i $\mu = 3,4 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Część górna pokazuje maksima wartości $d\rho_{xy}/dB$ dla przejść $i = 1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 3$ oraz $3 \rightarrow 4$ (czyli, odpowiednio, dla liczby kwantowej poziomu Landaua $N = 0 \downarrow, 1 \uparrow$ oraz $1 \downarrow$); część dolna pokazuje odwrotność szerokości połówkowej $(\Delta B)^{-1}$ maksimum ρ_{xx} dla przejść $i = 2 \rightarrow 3$ oraz $3 \rightarrow 4$ (wg [10]).

rzy jako miarę zwąężenia zakresów przejścia przyjęli albo maksimum wartości $d\rho_{xy}/dB$, albo odwrotność szerokości połówkowej $(\Delta B)^{-1}$ maksimum krzywej $\rho_{xy} = \rho_{xy}(B)$. Wyniki te wykazują potęgową zależność $\propto T^{-\kappa}$ z wykładnikiem temperaturowym $\kappa = 0,42 \pm 0,04$ niezależnym od tego, z którymi zakresami plateau mamy do czynienia. Ponadto cechą szczególną kwantowej przemiany fazowej jest to, że zachowanie układu w ograniczonym zakresie zmian częstości jest podobne jak w ograniczonym zakresie temperatury; oba spełniają zależność potęgową z tym samym wykładnikiem. Przejście od jednego do drugiego typu zachowania zachodzi wówczas, gdy $hf = kT$.

Engel i in. [11] badali przewodnictwo mikrofalowe w zakresie częstotliwości 0,2 – 16 GHz w chłodziarce rozcieńczalnikowej, dzięki czemu mogli przejść od zakresu $f < kT/h$, w którym dominuje opisana prosta zależność od temperatury, do zakresu $f > kT/h$, w którym powinna być spełniona potęgowa zależność od częstotliwości. Wyniki ich pomiarów pokazuje rys. 4. Potwierdzają one zależność potęgową od f w zakresie $f > kT/h$ z wykładnikiem częstościowym równym w granicach błędów doświadczalnego wykładnikowi temperatury. Wyniki te potwierdzają również, że przejście pomiędzy zakresami o różnym typie zachowania następuje, gdy $hf \approx kT$.

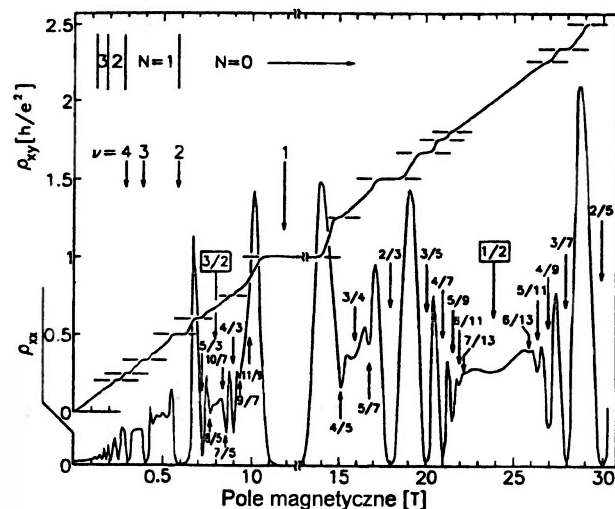


Rys. 4. Zależność szerokości zakresów przejścia między sąsiednimi zakresami plateau od częstotliwości mikrofal. Wykres górny: szerokość połówkowa ΔB krzywej $\sigma_{xx}(f)$ dla przejść $i = 1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$ oraz $3 \rightarrow 4$ (czyli, odpowiednio, dla $N = 0 \downarrow$, $N = 1 \uparrow$ oraz $N = 1 \downarrow$). Linie ciągłe są dopasowaniem metodą najmniejszych kwadratów w zakresie $f \geq 0,97$ GHz zależności $\Delta B \propto f^\gamma$ z wartościami $\gamma = 0,43$, $0,38$ i $0,42$ odpowiednio dla tych trzech przypadków. Wykres dolny: ΔB krzywej $\sigma_{xx}(f)$ dla przejścia $i = 1 \rightarrow 2$ w trzech różnych temperaturach. Linia przedstawia dopasowanie do zależności $\Delta B \propto f^{0,43}$ (wg [11]).

4. Ułamkowy kwantowy efekt Halla

Drugi zakres, w którym dominuje oddziaływanie elektron-elektron można badać w próbkach o dużej ruchliwości elektronów. Wyraźnie widoczny staje się wówczas ułamkowy kwantowy efekt Halla, z dużą liczbą „schodków” na wykresie zależności $\rho_{xy} = \rho_{xy}(B)$ i jednoczesnych minimum na wykresie $\rho_{xx} = \rho_{xx}(B)$ (rys. 5 i 6), które pojawiają się już po wyczerpaniu się ciągu struktur związanych z całkowitym kwantowym efektem

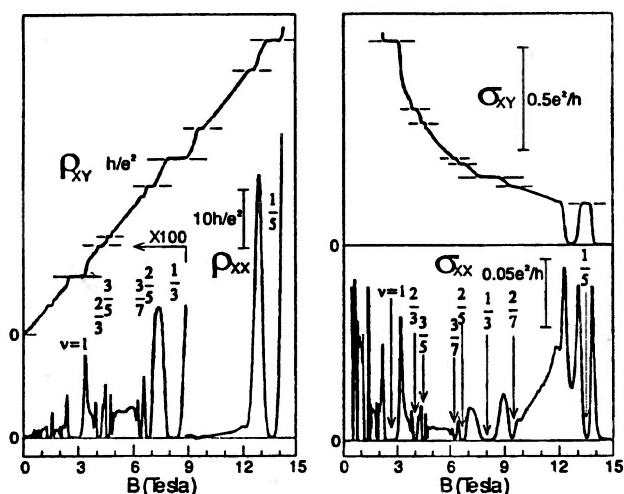
Halla w skrajnej granicy kwantowej $\nu < 1$. Jak wynika z wartości oporu, wysokość tych schodków (zakresów plateau) jest skwantowana w sposób ułamkowy, a występują one wokół tej samej ułamkowej wartości wypełnienia poziomu Landaua. Przy takich ułamkowych wypełnieniach poziomy jednoelektronowe są silnie zdegenerowane



Rys. 5. Zależność ρ_{xx} i ρ_{xy} dwuwymiarowego gazu elektronowego w $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($n = 3,0 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$, $\mu = 1,3 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) od pola magnetycznego. Zakresy plateau oporu hallowskiego o ułamkowym skwantowaniu są oznaczone poziomymi kreskami, a ułamki o nieparzystym mianowniku oznaczają występujące wraz z nimi zakresy zaniku oporu ρ_{xx} . Ponieważ do pomiarów użyto magnesu hybrydowego o stałym polu bazowym, wykresy te są złożeniem czterech różnych krzywych (nieciągłość skali przy ok. 12 T). Temperatura pomiaru wynosiła ok. 150 mK z wyjątkiem wysokopolowego przebiegu hallowskiego, który był zmierzony w $T = 85$ mK. Amplituda wysokopolowego przebiegu ρ_{xx} została zmniejszona o czynnik 2,5 w celu zwiększenia przejrzystości rysunku. N jest liczbą kwantową poziomu Landaua. Podano również wartość czynnika wypełnienia ν (wg [12]).

i nie ma żadnej przerwy energetycznej w pobliżu poziomu Fermiego E_F , która mogłaby doprowadzić do skwantowania oporu hallowskiego. Nową fizykę oddziaływań wielociałowych, które przejawiają się w tym zjawisku, jak również ich szersze implikacje omawiają w swoich wykładach noblowskich Horst Störmer i Bob Laughlin (wykłady te opublikujemy w najbliższych zeszytach *Postępy – Red.*). Ja chciałbym tutaj tylko wspomnieć o zasadzie nieparzystych mianowników, która mówi, że ułamkowe czynniki obsadzenia są zawsze ułamkami o nieparzystych mianownikach, z jednym ustalonym ponad wszelkie wątpliwości wyjątkiem $\nu = 5/2$. Ponad dziesięć lat temu Willet i in. [12]

donieśli o obserwacji głębokiego minimum w zależności ρ_{xx} od B i bezspornego odstępstwa oporu hallowskiego od przebiegu klasycznego w okolicach wypełnienia $\nu = 5/2$, sugerującego pojawienie się ułamkowego kwantowego efektu Halla także dla parzystego ułamka $5/2$. Bardzo niedawno Wei Pan i Jiang-Sheng Xia we współpracy z grupą mikrokelwinową z Uniwersytetu Florydy w Gainesville ochłodzili dwuwymiarowy gaz elektronowy do temperatury niższej od 10 mK i zaobserwowali kwantyzację plateau hallowskiego z dokładnością lepszą od 2 części na 10^6 , co już zupełnie jednoznacznie wskazuje na związek stanu podstawowego przy $\nu = 5/2$ z ułamkowym kwantowym efektem Halla.



Rys. 6. Współczynniki przenoszenia dla dwuwymiarowego gazu elektronowego w próbce GaAs/Al_xGa_{1-x}As ($n = 6,5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$, $\mu = 1,5 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) umieszczonej w polu magnetycznym. Po lewej: ρ_{xx} i ρ_{xy} w 40 mK. Po prawej: wartości σ_{xx} i σ_{xy} , obliczone jako odwrotność odpowiednio ρ_{xx} i ρ_{xy} . Jednoczesne znikanie σ_{xy} i σ_{xx} w $B \approx 12,8 \text{ T}$ i dla $B > 14 \text{ T}$ wskazuje na właściwości izolujące. Wyniki otrzymane przez Y.P. Li.

5. Zakres dwuwymiarowej krystalizacji, wymuszonej polem magnetycznym

Istnieje wreszcie zakres trzeci, w którym nieporządek i oddziaływania są jednakowo ważne. Jest to zakres niewielkiego wypełnienia, zaczynający się, gdy ułamkowy szereg kwantowego efektu Halla kończy się przejściem do fazy izolującej. Przewiduje się, że w nieobecności nieporządku idealny dwuwymiarowy gaz elektronowy utworzy przy dostatecznie niskich wypełnieniach kryształ dwuwymiarowy. Jednakże w układach rze-

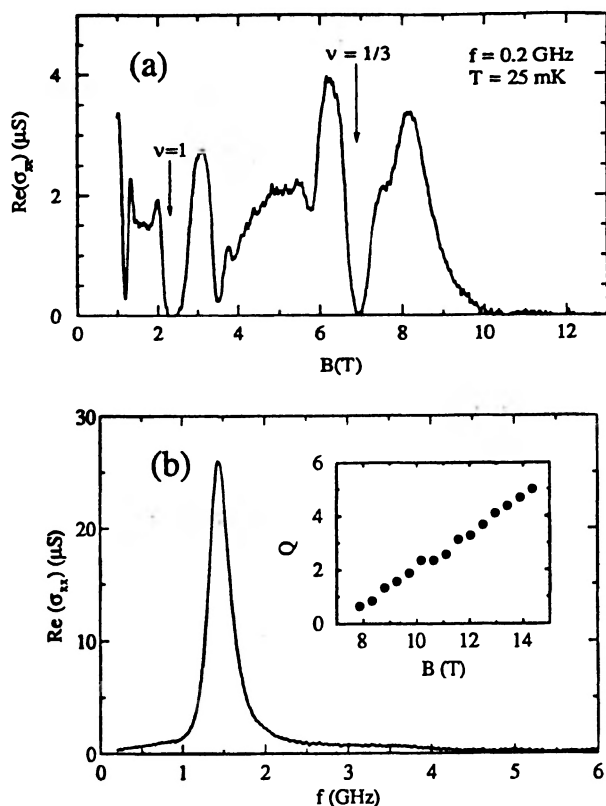
czywistych zawsze występuje pewien nieporządek, który może w zasadniczy sposób zmienić stan podstawowy. Jak dotychczas właściwości izolujące obserwuje się dla gazu elektronów o najwyższej ruchliwości przy $\nu < 1/5$, a dla gazu dziur przy $\nu < 1/3$. Występowanie w najczystszych wytwarzanych układach dwuwymiarowych tej fazy izolującej przypisuje się krystalizacji dwuwymiarowego gazu elektronów lub dziur pod wpływem bardzo silnego pola B . Jednakże kryształ taki jest „zakotwiczone” na defektach w półprzewodniku, zatem nie może „ślizgać się” i przewodzić elektryczności.

Od strony doświadczalnej jest to zakres bardzo trudny. Wymaga wszystkiego, co najlepsze: próbek o największej ruchliwości nośników, najniższych temperatur i najsilniejszych pól magnetycznych. Ponieważ mamy do czynienia z izolatorem, możliwości prowadzenia pomiarów przewodności w stałym polu są ograniczone. Pomiarów mikrofalowe, na pierwszy rzut oka bardziej odpowiednie, są bardzo trudne i najeżone różnymi pułapkami. W rezultacie przeprowadzono niewiele jednoznacznych doświadczeń i nie ma zbyt wielu bezpośrednich informacji o krystalicznej naturze stanu podstawowego. Bardzo liczne własności tej fazy izolującej pozostają nieznanymi i nie zbadanymi. Niedawno Chin-Chun Li i Lloyd Engel dokonali ulepszeń w swym układzie pomiarów absorpcji mikrofal i uzyskali wyniki (rys. 7), ukazujące ostry rezonans przewodności w fazie izolującej przy częstotliwości ok. 1,5 GHz, zgodnej z oczekiwaniami dla kryształu unieruchomionego wskutek zakotwiczenia [13]. Jest jednak zdumiewające, że rezonans ten jest tak ostry, z czynnikiem dobroci Q znacznie większym od 1. Wartość Q , jak pokazuje wstawka na rys. 7b, zwiększa się ze wzrostem B w całym zakresie, nawet dla najsilniejszych przykładanych pól. Tak więc, jak się wydaje, w zakresie fazy izolującej kryje się nowa, nietrywialna fizyka, i z niecierpliwością oczekujemy na wyniki nowych doświadczeń w tym zakresie.

Podziękowania

Na zakończenie muszę podkreślić, że nigdy nie wyruszylibyśmy wraz z Horstem Störmerem w podróż do krainy ułamkowego kwantowego efektu Halla, gdyby w jej początkach nie towarzyszył nam Art Gossard. Aby mogła ona trwać aż do dnia dzisiejszego, potrzebna była intelek-

tualna stymulacja i młodzieńcza żywotność naszych doktorantów i stażystów, jak również współ-



Rys. 7. (a) Zależność części rzeczywistej składowej diagonalnej przewodności od indukcji magnetycznej B dla dwuwymiarowego gazu dziur o koncentracji $5,5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ i ruchliwości $\mu = 3,5 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ w $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$. Dwuwymiarowy gaz dziurowy staje się izolatorem dla indukcji większej od ok. 10 T. (b) Absorpcja rezonansowa mikrofal w izolującym dwuwymiarowym gazie dziurowym dla $B = 13 \text{ T}$ i $T = 25 \text{ mK}$. Wstawka pokazuje zależność dobroci wnęki Q od B (wg [13]).

praca i wkład naszych kolegów z Laboratoriów Bella, Uniwersytetu w Princeton i z innych zaprzyjaźnionych ośrodków. Do ich grona zaliczają się: K.W. Baldwin, P. Berglund, G.S. Boebinger, A.M. Chang, R. Du, J.P. Eisenstein, L.W. Engel, V.J. Goldman, M. Grayson, M. Hilke, H.W. Jiang, G. Kaminsky, C. Li, Y.P. Li, M.A. Paalanen, W. Pan, A. Pruisken, T. Sajoto, D. Shahar, J.A. Simmons, Y.W. Suen, H.P. Wei, R. Wil-

let i A. Yeh. Bardzo cennego wsparcia, które umożliwiło mi kontynuację badań po przejściu na Uniwersytet w Princeton, udzielili mi również moi koledzy – specjaliści w dziedzinie od fizyki materiałów: K. Alavi, A.Y. Cho, J.E. Cunningham, J.H. English, A.C. Gossard, J.C.M. Hwang, J.F. Klem, R.A. Logan, L.N. Pfeiffer, M. Razeghi, M.B. Santos, M. Shayegan, W.T. Tsang, C.Tu, G. Weimann, K.W. West i W. Wiegmann, którzy nauczyli mnie podstaw wiedzy o materiałach półprzewodnikowych i ich otrzymywaniu oraz często dostarczali próbek potrzebnych do prowadzenia doświadczeń.

Tłumaczył Jacek Kossut
Instytut Fizyki PAN
oraz Szkoła Nauk Ścisłych
Warszawa

Literatura

- [1] T. Ando, A.B. Fowler, F. Stern, *Rev. Mod. Phys.* **54**, 437 (1983).
- [2] D.C. Tsui, H.L. Störmer, A.C. Gossard, *Phys. Rev. Lett.* **48**, 1559 (1982).
- [3] D.C. Tsui, *Phys. Rev. Lett.* **24**, 303 (1970).
- [4] S. Kawaji, J. Wakabayashi, *Surface Sci.* **58**, 238 (1976).
- [5] A.Y. Cho, *MRS Bulletin* **20**, 21 (1995).
- [6] H.L. Störmer, R. Dingle, A.C. Gossard, W. Wiegmann, M. Sturge, *Solid State Commun.* **29**, 705 (1979).
- [7] T. Ando, Y. Uemura, *J. Phys. Soc. Japan* **36**, 959 (1974).
- [8] K. von Klitzing, G. Dorda, M. Pepper, *Phys. Rev. Lett.* **45**, 494 (1980).
- [9] A.M.M. Pruisken, *Phys. Rev. B* **32**, 2636 (1985).
- [10] H.P. Wei, D.C. Tsui, M.A. Paalanen, A.M.M. Pruisken, *Phys. Rev. Lett.* **61**, 1294 (1988).
- [11] L.W. Engel, D. Shahar, C. Kurdak, D.C. Tsui, *Phys. Rev. Lett.* **71**, 2638 (1993).
- [12] R. Willett, J.P. Eisenstein, H.L. Störmer, D.C. Tsui, A.C. Gossard, J.H. English, *Phys. Rev. Lett.* **59**, 1776 (1987).
- [13] C.-C. Li, L.W. Engel, D. Shahar, D.C. Tsui, M. Shayegan, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 1353 (1997).

Duch elektroniki, czyli zawiła historia krzemu

Maciej Suffczyński

Instytut Fizyki PAN, Warszawa

Electronic Genie. The Tangled History of Silicon

Abstract: A monograph on the development of the solid state electronics, and Frederick Seitz's scientific activity, are reviewed.

Ukazała się monografia pt. *Electronic Genie. The Tangled History of Silicon* [1], opisująca kolejne odkrycia, które doprowadziły do wynalezienia tranzystora. Historia zaczyna się właściwie od samych początków chemii. Pierwsza ilustracja monografii przedstawia Antoine'a Laurenta Lavoisiera i jego żonę na obrazie Jacques'a Louisa Davida z 1788 r. Lavoisier już w roku 1789, redukując tlenki, wyraził przypuszczenie, że kwarc jest tlenkiem nieznanego, ale ważnego pierwiastka. Joseph Louis Gay-Lussac i Louis J. Thénard w 1811 r. oraz Jacob J. Berzelius w 1824 r. przygotowali próbki krzemu. Berzelius uważał krzem za metal, sir Humphry Davy – za izolator. W latach 1856–58 Friedrich Wöhler wyprodukował kryształy krzemu. Monografia, obejmująca zdumiewająco szeroki horyzont, przedstawia w rozdz. 2 i 3 początki telegrafu bez drutu. Szczegół m.in. o wynalazcy z Kalkuty Hindusie J.C. Bosem, który w 1901 r. zgłosił, a w 1904 r. otrzymał w USA patent na prostownik galenowy, świadczy o tym, jak skrupulatnie i starannie zbierane były dane do monografii. Rozdział 4 „Semiconductors” podaje, że pod koniec XVIII w. Alessandro Volta nazywał „materiałami natury półprzewodzącej” te substancje, które nie były ani dobrymi przewodnikami, ani dobrymi izolatorami. Rozdział 5 „Rectification” za pomocą przejrzystych diagra-

mów przedstawia zasadę działania prostującego półprzewodnika.

Na podstawie mechaniki kwantowej powstała w latach trzydziestych teoria pasmowa stanów elektronowych w kryształach. Eugene P. Wigner i jego pierwszy w Stanach Zjednoczonych doktorant Frederick Seitz wprowadzili prosty model tzw. „kuli Wignera-Seitza” i obliczyli funkcję falową elektronu walencyjnego metalicznego sodu [2,3]. Seitz następnie wyprowadził jawną postać macierzy generatorów operacji przestrzennych, obrotów i translacji, dla 230 grup krystalograficznych [4,5]. Wydał monografie [6,7] stanowiące wykłady teorii ciała stałego.

Rozdziały 6–12 przedstawiają historię radaru z mało znanymi szczegółami rozwiązań technicznych, opracowywanych kolejno w Niemczech, Francji, Związku Radzieckim, Wielkiej Brytanii, Stanach Zjednoczonych i Japonii. Rozdział 13 opisuje Laboratoria Bella, a rozdział 14 „The Discrete Transistor” opisuje prace prowadzące do odkrycia: William Shockley proponuje tranzystor polowy na kryształ germanu [8]. W 1947 r. John Bardeen i Walter H. Brattain budują ostrzowy, dwupunktowy, bipolarny tranzystor na kryształ germanu. W grudniu demonstrują wzmocnienie napięcia o dwa rzędy wielkości oraz czterdziestokrotne wzmocnienie natężenia prądu [9].

W przypisach na ss. 183–5 zanotowany jest szczególnie: J. Bardeen uzyskał patent USA nr 2 254 033 „Three electrode circuit element using semiconducting materials”, zgłoszony 26 lutego 1948 r., a przyznany 3 października 1950 r. W tych przypisach wymieniony jest także Julius Edgar Lilienfeld, który na uniwersytecie w Lipsku wynalazł „solid-state amplifier” (tranzystor na półprzewodniku, siarczku miedziawym Cu_2S) i po wyemigrowaniu do Stanów otrzymał tam w latach 1930–33 patenty na urządzenia do kontroli i wzmacniania prądów elektrycznych [10–12].



Frederick Seitz

J. Bardeen, W.H. Brattain i W. Shockley otrzymali Nagrodę Nobla z fizyki w 1956 r. Późniejsze ich losy opisuje krótko rozdz. 15. J. Bardeen przeszedł na Wydział Fizyki i „Electrical Engineering” University of Illinois. W 1972 r. J. Bardeen, wraz z Leonem N. Cooperem i J. Robertem Schriefferem, otrzymali Nagrodę Nobla z fizyki za teorię nadprzewodnictwa. W. Shockley w 1955 r. założył Shockley Transistor Corporation w Palo Alto. Tak zapoczątkowany został w Kalifornii rozwój Silicon Valley [9,13]. Interesujące dalsze szczegóły historyczne podane są we wspomnieniach F. Seitza [14] i H. Ehrenreicha [15] w *Physics Today*.

Rozdział 16 szkicuje rozwój technologii materiałów półprzewodnikowych i układów logicznych

w latach 1948–60. Już w 1934 r. Eugene P. Wigner zwrócił uwagę Seitza na metodę wyciągania kryształów metali ze stopu wynalezioną w 1916 r. przez Jana Czochralskiego [16–19] i opublikowaną w *Zeitschrift für physikalische Chemie* (1918).

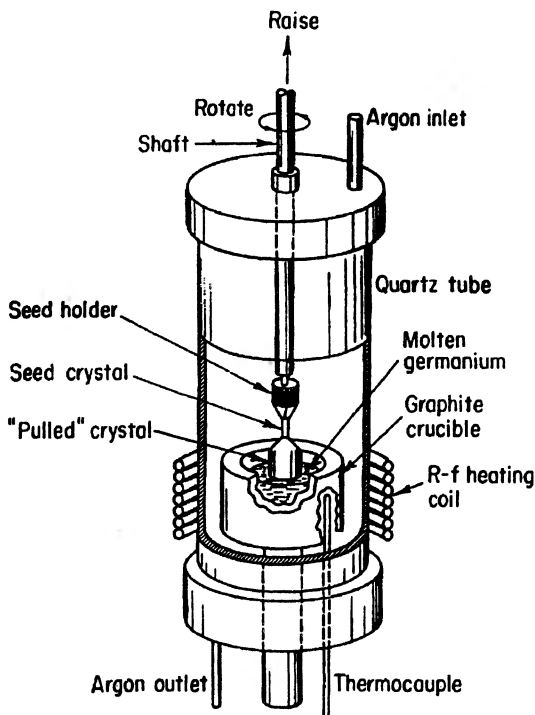
W 1950 r. Gordon K. Teal i J.B. Little w krótkim liście do *Physical Review* [20] zasygnalizowali, iż stosując technikę Czochralskiego wzrostu z zarodka pojedynczych kryształów germanu za pomocą wyciągania ze stopionego germanu, otrzymywali walce monokryształu o długości paru cali i średnicy rzędu jednego cala [19,21–26]. We



Gordon K. Teal, pracujący w Laboratorium Bella, a później w Texas Instruments, prowadził hodowlę pojedynczych kryształów krzemu. Stwierdził, że metoda Czochralskiego wyciągania kryształów jest najbardziej zadowalająca [1].

wczesnych latach pięćdziesiątych grupy badaczy w laboratorium Texas Instruments przekonują się o zaletach krzemu. Elektronowa przerwa wzbromiona krzemu (1,17 eV), korzystnie przewyższa przerwę germanu (0,74 eV). Rola krzemu w przemysłowym wytwarzaniu diod prostujących i tranzystorów staje się decydująca, odkąd Teal stosując metodę Czochralskiego opracował metodę wyciągania dużego kryształu krzemu, minimalizującą napięcia termiczne. Na s. 205 monografii schematyczny diagram ilustruje współczesną wersję aparatury z opisem zasady metody Czochralskiego. Na fotografiach na s. 249 pokazane są: wyciągnięty metodą Czochralskiego kryształ krzemu

o średnicy 30 cm oraz płytki krzystalu krzemu o średnicach 20 i 40 cm.



Schemat aparatury do wzrostu krystalu krzemu metodą Czochralskiego. Zorientowany zarodek krzystalu na końcu obracającego się pręta, zanurzony w stopionym krzemie, jest powoli wyciągany. W odpowiedniej temperaturze, ze stopu wyciągany jest wałek krzystalu o kontrolowanym promieniu. Z walca można następnie wycinać płytki krzemowe dla celów elektroniki [1].

Rozdziały 17–18 szkicują dalsze prace, których wynikiem były układy scalone, i kolejne postępy w latach sześćdziesiątych. Rozdział 19 krótko streszcza szeroki zakres badań i produkcji podjęty w Texas Instruments i dalej prace w Japonii nad ekranami na ciekłych krystalach. Wizje dających się przewidzieć postępów w rozwoju elektroniki ciała stałego naszkicowane są w ostatnim rozdziale i w dwóch dodatkach.

Na uznanie zasługuje w tej monografii dokładne cytowanie źródeł, a także przedstawienie starannie zebranych fotografii i wykresów, pochodzących z wielu różnych pracowni i archiwów krajów uprzemysłowionych. Brakuje w przypisach, przy dobrych portretach osób, wiadomości o latach ich życia. A wielu z tych, których idee, wynalazki czy pomysły doświadczalne okazały się ważne, i w końcu rozstrzygające o dalszym postępie, pozostaje ludźmi mało znanymi, czy wprost nieznanymi.

Monografia szkicuje decydujące dla rozwoju nauki o materiałach osiągnięcia teoretyczne, przynosi mnóstwo szczegółów dramatycznych sytuacji i wydarzeń, które doprowadziły do kulminacyjnego odkrycia tranzystora. Oddaje sprawiedliwość poważnemu wysiłkowi pracowników przemysłu, tej wielkiej, trudnej do zliczenia rzeszy naukowców, fizyków, chemików, petrografów, mineralogów, krystalografów, inżynierów i menedżerów, których pomysły, praca i różnorodna działalność doprowadziły do powstania elektroniki ciała stałego.

Nasuwa się prosty wniosek, że naturalne zainteresowanie otaczającym nas światem, usiłowanie odgadnięcia jego prawideł, wytrwałe dążenie do zrozumienia go i uparta praca nad wykorzystaniem tkwiących w nim możliwości, mimo wszystkich trudności pojęciowych, mimo różnych przeszkód i przeciwności przy początkowych próbach doświadczalnych realizacji, dają w końcu wyniki, które pozwalają w rozsądny sposób poprawiać warunki cywilizacyjne życia.

Frederick Seitz, syn profesora historii, wykładowca przez lata na uniwersytecie w Hongkongu, ma duże zrozumienie dla mentalności przedstawicieli różnych narodów. Seitz przełożył m.in. z języka niemieckiego na angielski i poprzedził wstępem autobiograficzne wspomnienia [27] Nikolausa Riehla (1901–1990). Ten radiochemik doktoryzował się pod kierunkiem Lizy Meitner w 1927 r., wydał monografię na temat luminescencji [28] i należał do grupy naukowców, którzy od czerwca 1945 do kwietnia 1955 r. brali udział w pracach nad separacją izotopu uranu-235 w Nogińsku pod Moskwą, a później w Sungul między Swierdłowskim a Czelabińskim w ośrodku zorganizowanym pod kierunkiem Ł.P. Berii. Na uwagę zasługuje przełom w postępie tych prac z chwilą przejścia do fluorku, zamiast tlenku, uranu. Wspomnienia Riehla są ilustrowane przeszło 60 dobrze opisanymi zdjęciami wybitnych fizyków niemieckich i radzieckich oraz ludzi, którym fizycy podlegali.

Frederick Seitz po studiach na Uniwersytecie w Princeton (1932–35) pracował na Uniwersytecie w Rochester (1935–37) i w General Electric Research Laboratories w Schenectady (1937–39), gdzie badał własności fluorescencji chlorku potasu domieszkowanego chlorkiem talu. Został profesorem na Uniwersytecie Pensylwanii (1942–49). Tu,

wspólnie z chemikami z firmy Du Pont opracował proces redukcji czterochloru krzemu za pomocą cynku, dający kryształy krzemu o czystości umożliwiającej wytwarzanie prostujących diod. Seitz pracował też na wydziale fizyki Carnegie Institute of Technology (1942–49). Zaproponował modele centrów barwnych w kryształach halogenków metali alkalicznych [29]. W latach 1943 i 1946–47 Seitz pracował jako doradca programów badań nad zmianami w materiałach, zwłaszcza w graficie, a także w aluminium, powodowanymi przez neutrony w reaktorze jądrowym. Był profesorem fizyki na Uniwersytecie Illinois (1949–65). Wybrany w 1951 r. członkiem National Academy of Sciences, był jej prezesem w latach 1962 i 1965. W 1960 r. był wybrany przewodniczącym Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego. Jest honorowym członkiem National Academy of Engineering. Honorowe stopnie przyznały mu 32 uniwersytety na świecie. Frederick Seitz znany jest jako redaktor, wraz z Davidem Turnbullem, serii „Solid State Physics” wydawnictwa Academic Press. Wyrazem zainteresowania rozwojem nauki są autobiograficzne wspomnienia Seitza [30] i jego uwagi na temat historii nauk przyrodniczych [31]. W 1963 r. Seitz brał udział w Zebraniu Ogólnym IUPAP-u w Warszawie. Wówczas długo rozmawiał z profesorami Leonardem Sosnowskim i Wojciechem Rubinowiczem. W 1968 r. Seitz został rektorem Rockefeller University w Nowym Jorku. W późniejszych latach, jako profesor emerytowany Rockefeller University, ciągle aktywnie konsultował kilka poważnych przedsięwzięć naukowych w Stanach Zjednoczonych. W raporcie specjalnej komisji, w skład której wchodził Frederick Seitz i Edward Teller, badanie warunków bezpieczeństwa narodowego doprowadziło do konkluzji, że „nie jest możliwe, by informacja zaklasyfikowana jako tajna pozostała bezpieczna dłużej niż pięć lat” [32]. W ostatnich latach Seitz pracował także w Narodowym Zespole Doradczym ds. zwalczania raka.

Drugi z autorów monografii, Norman G. Einspruch, był wiceprezesem Texas Instruments, a obecnie pracuje jako profesor na Wydziale Inżynierii Przemysłowej Uniwersytetu Miami; był redaktorem serii „Microstructure and Science”.

Profesor F. Seitz dostarczył mi w kilku listach parę istotnych szczegółów oraz swoją fotografię, za co wyrażam mu podziękowanie.

Literatura

- [1] F. Seitz, N.G. Einspruch, *Electronic Genie. The Tangled History of Silicon* (University of Illinois Press, Urbana and Chicago 1998).
- [2] E. Wigner, F. Seitz, *Phys. Rev.* **43**, 804 (1933).
- [3] E. Wigner, F. Seitz, *Phys. Rev.* **46**, 509 (1934).
- [4] F. Seitz, *Z. Kristallogr.* **88**, 433 (1934), **90**, 289 (1935), **91**, 336 (1935), **94**, 100 (1936).
- [5] F. Seitz, *Annals of Math.* **37**, 17 (1936).
- [6] F. Seitz, *The Modern Theory of Solids* (McGraw-Hill, New York 1940).
- [7] F. Seitz, *The Physics of Metals* (McGraw-Hill, New York 1943).
- [8] W. Shockley, *Electrons and Holes in Semiconductors, with Applications to Transistor Electronics* (Van Nostrand, New York 1950).
- [9] M. Riordan, L. Hoddeson, C. Herring, *Rev. Mod. Phys.* **71**, S336 (1999).
- [10] V.E. Bottom, *Phys. Today* **17** (2), 24 (1964).
- [11] J.B. Johnson, *Phys. Today* **17** (5), 60 (1964).
- [12] W. Sweet, *Phys. Today* **41** (5), 87 (1988).
- [13] M. Riordan, L. Hoddeson, *Postępy Fizyki* **50**, 34 (1999).
- [14] F. Seitz, *Phys. Today* **48** (1), 22 (1995).
- [15] H. Ehrenreich, *Phys. Today* **48** (1), 28 (1995).
- [16] J. Czochralski, *Z. phys. Chem.* **92**, 219 (1918).
- [17] P.E. Tomaszewski, *Postępy Fizyki* **38**, 547 (1987).
- [18] P.E. Tomaszewski, *Wiadomości Chemiczne* **41**, 597 (1987).
- [19] P.E. Tomaszewski, *American Association for Crystal Growth* **27** (2), 12 (1998).
- [20] G.H. Teal, J.B. Little, *Phys. Rev.* **78**, 647 (1950).
- [21] Landolt-Börnstein, *Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik, Neue Serie, Gruppe III: Kristall- und Festkörperphysik, Band 17, Halbleiter* (Springer-Verlag, Berlin 1984).
- [22] *Handbook of Crystal Growth*, red. D.T.J. Hurle (North-Holland, Amsterdam 1993).
- [23] P.Y. Yu, M. Cardona, *Fundamentals of Semiconductors, Physics and Materials Properties* (Springer, Berlin 1996).
- [24] B. Paszkowski, A. Jeleński, *Elektronika* **50** (5), 3 (1999).
- [25] T. Łukasiewicz, *Elektronika* **50** (5), 6 (1999).
- [26] A. Bukowski, P. Zabierowski, *Elektronika* **50** (5), 10 (1999).
- [27] N. Riehl, F. Seitz, *Stalin's Captive, Nikolaus Riehl and the Soviet Race for the Bomb* (American Chemical Society and the Chemical Heritage Foundation, 1996).
- [28] N. Riehl, *Physik und technische Anwendungen der Lumineszenz* (J. Springer, Berlin 1941).
- [29] F. Seitz, *Rev. Mod. Phys.* **18**, 384 (1946); **26**, 7 (1954).
- [30] F. Seitz, *On the Frontier: My Life in Science* (American Institute of Physics Press, New York 1994).
- [31] F. Seitz, *The Science Matrix, The Journeys, Travails, Triumphs* (Springer, New York, Berlin 1998).
- [32] Ph. Yam, *Świat Nauki* **8** (96), 10 (1999).

Rola pozaszkolnych pokazów z fizyki

Małgorzata Klisowska

Instytut Fizyki, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Rzeszów

The role of the out-of-school physics demonstrations

Abstract: The out-of-school demonstrations, by innovative use of both standard and modern, well-known equipment can be used to show that physics is exciting.

Dewiza Polskiego Towarzystwa Fizycznego *Experimento et mente* może ilustrować współczesne spojrzenie na związek zdobywanej wiedzy oraz nabywanych umiejętności z zakresu fizyki jako przedmiotu nauczania oraz skuteczności nauczania powszechnego. Podobnie jak sama fizyka, tak również jej nauczanie nie może odbywać się bez obserwacji i „stawiania pytań przyrodzie” – zaplanowanego pokazu lub eksperymentu. Narastające w praktyce szkolnej lekceważenie doświadczenia i wywyższanie „czystej myśli” zaburza relacje pomiędzy spostrzeganiem i myśleniem wnioskującym. Skutkiem tego błędne jest traktowanie pokazu czy doświadczenia wyłącznie jako swoistej metody poznawania przyrody, a nie jako wciąż wzbogacanej treści poznania i działania ludzi.

W tych okolicznościach ważną rolę zarówno dydaktyczną, jak i poznawczą odgrywają otwarte, pozaszkolne pokazy z fizyki, organizowane dla uczniów różnego typu szkół.

Dzięki życzliwości członków Oddziału Lubelskiego PTF z Instytutu Fizyki UMCS oraz podjętej współpracy z Oddziałem Rzeszowskim i Katedrą Fizyki Politechniki Rzeszowskiej odbyły się – w nawiązaniu do tradycji pokazów lubelskich – po raz pierwszy w Rzeszowie 40. Pokazy z Fizyki.

W dniach od 14 do 17 czerwca 1999 r. największą salę wykładową Politechniki Rzeszowskiej zapełniła rzesza 1500 uczniów z różnych miejscowości woj. podkarpackiego i różnego typu szkół. W pokazach najliczniej uczestniczyli uczniowie

m.in. z Mielca, Stalowej Woli, Przemyśla, Zaczernia, Kąkolówki, Tyczyna, Hermanowej, Łańcuta oraz Rzeszowa. Tak duże przedsięwzięcie było możliwe dzięki życzliwości władz Politechniki Rzeszowskiej. Ich zrozumienie dla znaczenia popularyzacji fizyki wyrażone zostało również przez obecność na pokazach.

Pokazy potwierdzają, że żywy kontakt uczniów i nauczycieli z fizykami z wyższych uczelni odgrywa ważną rolę w kształtowaniu zainteresowań u tych pierwszych oraz doskonaleniu techniki demonstracji i efektywności kształcenia u tych drugich. Dzięki pokazom niejedynemu nauczyciel odkrył u swoich uczniów zdolność „bezsresowego” odbioru złożonych nieraz treści fizycznych oraz przypomniał sobie, że animatorem i twórcą atmosfery panującej w klasie na lekcji fizyki jest przede wszystkim on sam.

To, że fizykę można i warto popularyzować w sposób lekki, dowcipny i przyjazny dla uczniów – wciągając ich do wspólnych doświadczeń, oraz że nawet złożone zjawiska fizyczne można przedstawić w sposób przystępny i ciekawy dla ucznia udowodnili w Rzeszowie prowadzący pokazy: prof. Bogdan Adamczyk, prof. Leszek Michalak, dr Wojciech Zarębski (wszyscy z IF UMCS), dr Małgorzata Klisowska (IF WSP Rzeszów) i dr Tomasz Więcek (KF PRz). W sprawnym przebiegu pokazów pomagali organizatorzy pokazów z Katedry Fizyki PRz: dr Maria Leśniak i dr Tadeusz Jasiński. Nad całością spraw orga-

nizacyjnych czuwał niezastąpiony mgr Piotr Staszewski (IF UMCS).

W programie 2-godzinnych pokazów znalazły się:

1) przemiany energii i doświadczenia „ekologiczne”: zjawisko odrzutu – młynek parowy i silnik odrzutowy, zjawisko Bernoulliego, „ogórkowe” ogniwo galwaniczne, działanie silnego pola elektrostatycznego, prądy wirowe i zjawisko lewitacji, rozchodzenie się dźwięku w helu (prof. B. Adamczyk, prof. L. Michalak);

2) rola dźwięku i obrazu w terapii osób jąkających się: echokorektor mowy w wersji elektronicznej tzw. „gadająca kaczka” i konwencjonalnej – w osobie prof. Adamczyka z wiadrem;

3) doświadczenia z optyki: własności falowe światła, zjawisko odbicia i załamania, dyfrakcja, składanie barw, powstawanie barwnych fotografii, polaryzacja światła, elastooptyka (dr W. Zarębski); powstawanie hologramów i ich prezentacja (dr T. Więcek);

4) eksperymenty wspomagane komputerem: badanie rozładowania kondensatora, badanie prądu indukcyjnego, obserwacja widm dyfrakcyjnych (dr M. Klisowska).

Eksperyment, to pytanie postawione przyrodzie. Aby jednak otrzymać odpowiedź, niezbędną jest finezja techniczna w przygotowaniu i wykonaniu doświadczenia. Jest to jeszcze ważniejsze, gdy odbiorcami danych empirycznych są dzieci i mło-

dzie z słabo ustrukturyzowaną wiedzą fizyczną. W takim przypadku przeważa u ucznia „kolekcjonowanie” zdarzeń na poziomie faktów (konkretów). Zestawiane są wydarzenia analogiczne. Najlepiej zapamiętywane są wydarzenia pierwsze (czyli nie podobne do pozostałych) i wrażenia (czyli doświadczanie czegoś bardzo silnie związanego z emocjami).

Wspominając atmosferę pokazów i reakcje uczniów należy wyrazić nadzieję, że przeprowadzone demonstracje przypomniły nauczycielom, iż uwzględnienie tych dwóch zasad leży u podstaw powodzenia i skuteczności jakiegokolwiek nauczania. O tym, że fizyka może zaciekawiać i zjednywać sobie entuzjastów świadczą owacje po każdej serii pokazów!

Niewątpliwie głównym animatorem niezwyklej atmosfery pokazów był prof. Adamczyk. Jego upór w usprawnianiu i naprawianiu „opornych” zestawów, przemyślenia i życzliwe uwagi metodyczne przemieniały pokazy dla uczniów w nasze „terminowanie u mistrza” (za co na ręce Profesora składam szczególne podziękowania).

Należy wyrazić nadzieję, że Pokazy z Fizyki w Rzeszowie – na wzór pokazów lubelskich – znajdą swoje stałe miejsce w kalendarzu na tyle dogodne, że będą mogli w nich uczestniczyć nie tylko uczniowie, ale i studenci WSP przygotowujący się do roli nauczycieli zarówno fizyki, jak i nauk przyrodniczych.



Organizatorzy i prowadzący pokazy (OL – Oddział Lubelski PTF, ORz – Oddział Rzeszowski PTF): od lewej – prof. B. Adamczyk (OL), dr T. Jasiński (ORz), dr M. Klisowska (ORz), mgr P. Staszewski (OL), prof. L. Michalak (OL), dr W. Zarębski (OL), dr M. Leśniak (ORz).

Hidden Symmetry '98

Fizycy różnych specjalności niezwykle cenią sobie poznawczą rolę symetrii. Oprócz łatwo dostrzegalnej symetrii geometrycznej istnieje także symetria ukryta, której znaczenie podkreślił Hermann Weyl, przedstawiając w swojej książce receptę na jej poszukiwanie (H. Weyl, *Symmetry* (Princeton University Press, 1952)).

Recepta Weyla była przedmiotem pierwszych dwóch konferencji „Hidden Symmetry of Physical Structures: Recipe of Weyl”, zorganizowanych w ubiegłych latach przez Instytut Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie i Rzeszowski Oddział PTF. Materiały konferencyjne zostały opublikowane przez Wydawnictwo WSP w Rzeszowie w 1995 i 1997 r.

Tematem konferencji „Hidden Symmetry of Physical Structures: Layer Crystals”, zorganizowanej w dniach 20–22 października 1998 r., były ogólne rozważania teoretyczne dotyczące symetrii oraz badania teoretyczne i eksperymentalne w dziedzinie fizyki kryształów warstwowych. Liczne materiały, takie jak: półprzewodniki, wysokotemperaturowe nadprzewodniki, półprzewodniki organiczne, ciekłe kryształy itp., wykazują strukturę warstwową. Silna anizotropia krystalograficzna jest przyczyną wielu nowych właściwości takich kryształów. Połączenie w jednej konferencji zagadnień teoretycznych i eksperymentalnych było celowym zamierzeniem jej organizatorów, gdyż, jak wyraził się prof. Wybourne w swoim wykładzie: „symetrię zawsze należy weryfikować doświadczalnie”.

Wykład wprowadzający na temat symetrii i stabilności systemów dynamicznych, oparty na symetrii i topologii powierzchni Riemanna, wygłosił prof. J. Mozrymas (Wrocław). Prof. J. Karwowski (Toruń) przedstawił statystyczne właściwości widm odpowiadających hamiltonianom modeli. Interesujący wykład dotyczący roli nieplanarnych grafów Kuratowskiego w badaniu molekuł organicznych wygłosił także prof. M. Suffczyński (Warszawa). Ukrytą symetrię w badaniach defektów radiacyjnych w kryształach omówił prof. V.M. Koszkin z Charkowa.

W konferencji brali udział także doktoranci i studenci fizyki. Ich referaty, podobnie jak wykłady prof. A. Theophilou (Ateny), prof. W. Caspersa (Enschede), prof. T. Lulka (Rzeszów), dr T. Wydro (Metz), koncentrowały się na tzw. podstawieniu Bethego i związanej z nim symetrii jednowymiarowych układów spinowych (kompletność rozwiązania Bethego, grupy kwantowe, konfiguracje Kerowa-Kiriłowa-Reszotkina, inwarianty konforemne, hipoteza adiabatyczna).

Oddzielną częścią tematyczną konferencji była symetria i silna anizotropia w kryształach warstwowych i jej odzwierciedlenie w widmach elektronowych i fononowych. Interesujące wyniki obliczeń struktury pasmo-

wej warstwowych kryształów SnSe i In₄Se₃ oraz układów In-Se i In-Te przedstawiono w pracach prof. D. Berczy (Rzeszów) i jej współpracowników, a także w wykładzie prof. E. Syrkina z Charkowa. Wyniki doświadczalne i nowe efekty odkryte w wyżej wspomnianych kryształach były przedstawione w pracach prof. J.M. Stachiry (Lwów) i prof. F.V. Mocnego (Kijów). Prof. H. Haeuseler z Siegen omówił wyniki badań struktury i fizykochemicznych własności chalkogenidów warstwowych, zawierających gal i ind. Symetrie fraktalne i niejednorodności struktur dwuwymiarowych wynikające z prawa Mandelbrota przedstawiła prof. E. Dobierzewska-Mozrymas (Wrocław). Obszerne wyniki prowadzonych w Instytucie Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie doświadczalnych badań oddziaływania elektronowo-fononowego i fononowo-fononowego w półprzewodnikach w obecności silnych pól magnetycznych przedstawił prof. E. Szeregij.

Program konferencji został rozszerzony o problematykę symetrii studni kwantowych. Prof. W. Zawadzki z Warszawy omówił w swoim wykładzie własności spinów elektronowych w studniach kwantowych półprzewodników typu A^{III}B^V. Przedstawione obliczenia zależności spinowego rozszczepienia podpasma przewodnictwa od natężenia pola magnetycznego trafnie wyjaśniają różnorodne dane doświadczalne dotyczące heterostruktur In_{0,53}Ga_{0,47}As/In_{0,52}Al_{0,48}As. Prof. I. Tralle (Rzeszów) przedstawił problemy inżynierii studni kwantowych. W ramach końcowej dyskusji prof. K.D. Towstiuik (Lwów) zwrócił uwagę na liczne i oryginalne właściwości kryształów warstwowych. Według niego, najbardziej przyszłościowymi materiałami wydają się tzw. interkalowane kryształy warstwowe, które mogą akumulować energię elektryczną z dużą sprawnością.

Organizatorzy konferencji zaplanowali również sesję otwartą, z trzema wykładami i sesją plakatową. Prof. W. Zawadzki w swoim wykładzie „Półwzględność w półprzewodnikach”, wygłoszonym dla rzeszowskich studentów fizyki, przedstawił najnowsze badania nad efektami relatywistycznymi w półprzewodnikach. Dydaktyczne zdolności prelegenta tak bardzo zafascynowały studentów, że z głęboką uwagą wysłuchali oni prawie dwugodzinnego wykładu. Dr W. Gorzkowski wygłosił wykład dla nauczycieli pt. „Różne aspekty pracy z młodzieżą uzdolnioną”. Dużym uznaniem cieszył się też wykład prof. B.G. Wybourne'a (Toruń), wygłoszony późnym popołudniem dla mieszkańców Rzeszowa (słowa podziękowania należą się tu prof. J. Karwowskiemu, który tłumaczył na bieżąco wykład na język polski). Ilustrowany zaskakującymi pokazami wykład pod tajemniczym tytułem „Dwa funty warte symetrii” odbył się w wypełnionej po brzegi słuchaczami największej sali wykładowej Instytutu Fizyki. Audytorium wysoko oceniło jego wartości naukowe i poznawcze. Bardzo duże zainteresowanie wykładami otwartymi wyraźnie świadczy o potrzebie za-

poznawania społeczeństwa z najnowszymi osiągnięciami nauki.

Uczestnikami konferencji byli goście z wielu zagranicznych ośrodków naukowych, w tym z Niemiec, Francji, Holandii, Grecji i Ukrainy. Większość sesji konferencyjnych odbyła się w ośrodku wypoczynkowym w Kaczarnicy nad Wisłokiem. Program konferencji uatrakcyjniono wycieczką do pięknego, renesansowego zamku w Łańcucie oraz zwiedzaniem starej części Rzeszowa.

Materiały konferencyjne zostaną opublikowane w czasopiśmie *Molecular Physics Reports*, wydawanym przez Instytut Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu.

Organizatorzy konferencji składają serdeczne podziękowania sponsorom: Rektorowi Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie, Dyrekcji Instytutu Fizyki WSP, Komitetowi Badań Naukowych, prezydentowi Rzeszowa i firmie Jabo-Marmi z Rzeszowa.

Małgorzata Sznajder
Instytut Fizyki WSP
Rzeszów

Quark Matter '99

Konferencje z serii „Quark Matter”, odbywające się ongiś co dwa lata, a ostatnio coraz częściej, już co średnio półtora roku, są najważniejszym forum fizyków badających zderzenia relatywistycznych jonów. Obecna konferencja (Quark Matter '99, Turyn, 10–15 maja 1999 r.) była ostatnią przed uruchomieniem w Brookhaven nowego zderzacza RHIC (Relativistic Heavy Ions Collider) wiązek jonowych o energii 100 GeV na nukleon, co nastąpić ma w listopadzie 1999 r., a już w czerwcu odbędzie się próba inżynieryjna. Wobec tego panował nastrój dość gorączkowego podsumowywania: czego dowiedzieliśmy się z doświadczeń prowadzonych przy akceleratorze SPS w CERN-ie (wiązki do 200 GeV na nukleon na stacjonarnych tarczach), czy SPS się wyczerpał, no i jakie są przewidywania co do RHIC; ostatni moment, by podać przewidywania, a nie „po-widywania”.

W czasie konferencji ranne posiedzenia poświęcono na sesje równoległe, a popołudniowe – na plenarne. Cały jeden dzień zajęły przewidywania co do RHIC. W ostatnim dniu konferencji Wielcy wygłosili referaty przeglądowe/podsumowujące. Miklos Gyulassy mówił o „gilotylinie RHIC” (czyli właśnie wspomnianych przewidywaniach), Peter Braun Munzinger – o perspektywach fizyki relatywistycznych jonów w jeszcze dalszej przyszłości – czyli przy akceleratorze LHC w CERN-ie, Berndt Mueller o sytuacji w teorii, i dwa referaty doświadczalne – Reinhard Stock o sygnałach hadronowych i Louis Kluberg – o leptonowych.

Sesje równoległe poświęcone były następującym tematom: 1) globalna dynamika oddziaływań, produkcja cząstek; 2) korelacje; 3) dziwność; 4) dileptony, fotony, ciężkie zapachy; 5) modele teoretyczne; 6) QCD; 7) detektory i techniki eksperymentalne. Zorganizowano też sesję plakatową.

Główny postęp w tej dziedzinie fizyki niewątpliwie dokonuje się na gruncie licznych eksperymentów, z coraz bardziej wyrafinowaną techniką pozwalającą nie tylko dokładnie mierzyć podstawowe charakterystyki cząstek powstających w zderzeniach, ale też identyfikować je, a więc odróżniać ich zapachy.

Trzeba też od razu stwierdzić, że nie było przełomu. Nie pojawił się żaden nowy zaskakujący fakt, żadna dramatyczna nieciągłość w charakterystykach wytwarzanych cząstek. Dla mnie zaskakująca była właśnie ciągłość – ewolucyjny charakter zmian zjawisk występujących w zderzeniach jąder o kolejno coraz wyższej centralności. Widma i krotności barionów i antybarionów, widma i krotności pionów i kaonów, wyznaczone na podstawie interferencji kwantowej rozmiary źródeł – wszystkie te wielkości wydają się zmieniać stopniowo, od peryferycznych do coraz bardziej centralnych zderzeń jąder.

Nie zmienia to faktu, że zaobserwowane już parę lat temu efekty wydające się świadczyć o istnieniu fazy partonowej (bo częściej już takim eufemizmem określa się stan plazmy kwarkowo-gluonowej) trzymają się mocno. W doświadczeniach z produkcją par elektronowo-pozytonowych nadal występuje nadmiar w obszarze małych mas (nad konwencjonalnym tłem od rozpadów hadronów), choć sygnał nieco osłabł w wyniku lepszego wyznaczenia tła. Produkcja cząstki psi, z ukrytym powabem, nadal wyraźnie jest tłumiona w centralnych zderzeniach jąder. Istotny postęp doświadczalny polega tu nie tylko na zwiększeniu statystyki, ale też na rozszerzeniu zakresu energii poprzecznej, mierzonej w zderzeniach, która to energia służy jako miara centralności. Absorpcja cząstki psi w zderzeniach centralnych ołów-ołów jest znacznie silniejsza niż wynika to z licznych modeli z czysto hadronowym mechanizmem tej absorpcji.

Sprawa wzmocnienia wytwarzania dziwności również została dokładniej zbadana. Otóż w szerokim zakresie mas zderzających się jąder, i dla energii od akceleratora AGS w Brookhaven, czyli ok. 10–15 GeV na nukleon, do SPS obserwuje się stopniowy wzrost stosunku mezonów dziwnych do niedziwnych ze wzrostem centralności. Co więcej, pierwsze dane z dokładnej analizy produkcji cząstek dziwnych w zderzeniach proton-jądro przy różnej centralności również wykazują wzrost. Utrzymuje się też silny efekt „hierarchii wzmocnienia”: cząstki zawierające kolejno dwa i trzy kwarki dziwne produkują się kolejno silniej niż wynikałoby to z prostych scenariuszy hadronowych.

Informacje z trzech grup faktów: dotyczące częstości produkcji cząstek, widm pędu poprzecznego i rozmiarów źródeł (badanych metodą interferencji intensywności, tzw. HBT) skłaniają do prób opisu stanu końcowego w centralnych zderzeniach ciężkich jąder jako stanu równowagi chemicznej (czyli dotyczącej liczb kwantowych zapachów) i termodynamicznej (czyli dotyczącej widm energii). Byłaby to zapewne faza partonowa. Istnieją jednakże poważne rozbieżności w opisie takiej fazy, i na rozstrzygnięcie trzeba znowu poczekać. To oczekiwanie dotyczy nie tylko przejścia do wyższych energii, ale próby znale-

zienia etapu przejściowego, a więc – przy nieco niższych energiach niż SPS, a wyższych niż AGS, oraz do zderzeń jąder średnio ciężkich. Najbliższe naświetlenie w SPS jesienią tego roku odbędzie się właśnie z użyciem wiązki ołowiowej o energii 40 GeV na nukleon.

Przedstawiono też sporo wyników dotyczących analizy tzw. pływu („flow”) dla różnych cząstek w zderzeniach różnych jąder. Badanie pływu sprowadza się do bardzo dokładnej analizy symetrii rozkładów pędów cząstek w płaszczyźnie reakcji. Wartość współczynników pływu wiąże się z parametrami równania stanu materii jądrowej. Referat plenarny na temat równania stanu materii jądrowej i pływu wygłosił Paweł Danielewicz, ongiś z UW, dziś z Michigan State University. Niektórzy znani teoretycy (zwłaszcza Edward Szuriak, obecnie State University of New York) argumentują, że to właśnie nagła zmiana parametrów równania stanu materii jądrowej, albo „zmiękczenie” tego równania, miałyby świadczyć o wystąpieniu przejścia fazowego. Istnieją też przewidywania wystąpienia wówczas niestatystycznych fluktuacji w różnych zmiennych opisujących zderzenia jąder – na razie ich nie obserwowano.

Całodzienna sesja poświęcona przewidywaniom dotyczącym zjawisk, które będzie można zaobserwować przy zderzaczu RHIC obfitowała zarówno w referaty wysoce teoretyczne i, przynajmniej na pierwszy rzut oka, odległe od możliwości doświadczalnego sprawdzenia, jak i prawdziwe przewidywania. I tak Johanna Stachel z Heidelbergu przewiduje dla zderzeń Au-Au przy 100 GeV na nukleon (wiązki przeciwbieżne, więc energia w środku masy – 200 GeV na nukleon!) dla stosunku antyprotonów do protonów wartość około 1, podobnie dla stosunku antylambda do lambda, zaś Jan Rafelski z Arizony – odpowiednio wartość 3 i 0,5, i silną „hiperonizację” produkowanej materii, z przewagą barionów dziwnych nad niedziwnymi. Takie przewidywania na pewno uda się sprawdzić.

Konferencja odbywała się w centrum kongresowym Lingotto. Sławny architekt Renzo Piano (chyba projektuje też coś dla Warszawy?) przeprojektował ogromne hale i budynki dawnej fabryki samochodów na wygodne, nowoczesne i estetyczne, wielofunkcyjne centrum kongresowe. Na dachu można jeszcze podziwiać tor do jazd testowych samochodów.

Następna konferencja Quark Matter odbędzie się w Stony Brook (a więc w pobliżu RHIC-u) w lipcu 2000 r.

Helena Białkowska
Instytut Problemów Jądrowych
Warszawa

ICOLS '99

14. Międzynarodowa Konferencja Spektroskopii Laserowej ICOLS '99 (14th International Conference on Laser Spectroscopy) odbyła się w Innsbrucku, w Austrii, w dniach 7–11 czerwca 1999 r. Organizatorami byli fizycy z Uniwersytetu w Innsbrucku na czele z przewodniczą-

cym komitetu prof. Rainerem Blattem. Obrady plenarne i sesje plakatowe odbywały się w położonym w centrum Innsbrucka Tyrolskim Centrum Kongresowym. W tegorocznej konferencji wzięło udział 263 uczestników z 24 krajów. Najliczniejsze grupy stanowili naukowcy z Niemiec (59), Austrii (56), USA (43), Francji (21), Wielkiej Brytanii (17), Włoch (14) i Japonii (11). Australię reprezentowało 8 osób, Holandię 6, Szwecję 5, Hiszpanię i Kanadę po 4, Chiny, Finlandię i Szwajcarię po 2, a Brazylię, Danię, Izrael, Koreę Południową, Polskę, Rosję, Rumunię, Turcję, Trynidad i Tobago oraz Ukrainę po jednym uczestniku. W ciągu 5 dni konferencji, podczas 14 plenarnych sesji, wygłoszono 38 referatów na zaproszenie organizatorów. W ramach 2 sesji przedstawiono 153 plakaty, które wcześniej były zaakceptowane przez międzynarodowy komitet naukowy konferencji.

Tradycją tych prestiżowych, organizowanych co dwa lata konferencji (ostatnia odbyła się w 1997 r. w Hangzhou w Chinach) jest prezentacja najnowszych osiągnięć z dziedziny fizyki atomowej i cząsteczkowej oraz ich praktycznych zastosowań. Warto tu przypomnieć, że 4 lata temu, podczas 12. Konferencji z tej serii na wyspie Capri we Włoszech ogłoszono pierwszą eksperymentalną realizację kondensatu Bosego-Einsteina. Na tegorocznej konferencji głównymi dziedzinami były: spektroskopia atomów i cząsteczek, precyzyjna spektroskopia, chłodzenie i pułapkowanie za pomocą laserów, optyka kwantowa, optyka i interferometria fal materii, nieliniowa optyka i spektroskopia, ultraszybkie lasery i zjawiska w silnych polach, nowe źródła promieniowania i nowe narzędzia, zastosowania spektroskopii laserowej oraz kondensaty Bosego-Einsteina i lasery atomowe.

Spośród osiągnięć zaprezentowanych w ramach sesji plenarnych na szczególną uwagę zasługują doniesienia W. Ubachsa z Wolnego Uniwersytetu w Amsterdamzie o wielokrotnym rezonansowym wzbudzeniu „długozasięgowych” stanów H_2 oraz D. Kleppnera z MIT w Cambridge (USA) na temat kondensatu Bosego-Einsteina w wodrze oraz spektroskopii „zimnego” wodoru. Ponadto T. Esslinger z Instytutu Maxa Plancka (MPI) w Garching w swoim wystąpieniu zatytułowanym „Od nowych pułapek magnetycznych do laserów atomowych” oraz S. Rolston z NIST (National Institute of Standards and Technology) w Gaithersburgu (USA) w wykładzie „Liniowa i nieliniowa optyka atomowa” przedstawili obecny stan eksperymentalnych realizacji tzw. „lasera atomowego”. Należą do nich modele działające w grupach W. Ketterlego z MIT, T. Hänscha z MPI w Garching, M. Kasevicha z Uniwersytetu Yale'a oraz W. Philippsa z NIST w Gaithersburgu. W dziedzinie kwantowej logiki (komputery kwantowe) i kwantowej komunikacji duże zainteresowanie wzbudziło wystąpienie J. Kimble'a z Caltechu w Pasadenie (USA) zatytułowane „Internet kwantowy”, w którym przedstawił on stan badań nad pułapkowaniem i lokalizacją atomów wewnątrz małych wnęk rezonatorowych. Relacjonował także postępy w badaniach nad tzw. „kwantową teleportacją” oraz obróbką kwantowej informacji z użyciem stanów wewnątrzatom-

wych i fotonów, będących tzw. „qubitami”. Do ciekawych należy również zaliczyć wykład S. Haroche'a z Ecole Normale Supérieure (ENS) w Paryżu z dziedziny elektrodynamiki kwantowej. Było to pierwsze doniesienie o zjawisku tzw. „non-destructive detection”, w którym foton nie tylko nie jest niszczone w procesie detekcji, ale może być do niej użyty ponownie. Duże zainteresowanie wzbudziło również wystąpienie J. Doyle'a z Uniwersytetu Harvarda w Cambridge (USA) na temat nowej metody gromadzenia, chłodzenia i pułapkowania molekuł, która jest różna od dobrze znanej metody tzw. „fotoasocjacji”, a polega na użyciu gazu buforowego w pułapce magnetycznej i wykorzystaniu sprężystych zderzeń pułapkowanych molekuł z kriogenicznie schłodzonym helem. Nie sposób nie odnotować wykładów laureatów Nagrody Nobla z 1997 r.: C. Cohena-Tannoudjiego na temat niespodziewanego zastosowania statystyki Lévy'ego do opisu rozkładu pędu w trakcie laserowego chłodzenia atomów oraz S. Chu o badaniu ruchu pojedynczych cząsteczek (m.in. DNA) za pomocą przekazu energii we fluorescencji. W dziedzinie zastosowań praktycznych na szczególną uwagę zasługują doniesienia na temat użycia spolaryzowanego helu-3 w tzw. magnetycznej tomografii rezonansowej. Prezentowane przez E.W. Ottena z Uniwersytetu Gutenberga w Moguncji osiągnięcia w tej dziedzinie (we współpracy z grupą M. Leduc z ENS w Paryżu) przybliżają coraz bardziej dzień, w którym nastąpi rzeczywisty przełom w sposobie diagnostyki stanu i funkcjonowania ludzkich płuc.

Nie można pominąć prezentacji plakatowych na ICOLS '99. Szczególną uwagę uczestników konferencji zwróciły doniesienia grupy M.G. Boshiera z Uniwersy-

tetu Sussex w Brighton, Anglia („Magnetyczne »odbijanie« kondensatu Bosego-Einsteina ^{87}Rb ”), W.C. Stwalleya z Uniwersytetu Connecticut w Storrs, USA („Wydajna produkcja »ultrazimnych« cząsteczek potasu w stanie podstawowym”), R. Grimma z Uniwersytetu w Heidelbergu („Chłodzenie atomów cezu z użyciem fali zanikającej”), D. Meschedego z Uniwersytetu w Bonn („Liczenie »zimnych« zderzeń”), P. Hannaforda z CSIRO w Melbourne, Australia („Magnetoptyczne lustro dla »zimnych« atomów”), J. Helmckeego z Brunshwiku w Niemczech („Dokładność optycznego wzorca częstości opartego na Ca”), oraz grupy gospodarza, R. Blatta z Uniwersytetu w Innsbrucku („Optyka kwantowa z pojedynczym jonem Ca^+ ”).

Nie sposób w tak krótkiej i zwięzłej relacji omówić lub choćby zasygnalizować wszystkie zasługujące na uwagę doniesienia. Zainteresowanych odsyłam do publikacji książkowej pod redakcją R. Blatta (wyd. World Scientific), w której zamieszczone będą wszystkie referaty plenarne oraz 30 wyselekcjonowanych przez uczestników konferencji doniesień plakatowych, a która ma ukazać się pod koniec 1999 r.

Następne dwie konferencje z tej serii odbędą się w Asilomar w pobliżu Monterey, w Kalifornii, USA (ICOLS '01, przewodniczący S. Chu) oraz w Palm Cove k. Cairns w północno-wschodniej Australii (ICOLS '03, przewodniczący H.-A. Bachor i P. Hannaford).

Jarosław Koperski
Instytut Fizyki UJ
Kraków

Podstawy symulacji komputerowych

Dieter W. Heermann: *Podstawy symulacji komputerowych w fizyce*, z jęz. angielskiego przełożył Antoni Adamczyk, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997, s. 173, cena zł 14.

Książka powyższa jest jednym z pierwszych na polskim rynku podręczników z zakresu symulacji komputerowych stosowanych w fizyce, takich jak dynamika molekularna, dynamika brownowska oraz metoda Monte Carlo. Autor, profesor w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu w Heidelbergu, od lat zajmuje się tą problematyką. Zgodnie z intencją wyrażoną w przedmowie, „przedstawiony materiał ma służyć jako jednosemestralny kurs wstępny dla średnio zaawansowanych studentów” znających dobrze mechanikę klasyczną, mechanikę statystyczną oraz programowanie. Tłumaczenie na język polski ukazało się w 7 lat po wydaniu przez Springera drugiej, angielskiej wersji podręcznika. Wydanie pierwsze ukazało się w roku 1986.

Zasadniczymi częściami książki są rozdziały drugi i trzeci, w których omówione zostały w sposób zwięzły zagadnienia, które zaliczyć można do podstaw z dziedziny symulacji. Tak więc rozdział poświęcony dynamice molekularnej rozpoczyna się od wprowadzenia pojęć komórki obliczeniowej, warunków brzegowych oraz konwencji najbliższego obrazu. Umożliwiają one w praktyce obliczenie sił wchodzących do równań ruchu. Po krótkim omówieniu zagadnienia „jak zorganizować symulację”, przedstawione zostają przepisy na całkowanie równań ruchu, w tym algorytm Eulera oraz prędkościowy algorytm Verleta. Następnie omawiane są algorytmy dynamiki molekularnej dla zespołu mikrokanonicznego, kanonicznego oraz izotermiczno-izobarycznego.

Rozdział dotyczący metod stochastycznych rozpoczyna omówienie własności dyskretnych łańcuchów Markowa oraz dynamiki brownowskiej. Następnie przedstawiona zostaje metoda Monte Carlo w ujęciu Metropolis'a. Konkretne algorytmy podane zostały dla zespołów mikrokanonicznego, kanonicznego, izobaryczno-izotermicznego oraz wielkiego kanonicznego.

Sposób ujęcia poszczególnych zagadnień wskazuje na głęboką znajomość omawianej problematyki. Pod względem zawartości merytorycznej książka jest, moim zdaniem, dobra. Autor w sposób bardzo konsekwentny rozwija prezentowany materiał, a wywody poparte są przykładami symulacji dla układu Lennarda-Jonesa oraz modelu Isinga.

Jednak, w moim odczuciu, z dydaktycznego punktu widzenia poziom podręcznika wraz z tłumaczeniem są zróżnicowane. Po pierwsze książka napisana jest miejscami w sposób zbyt skondensowany i niezbyt precyzyjny, co może utrudniać zrozumienie tekstu studentom. Przy-

kłady podaje poniżej. Słabym punktem książki jako podręcznika do nauki symulacji (a więc przejścia od algorytmów do zastosowań) jest brak gotowych, dobrze opracowanych programów w Fortranie lub języku C (w wersji źródłowej!), poruszających w sposób systematyczny wszystkie omawiane zagadnienia. Niestety tych wymogów nie spełniają dołączone na dyskietce programy, bowiem większość z nich jest w wersji skompilowanej (przygotowana przez Tłumacza jako załącznik). Te natomiast, które proponuje Autor książki, podane są co prawda w wersji źródłowej, ale pierwotnie napisane były dla superkomputerów CRAY. Należą się tutaj słowa uznania dla Tłumacza, który podjął trud przystosowania tych programów do komputerów klasy PC. Ilustrują one jednak tylko bardzo mały fragment poruszanych w książce zagadnień i niestety odbiegają standardem od stosowanych współcześnie kodów [1,2]. Wydaje mi się również, że umieszczanie wydruków tych programów (24 strony) w sytuacji, gdy Tłumacz dołącza dyskietkę, jest zbędne.

Jako przykład znakomitego rozwiązania dydaktycznego kwestii programów do nauki symulacji (i nie tylko) niech posłużą tutaj dwa najlepsze zdaniem recenzenta podręczniki, jakie się dotychczas ukazały, mianowicie książka Allena i Tildesley [1] oraz książka Frenkela i Smita [2]. Trochę dziwi fakt braku w recenzowanym podręczniku odsyłacza do książki [1].

Inną, moim zdaniem, wadą książki jest brak oceny jakości algorytmów używanych w symulacjach MD oraz brak przykładów pokazujących, w jakich okolicznościach dany algorytm jest najbardziej przydatny. Na przykład, dokładność algorytmów korygująco-przewidywujących, omawianych na s. 32, zależy od kroku czasowego oraz od liczby iteracji w części korygującej. Zatem, jeśli nie ma specjalnych powodów, zawsze lepiej używać prostego algorytmu Verleta (np. prędkościowego) z odpowiednio dobranym krokiem czasowym, ponieważ będzie on i tak bardziej efektywny [2].

W załączniku, poza wydrukami programów, przeprowadzono dyskusję generatorów liczb losowych o rozkładzie równomiernym, a nawet zaproponowano jeden dla maszyn wektorowych, który Tłumacz dostosował do komputerów klasy PC. Jak wiadomo, generatory odgrywają fundamentalną rolę w symulacjach typu Monte Carlo. Jednak w książce nie wspomina się nic o jakości proponowanego generatora, mimo że na s. 125 stwierdza się, że: „Jakość rezultatów otrzymywanych w takich symulacjach zależy od jakości liczb losowych”. A wystarczyłoby porównać wyniki symulacji MC dla dwuwymiarowego modelu Isinga (o którym dużo się pisze w książce) ze ścisłymi wynikami.

Jak wspominałem poprzednio, recenzowana książka zawiera także wiele nieścisłości i potknięć stylistycznych (w tłumaczeniu). Nie wydaje się celowe przedstawienie wszystkich dostrzeżonych usterek (pełną listę dostrzeżo-

nych przez Recenzenta usterek przesyłamy Tłumaczowi i Wydawnictwu – Red.). Oto niektóre z nich (wskaźnik u góry (dołu) przy numerze strony oznacza numer wiersza liczony od góry (dołu)):

26¹⁴⁻¹⁶: Zdanie to nie jest w pełni prawdziwe. Nawet gdybyśmy mieli nieskończenie precyzyjny algorytm, błąd zaokrążeń na komputerze spowoduje, że dla układów ergodycznych już po kilkunastu krokach czasowych stracimy informację o rzeczywistej trajektorii układu w przestrzeni fazowej. Dla symulacji układów ergodycznych metodą dynamiki molekularnej ważne jest nie tyle precyzyjne śledzenie rzeczywistej trajektorii, co przestrzeganie przez algorytm zasad zachowania. Algorytm powinien także być odwracalny w czasie i zachowywać objętość przestrzeni fazowej [2]. Sprawa ta jest poruszona częściowo dopiero na s. 33–35.

28₃: Termin „cząstki lustrzane” nie wydaje się zbyt dobry w tym miejscu, ponieważ nigdzie nie dokonujemy żadnego odbicia zwierciadlanego.

30–31: Dyskusja schematów całkowania równań ruchu zaczyna się od wprowadzenia algorytmu Eulera. Trzeba jednak zaznaczyć, że tego algorytmu obecnie raczej w symulacjach się nie stosuje. Powodów jest kilka. Dwa z nich to brak odwracalności w czasie oraz naruszenie zasady zachowania elementarnej objętości przestrzeni fazowej w czasie ruchu. Algorytmy najczęściej używane noszą nazwę algorytmów Verleta i zostały wprowadzone w dalszej części książki.

33, ostatni paragraf: Przeprowadzono tutaj dyskusję zasad zachowania w procesie symulacji. Zdaniem recenzenta, zagadnienie to potraktowane zostało również niezbyt precyzyjnie. Nie uwzględniono bowiem wpływu kształtu komórki, w której prowadzi się symulacje. O ile spełnienie (z daną dokładnością) zasady zachowania energii zależy jedynie od jakości algorytmu, o tyle w przypadku zasady zachowania pędu i momentu pędu ważny jest także kształt komórki symulacyjnej [1]. Na przykład, spełnienie zasady zachowania momentu pędu w symulacjach może być trudne do zrealizowania, niezależnie od przyjętego algorytmu [1,2].

33–34: Ostatni paragraf na s. 33, kończący się na s. 34, wymagałby przeredagowania począwszy od zdania trzeciego. Tłumaczenie wydaje się sugerować, że metoda jednokrokowa jest odwracalna w czasie, co nie musi być prawdą (np. metoda Eulera taka nie jest [2]).

36, paragraf 2 i 3: Nie napisano tutaj, że obcięcie potencjału jest zazwyczaj połączone z jego przesunięciem, tak aby w punkcie obcięcia wartość potencjału zniknęła [1]. Dopiero tak zdefiniowanego oddziaływania używa się najczęściej w symulacjach. Unika się w ten sposób problemów związanych z zachowaniem energii przez algorytm. Nie widzę też powodów, dla których stabelaryzowany potencjał miałby być lepszy niż zadany jakąś funkcją, jak sugeruje tekst książki.

37, tw. 3.1: v_i^2 powinno być zastąpione przez $\overline{v_i^2}$.

37, wzór (3.26): Wzór na długozasięgowe poprawki nie jest słuszny w ogólnym przypadku, jak sugeruje tekst. Natomiast jest słuszny dla gazów i cieczy. Także $g(r)$

(poniżej wzoru (3.26)) nie jest prawdopodobieństwem, lecz prawdopodobieństwem względnym, liczonym w odniesieniu do gazu idealnego o tej samej gęstości. Dlatego funkcja ta dąży do jedności przy dużych odległościach.

39₁₄: Zdanie „Poprawka o charakterze korekcji dalekozasięgowej” powinno raczej brzmieć „Długozasięgowa poprawka do ciśnienia”.

46₉: Zdanie „doprowadzenie równowagi było przeprowadzone” powinno brzmieć „doprowadzenie układu do stanu równowagi było realizowane (przeprowadzone)”.

56₆: Zdanie „Opóźnienia czasowe w pętli sprzężenia powodują wyraźne »niedoloty« i »przeloty« energii” jest niezrozumiałe (również dwa następujące po nim zdania).

73₉: Wyrażenie „cząstki swobodnej” należałoby zastąpić przez „cząstki swobodnej w przestrzeni jednowymiarowej”.

75₉: Stwierdzenie „Aby ruch miał charakter ruchu Browna, konieczne jest [4.8], aby $R(t)$ podlegała rozkładowi Gaussa” przeczy zdaniu na s. 79¹⁸ „Należy podkreślić, że przyjęcie rozkładu Gaussa dla sił losowych nie jest wymogiem koniecznym”.

85⁴: Zdanie „będzie dawała pomijalny udział w wartości sumy” należałoby zastąpić przez „będzie dawała zanedbywalny przyczynek do wartości sumy”.

85₁₂: Zdanie, które następuje po wzorze (4.34), nie jest prawdziwe dla dowolnej obserwabli A . Wariancja byłaby mała, gdyby wziąć (zgodnie z (4.27))

$$\int_{\Omega} \frac{A(x)}{p(x)} p(x) f(\mathcal{H}(x))$$

i średniować po znormalizowanym rozkładzie $p(x)f(\mathcal{H})$, gdzie funkcja $p(x) > 0$ i możliwie najlepiej przybliża $A(x)/p(x)$ do funkcji tożsamościowo równej 1.

85₅: Dwa kolejne zdania po wzorze (4.35) są sprzeczne ze sobą: „Dzięki zastosowaniu pomysłu próbkowania ważonego znacząco uprościliśmy zadanie numerycznego rozwiązania zagadnienia mechaniki statystycznej (4.31). Należy zauważyć, że przejście do (4.35) nie wprowadziło żadnego uproszczenia”.

87: Ostatni człon równania (4.41) chyba powinien wyglądać następująco:

$$\omega_{xx'} + \sum_{x'' \neq x} \omega_{xx''} \theta(1 - P(x'')/P(x)) \left[1 - \frac{P(x'')}{P(x)} \right],$$

gdys $x = x'$.

90¹⁹: Termin ang. „finite-size scaling” został przetłumaczony jako „analiza rozmiaru ze skalowaniem”, co chyba nie oddaje sensu tego pojęcia, w którym chodzi o „analizę zależności wyników od rozmiaru próbki”.

91₁₅: Dwa ostatnie zdania kończące podrozdział 4.3.1 są nieprawdziwe (patrz [2], gdzie przeprowadzono kompleksową analizę błędów).

92¹⁸: Zamiast „jednakowe uwagi” powinno być „jednakowe wagi”.

92¹⁴: Zamiast „Wprowadzona restrykcja może np. ograniczać energię demona do wartości dodatnich” powinno

być „Przez odpowiednie ograniczenie można np. spowodować, że energia demona przyjmie jedynie dodatnie wartości”.

95, po równaniu (4.50): Jednostkę czasu w metodzie MC nazywa się cyklem (patrz [1,2]), który odpowiada pojedynczemu krokowi czasowemu w metodzie MD. Termin ten nie został nigdzie wprowadzony.

97₁₁: Zdanie „w zespole kanonicznym pewnym stanom przypisuje się różne wagi” powinno brzmieć „w zespole kanonicznym stanom przypisuje się różne wagi”.

102₁₆: Zamiast „efekty zaokrąglenia” powinno być „efekty rozmiaru”.

104: Termin „coarse-graining” nie oznacza „fragmentacji”.

107₃: Zamiast „odwzorowywany na przedziale” powinno być „odwzorowany na przedział”.

108¹⁴: Zdanie „interpolację dla r brakujących wartości” powinno brzmieć „interpolację dla brakujących wartości r ”.

132₅: Zdanie „Mówi się nawet, że taki generator daje liczby o rozkładzie równomiernym w przestrzeni d -wymiarowej” nie niesie żadnej informacji o generatorsze, jeśli nie przeprowadzi się gdzieś w tekście dyskusji ograniczeń na d .

Podsumowując – muszę powtórzyć to, co napisałem poprzednio: ukazanie się recenzowanej książki to ważne przedsięwzięcie Wydawnictw. Podejmuje ona podstawowe zagadnienia z zakresu fizyki komputerowej i przedstawia je w sposób merytorycznie poprawny. Jednak z dydaktycznego punktu widzenia publikacja ta jest o wiele słabsza, bowiem zawiera zbyt dużo ogólników i niezbyt precyzyjnych sformułowań, a tłumaczenie nie jest dopracowane. Ze względu na zakres poruszanych w książce zagadnień, ich prezentacja powinna być znacznie bardziej klarowna i mniej polegać na odnośnikach do literatury. Dwukrotne zwiększenie objętości tekstu bez zmiany zawartości merytorycznej oraz dopracowanie części związanej z programami komputerowymi wyszłoby pod ręcznikowi na dobre.

Od momentu pierwszego, angielskiego wydania książki (1986) ukazało się na zagranicznym rynku wydawniczym dużo interesujących pozycji z zakresu symulacji komputerowych. Do wyróżniających się należy zaliczyć, zdaniem recenzenta, wspomniane poprzednio pozycje [1,2]. Szkoda, że wśród przekładów nie znalazła się wysoko ceniona na świecie pozycja [1].

Literatura

- [1] M.P. Allen, D.J. Tildesley, *Computer Simulations of Liquids* (Clarendon, Oxford 1987).
- [2] D. Frenkel, B. Smit, *Understanding Molecular Simulations: From Algorithms to Applications* (Academic Press, 1996).

Lech Longa
Instytut Fizyki UJ
Kraków

Portret Izaaka Newtona

Frank E. Manuel: *Portret Izaaka Newtona*, z jęz. angielskiego przełożył Stefan Amsterdamski, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 1998, s. 489, cena 24 zł.

W przeprowadzonym niedawno przez BBC rankingu najwybitniejszych Anglików II milenium Sir Izaak Newton zajął czwarte miejsce po Szekspirze, Churchillu i Cromwellu. Jeszcze za życia był Newton niezwykle czczony, a jego osiągnięcia i poglądy budziły szerokie zainteresowanie i podziw. Przypadająca w roku 1927 dwusetna rocznica jego śmierci przyniosła ogromną liczbę publikacji, które oparte na licznych dostępnych dokumentach i rękopisach zaczynają odbiegać od wcześniejszego hagiograficznego podejścia. W roku 1934 ukazała się obszerna biografia pióra Louisa Trencharda More'a *Isaac Newton: A Biography*, a w roku 1936 po raz pierwszy zostają opublikowane *Memoirs of Sir Isaac Newton's Life* lekarza Newtona, Williama Stukeleya, oparte na rozmowach autora z Newtonem przy końcu jego życia i z osobami, które dobrze znały Newtona jeszcze w okresie jego młodości.

W Polsce pierwszą obszerniejszą biografię Newtona (50 s.) opublikował Władysław Natanson w roku 1927 w *Przeglądzie Współczesnym*. W okresie wzrostu zainteresowania Newtonem z okazji 200 rocznicy jego śmierci Marian Grotowski przedstawił w latach 1932–33 obszerną (443 s.) biografię Newtona drukowaną w trzech częściach w Bibliotece Przyrodniczej wydawanej nakładem Księgarni Św. Wojciecha. W roku 1952 ukazało się w Polsce tłumaczenie biografii Newtona napisanej przez Sergieja I. Wawitowa. Autor, mimo rekomendacji w anonimowej przedmowie jako „uczony stalinowskiej epoki”, przedstawił interesujący i wartościowy obraz działalności i osiągnięć Newtona. W roku 1996 Jerzy Kierul opublikował w Oficynie Wydawniczej Quadrivium książkę *Izaak Newton. Bóg, światło i świat*.

Wydana przez Wydawnictwo Prószyński i S-ka w roku 1998 biografia pióra Franka E. Manuela *Portret Izaaka Newtona* odbiega znacznie od wcześniejszych wydawanych w Polsce opracowań. Jest to tłumaczenie jednej z trzech wydanych przez Autora w latach 60. i 70. książek poświęconych Newtonowi. Autor zaznacza, że nie będąc kompetentnym w zakresie matematycznej, fizycznej czy astronomicznej działalności Newtona przedstawia zgodnie z tytułem rzeczywiście jego portret, zajmując się przede wszystkim jego stylem życia i poglądami, siłami kształtującymi jego charakter oraz działaniami, zwłaszcza tymi, „które podejmował pod wpływem uczuć miłości i nienawiści”. Nie dowie się zatem czytelnik z książki tej wiele o głównych osiągnięciach naukowych Newtona, wyłania się z niej natomiast portret Newtona przede wszystkim jako człowieka działającego w bogato i żywo przedstawionym środowisku nie tylko naukowym, lecz również, a może przede wszystkim, politycznym i religijnym na przełomie XVII i XVIII wieku. Stara się też Autor dociec tajemnicy geniuszu Newtona,

pisząc: „...wielokrotnie kroczyłem drogą między Scyllą historii nauki, a Charybdą psychoanalizy”.

Newton urodził się jako pogrobowiec. Ojciec, yeoman, również Izaak Newton, zmarł na trzy miesiące przed jego urodzeniem. Matka po trzech latach wyszła ponownie za mąż i przeniosła się do męża, a mały Izaak został pod opieką babki. Po śmierci ojczyzna, gdy Izaak miał 11 lat, matka wróciła i przejęła bezpośrednią opiekę nad synem. Fakty te zaważyły na pewno na dalszym rozwoju i charakterze Newtona. Najpierw czuł się porzuconym, wydaje się, że nienawidził ojczyzna, później stał się uzależnionym od matki, która miała raczej silną osobowość. Może jest pewną przesadą przypisywanie tym zdarzeniom z dzieciństwa aż tak decydującego znaczenia, jak to robi Autor biografii, bez wątplenia jednak musiały one wywołać pewne kompleksy. Dużą wagę miał również z pewnością wpływ całego purytańskiego otoczenia, w którym Izaak dorastał, a także burzliwych politycznych wydarzeń: wojny domowej, okresu republiki i protektoratu, a wreszcie restytucji monarchii.

Wzorem innych biografów Manuel dzieli swą opowieść o życiu Newtona na trzy części związane ściśle z miejscami jego pobytu. Newton nie był ruchliwy. Dzieciństwo spędził w Lincolnshire, środek życia w Cambridge, ostatnie 30 lat w Londynie.

Na uniwersytecie w Cambridge immatrykulował się w 1661 r. Robi dość szybko karierę: w roku 1665 uzyskuje stopień bakałarza, w dwa lata później jest już członkiem kolegium, a po dwóch dalszych latach obejmuje lucasowską katedrę matematyki. Czy miał mistrzów, którzy w znaczący sposób wpłynęli na jego rozwój? Jeszcze w szkole w Grantham był nim pewnie nauczyciel John Stokes, który pierwszy zwrócił uwagę na zdolnego ucznia. W Cambridge pierwszym nauczycielem Newtona był Izaak Barrow, którego miejsce na katedrze Lucasa zajął on w następnych latach. Wydaje się, że Newton nie tylko w nauce i karierze uniwersyteckiej poszedł w jego ślady, ale nawet naśladował go w pewnej mierze w zwyczajach i niedbałym ubiorze.

Rok Cudów – *Annus Mirabilis* 1666 jest czasem, kiedy w głowie 24-letniego Izaaka Newtona rodzą się wszystkie trzy idee: teorii grawitacji, teorii światła i rachunku różniczkowego, stanowiące jego największe dokonania. Idee te w następnych latach rozwija i udoskonala właściwie do końca swego życia. I to jest praktycznie wszystko, co o tych największych, epokowych osiągnięciach Newtona dowiadujemy się z książki.

Autorowi biografii znacznie bliższe wydają się inne pola działalności Newtona: chronologia, historia, teologia czy nawet alchemia. Poświęcił im zresztą dwie odrębne książki. Studiami i eksperymentami alchemicznymi zajmował się Newton w ciągu wielu z 25 lat swego pobytu w Cambridge. Późniejsi biografowie dziwili się, że człowiek o tak wybitnym umyśle mógł zajmować się wiedzą tak ezoteryczną. A Newton nie tylko zgromadził ponad 100 tomów dzieł alchemicznych, ale kopiował słowo po słowie dawne traktaty alchemiczne. Nie wydaje się, aby dążenie do osiągnięcia bogactwa przyświecało tym dzia-

łaniami. Być może raczej pociągała go ciekawość w badaniach materii, jakkolwiek przesadą wydają się poglądy niektórych biografów, widzących w tych pracach Newtona pierwiastki współczesnych poglądów na budowę materii. Nie bez znaczenia mogło też być to, że hipochondryka, jakim bez wątpliwości był Newton, pociągały możliwości lecznicze przypisywane substancjom występującym w praktykach alchemicznych.

Impulsem do zainteresowania Newtona historią i chronologią było przekonanie, że na gruncie rozważań matematycznych i astronomicznych uzyskać można wytyczne do opracowania chronologii zdarzeń historycznych i uzgodnienia ich z Biblią. Dla Newtona, podobnie jak i dla jemu współczesnych, historia i objawienie były komplementarnymi przedstawieniami tego samego procesu. Włączał do swych rozumowań również prorocstwa biblijne, których spełnienie w historii uważane było za jeden z najmocniejszych dowodów prawdziwości religii.

W roku 1693 przeszedł Newton głębokie i niezupełnie wyjaśnione załamanie psychiczne. Objawy były bliskie objawom choroby psychicznej: urojenia, bezsenność, mania prześladowcza, unikanie kontaktów z ludźmi, utrata pamięci, oskarżanie przyjaciół o wrogie zamiary. Przypuszczano, że czynnikiem, który wywołał tę chorobę, mógł być pożar, który zniszczył część rękopisów Newtona. Wydaje się jednak, że przyczyna musiała być znacznie głębsza. Być może była nią świadomość wyczerpywania się zdolności twórczych, a także kresu kariery akademickiej w Cambridge i upokarzające starania o inne stanowisko.

Sytuację Newtona zmieniła propozycja objęcia stanowiska kuratora Mennicy. Przenosi się do Londynu, sprawnie i energicznie pełni swe nowe funkcje administracyjne. W roku 1703, po śmierci Hooke'a, obejmuje prezesurę Royal Society. Obydwoma instytucjami, z którymi się w dużej mierze identyfikuje, zarządza w sposób wysoce autokratyczny. Jak podkreśla Autor biografii, Newton staje się pierwszym w historii administratorem nauki nowoczesnego typu.

Jakim człowiekiem był Newton? O tym stosunkowo dużo dowiedzieć się możemy z biografii. Bywał nieznośnym. Bliższe stosunki utrzymywał ze starszymi lub młodszymi od siebie. Związki z rówieśnikami doprowadzały zawsze do konfliktu. Pierwszym takim dużym konfliktem był spór z Robertem Hooke'em o pierwszeństwo w teorii grawitacji, innymi zaś – nieporozumienia z Johnem Flamsteedem, Gottfriedem W. Leibnizem czy z francuskimi jezuitami. Nie zawsze był w tych sporach konsekwentny. Podczas gdy w sporze z Hooke'em głosił pogląd, że zasługa odkrycia należy się jemu, jako temu, który nadał ostateczną formę teorii, to w przypadku sporu z Leibnizem o pierwszeństwo w odkryciu rachunku różniczkowego przypisywał je sobie, jako autorowi samego pomysłu.

Będąc świadomym w pełni ogromnej wartości swych osiągnięć, wykazywał Newton wielką pokorę wobec potęgi natury. Mówił do swego kuzyna Bena Smitha: „Nie wiem, jakim widzi mnie świat. Ja sam odnoszę wrażenie,

że zawsze byłem niczym chłopiec, który bawi się na plaży, zbierając oszlifowane kamuszki i piękniejsze od innych muszelki, podczas gdy wielki, niezbadany ocean prawdy szumiał za moimi plecami”.

Dobrze się czyta biografię Newtona pióra F.E. Manuela. Dla fizyka brak wnikania w osiągnięcia Newtona w dziedzinach fizyki, matematyki czy astronomii nie jest istotnym niedostatkiem, a za to jest kompensowany obrazem innych aspektów jego działalności, życia i osobowości. Dzięki tłumaczeniu dokonanej przez doświadczonego pisarza i tłumacza, przyjemność z lektury jest tym większa. Jest to szczególnie cenne przy zalewie tłumaczeń na obecnym polskim rynku książki, których poziom często skłania do stwierdzenia, że – co najgorsze – tłumacz nie zna też języka polskiego.

Adam Strzałkowski
Instytut Fizyki UJ
Kraków

Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej

Hermann Haken, Hans Christoph Wolf: *Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej*, z jęz. angielskiego przełożyli Irena Deperasińska i Jerzy Prochorow, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998, s. 521 (tytuł dotowany przez Ministra Edukacji Narodowej).

Nakładem Wydawnictwa Naukowego PWN ukazał się kolejny bardzo dobry podręcznik Hermanna Hakena i Hansa Christopha Wolfa stanowiący kontynuację ich książki *Atomy i kwanty. Wprowadzenie do współczesnej spektroskopii atomowej*, wydanej również przez PWN w tym samym tłumaczeniu w roku 1997. *Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej* jest przeznaczona przede wszystkim dla studentów fizyki i chemii, którzy chcą poznać podstawy tytułowych dziedzin. Jej lektura wymaga przygotowania z zakresu fizyki atomowej i kwantowej na poziomie, jaki prezentują pierwsze rozdziały podręcznika *Atomy i kwanty. Wprowadzenie do współczesnej spektroskopii atomowej*.

Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej zawiera zarówno teoretyczne podstawy spektroskopii molekularnej, jak i liczne pouczające przykłady interpretacji widm uzyskanych doświadczalnie. Autorom udało się wyjątkowo dobrze wyważyć proporcje pomiędzy teorią a doświadczeniem, co według mnie sprawia, że ich książka powinna zająć czołową pozycję wśród podręczników spektroskopii molekularnej na polskim rynku.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp definiujący cząsteczkę, mówiący o celach i metodach fizyki molekularnej i chemii kwantowej oraz określający miejsce i rolę tych dyscyplin w innych dziedzinach nauki. W rozdziale drugim podano podstawowe informacje o rozmiarach, masie, kształcie i energii ruchu cząsteczek oraz o metodach badania tych właściwości, zaś rozdział trzeci poświęcono oddziaływaniom cząsteczek z polem elektrycznym

i magnetycznym. W rozdziałach 4 i 5 Autorzy przedstawili główne zasady przybliżonych obliczeń elektronowych funkcji falowych cząsteczek, w rozdz. 6 omówili zastosowanie teorii grup do wyznaczania molekularnych funkcji falowych, natomiast w rozdz. 7 przedstawili przybliżenia stosowane przy rozwiązywaniu problemu wielu elektronów. Rozdziały 8–15 przedstawiają szczegółowo metody spektroskopii molekularnej z uwzględnieniem nowszych technik, takich jak technika wiązek molekularnych, spektroskopia dwufotonowa, spektroskopia fotoelektronowa czy ultraszybka spektroskopia impulsowa. W rozdziałach 16 i 17 przedstawiono kwantowy opis oddziaływania cząsteczek ze światłem z uwzględnieniem zjawiska Ramana i elementów optyki nieliniowej. Kolejne dwa rozdziały poświęcono zastosowaniom metod jądrowego rezonansu magnetycznego i elektronowego rezonansu spinowego w fizyce molekularnej. Zagadnieniom związanym z badaniami dużych cząsteczek, zwłaszcza o znaczeniu biologicznym, poświęcony jest przedostatni rozdział. Autorzy krótko omawiają w nim m.in. zagadnienia procesów widzenia, fotosyntezy i fizyki supramolekularnych jednostek funkcyjnych. Książkę zamyka rozdział o perspektywach elektroniki molekularnej.

A oto niektóre z dostrzeżonych przeze mnie w tekście usterek (ogólnie mówiąc, jest sporo literówek):

233: we wzorze (11.47) zamiast $R_{2,3} = R_3 - R_2$ winno być $R_{2,3} \equiv R_3 - R_2$;

236¹⁹: zamiast „koincydowała” użyłbym „pokrywała się”;

301₁: zamiast „reguła Kashy” winno być „zasada zwierciadlanej symetrii”;

326₈: zgodnie z zaleceniem IUPAC-u (Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej) z 1988 r. zamiast terminu „gęstość optyczna” powinno się używać określenia „absorbancja”;

337²: zamiast „ikosahedrycznej” winno być „ikosaedrycznej”;

474: w podpisie do rys. 20.18 ostatnie zdanie nie odpowiada rysunkowi, a ponadto zawiera dwa błędy (zamiast „polipetydowy” winno być „polipeptydowy”, zamiast „łańuchami” winno być „łańcuchami”).

Zauważone przeze mnie usterki (pełną ich listę przesyłałyśmy Wydawnictwu – Red.) praktycznie nie wpływają na moją bardzo pozytywną opinię o *Fizyce molekularnej z elementami chemii kwantowej* Hakena i Wolfa. Uważam tę książkę za bardzo dobry podręcznik, godny polecenia studentom fizyki i chemii. Autorzy umiejętnie zrealizowali cel polegający na ukazaniu związków fizyki molekularnej z chemią kwantową oraz związków między teorią i doświadczeniem. Irenie Deperasińskiej i Jerzemu Prochorowowi należą się wyrazy uznania za bardzo staranne tłumaczenie.

Aleksander Balter
Instytut Fizyki UMK
Toruń

Galileusz

W zeszycie 4 tomu 50 (1999) *Postępów Fizyki* ukazała się recenzja pióra Andrzeja Krasińskiego, który chtoszcze bezlitośnie i książkę *Galileusz*, i jej autora, Jamesa Restona, Jr. Pan Krasiński zarzuca Restonowi przede wszystkim to, że skoncentrował się on na próbach rekonstrukcji życia codziennego Galileusza, a nie omówił obszernie w swej biografii osiągnięć naukowych wielkiego Włocha. To prawda. Tyle że Reston zrobił to świadomie, tytułując w oryginale swą pracę *Galileo. A Life*. Jeśli nawet weźmiemy pod uwagę to, że nie każdy recenzent musi taką rzecz zauważyć i zrozumieć, chyba możemy wymagać, by spróbował przynajmniej umiejscowić taką książkę na tle biografii już wydanych w serii „Na ścieżkach nauki”. Byłby to niewielki wysiłek, gdyż *Galileusz* zawiera spis wszystkich tytułów serii. A znajdziemy pośród nich: *Prywatne życie Alberta Einsteina*, *Prywatne życie Mikołaja Kopernika*, *Życie Marii Curie*, *Portret Izaaka Newtona* i *Darwin. Żywot uczonego*. Dobrze by zatem było oszczędzić autora *Galileusza* i zacząć ciskać gromy na wydawcę. Za świadome wybory.

Drugi poważny zarzut p. Krasińskiego wobec Restona dotyczy jego znajomości i swobody poruszania się po materiale źródłowym. Cóż, poddajmy weryfikacji to, co Autor recenzji pisze w akapicie dotyczącym strony ikonograficznej *Galileusza*. Pan Krasiński stawia zarzut, że książka zawiera niewielką liczbę ilustracji. Chciałoby się rzec, że to kwestia gustu, gdyby nie to, że dyskutujemy przecież o klasycznym „czytadle”, tzw. paperbacku, i to zarówno w wersji angielskojęzycznej (oni nie mogli postąpić inaczej), jak i polskiej (nie mieliśmy wyboru). Kilka kreskowych ilustracji pojawia się jednak na kartach *Galileusza*. Pan Krasiński stwierdza: „[książka] zawiera sporządzone na komputerze rysunki trzech gwiazdozbiorów (dlaczego akurat tych – nie wiadomo, s. 128–130)”. Jak łatwo się przekonać, wskazane przez Recenzenta strony dotyczą rozdziału, w którym Reston opisuje wyniki pierwszych obserwacji nieba, przeprowadzonych przez Galileusza za pomocą lunety. Tak się składa, że relację ze swych odkryć Galileusz opublikował w dziełku *Sidereus Nuncius*. Zamieścił tam cztery ryciny nieba gwiazdowego; trzy z nich – czwarta była bardziej szczegółową wersją fragmentu jednej z już przytoczonych – skopiował Reston (trzeba było sporządzić wersję komputerową, by móc zastąpić łacinę językiem angielskim, a potem polskim). Pan Krasiński pisze dalej: „[...] dość bezsensowny rysunek Jowisza i jego trzech księżyców, również sporządzony na komputerze (s. 130, nie wiadomo, co ma on objaśniać, bo wszystkie obiekty ustawione są na jednej prostej, bez zachowania skali wielkości ani odległości)”. Tymczasem Reston pisze w tym miejscu swej książki o drugiej obserwacji systemu Jowisza, przeprowadzonej przez Galileusza, i przytacza w skali 1:1 (!) rycinę Galileusza z *Sidereus Nuncius*.

reus Nuncius. Znowu pretensje Recenzenta zostały skierowane pod złym adresem. Inna rzecz, że usprawiedliwia go utrudniony kontakt z tym, kto zdecydował się na ostateczny wybór rycin w owym niezwykłym 1610 roku. Ale to nie koniec. Pan Krasiński „przyszpila” Restona: „[...] kuriozum (s. 141) – odręczny bohomas nieznanego autora, naśladujący szkice Saturna zrobione przez Galileusza”. Spieszę donieść, że autor „bohomasów” jest znany i nazywa się skaner – wszystkie trzy ilustracje zostały zeskanowane z kopii rysunków Galileusza i z zachowaniem szczegółów opublikowane w książce *Galileusz*.

Trzy próby i trzy pudła. Uważam, że gdyby p. Krasiński wiedział o Galileuszu choć połowę tego, co zdołał zgromadzić i zrozumieć amerykański dziennikarz, miałby szansę na napisanie recenzji z *Galileusza* Restona. Niestety, zdecydował się na opublikowanie paszkwilu. Bo jak inaczej nazwać tekst, który rozpoczyna się zdaniem: „Książka ta, pozująca na biografię Galileusza, jest spóźnioną próbą zarobienia pieniędzy przez Autora i Wydawcę na kontrowersji, związanej z »rehabilitacją« Galileusza w 1992 r.”?

Jarosław Włodarczyk

Redaktor naczelny

Dział Książek Popularnonaukowych
Prószyński i S-ka

Odpowiedź autora recenzji

List red. Włodarczyka prawdopodobnie miał być polemiką z moją recenzją. Nie dostrzegam w nim jednak zaprzeczenia żadnej z moich tez.

Stwierdziłem, że *Galileusz* jest złą książką, bo autor zignorował najważniejszy aspekt życia Galileusza – jego badania naukowe. Red. Włodarczyk odpowiada, że właśnie taką książkę p. Reston chciał napisać. Oznacza to, że dzieło p. Restona nie tylko zostało źle wykonane, ale też źle zaplanowane.

Zgodnie ze stwierdzeniem red. Włodarczyka, skrytkowałem polskiego wydawcę za wydanie tej właśnie książki. Jakość pozostałych książek z serii „Na ścieżkach nauki” ocenić może inni recenzenci i wtedy Czytelnicy sami „umiejscowią” każdą z nich „na tle” pozostałych. Na początek donoszę uprzejmie, że *Prywatne życie Alberta Einsteina* jest pseudonauką, plotkarską tandetą jeszcze gorszego gatunku niż *Galileusz*.

Rysunki w oryginalnych pracach Galileusza ilustrowały tezy, które były odkrywcze 380 lat temu. Dzisiaj dzieci uczą się w szkole o fizyce i astronomii więcej, niż wiedział Galileusz. Jeśli więc ktoś publikuje te ilustracje dzisiaj, powinien albo wybrać takie, które będą ciekawe i pouczające dla dzisiejszego czytelnika, albo objaśnić, dlaczego były one ciekawe w XVII w. Ilustracje z książki

Restona są dla dzisiejszego czytelnika trywialne, zaś ich wartość historyczna nie została objaśniona. Wynika stąd, że zostały źle wybrane i źle zaprezentowane, na co zwróciłem uwagę w recenzji.

Reprodukcje wierne, np. ze skanera, mogą być interesujące przy zachowaniu podanych wyżej warunków. Natomiast przerysowywanie starych rysunków od nowa za pomocą komputera jest po prostu niepoważne. Kto kupiłby album z rysunkami, powiedzmy, Leonarda da Vinci, przerysowanymi na komputerze przez współczesnego grafika?

Wreszcie, red. Włodarczyk przyznaje, że celem Restona i jego wydawców było zarabianie pieniędzy, gdy pisze: „dyskutujemy przecież o klasycznym »czytadle«...” To ma być usprawiedliwienie ubóstwa ilustracji. Domyślamy się, że więcej ilustracji to wyższy koszt i mniejszy zarobek wydawców. Zatem pieniądze miały wyższy priorytet niż naukowa klasa książek.

Z czym więc red. Włodarczyk polemizuje?

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

Na temat początku nowego wieku

Ze zdziwieniem przeczytałem list Jana Stankowskiego do redakcji *Postępów Fizyki* opublikowany w numerze 5 z bieżącego roku [1], w którym Autor zapewnia, że wiek XX kończy się 31 grudnia 1999 r. Mimo wielu spraw poruszonych w tym liście (przechowywanie sekundy w zegarach atomowych, wprowadzenie kalendarza gregoriańskiego, opis wiecznego kalendarza) nie znalazłem dowodu tego stwierdzenia. Odniosłem nawet wrażenie, iż zdaniem Autora pierwszy wiek liczył 99 lat. Na szczęście był odsyłacz do artykułu [2] w czasopiśmie *Nauka* i tam znalazłem uzasadnienie, które dało się zrozumieć.

Otóż Autor uważa, iż numeracja lat prowadzona jest tak samo jak podawanie godziny. Na przykład godz. 0:30 oznacza 30 minut po północy, więc jest to 30 minut pierwszej godziny danej doby. W analogii do tego pisze: „Data 0.06.30 oznacza dzień 30 czerwca pierwszego roku. Data 1.06.30 oznacza, że minęła połowa drugiego roku. [...] Dziejący się rok jest zawsze następnym w stosunku do liczby R oznaczającej liczbę skończonych lat, które upłynęły” (podkreślenia moje – B.J.). Teraz już pojąłem! Jan Stankowski wprowadza wiel-

kość R , która na osi rzeczywistej mierzy liczbę pełnych lat, jakie upłynęły od umownej chwili narodzenia Chrystusa. Pytanie tylko, czy w tzw. cywilizacji zachodniej tak właśnie rozumie się numerowanie lat, jak to czynimy my, fizycy, z liczbami rzeczywistymi?

W *Postscriptum* artykułu [2] Jan Stankowski przyznaje, że jest jeszcze inna numeracja lat po Chrystusie, zwana Anno Domini (AD), i pisze, że pierwszy rok AD w datowaniu R ma wartość zero. Jeśli więc literą A oznaczymy numer roku według AD, to zachodzi związek $R = A - 1$. Moim zdaniem należy teraz rozstrzygnąć, czy nasz rok 1999 jest podany jako wielkość R , czy A . Jan Stankowski sądzi, że jest to R , ale ja uważam to za chęć (wishful thinking). Niestety, mieszkańcy cywilizacji zachodniej nie są tak racjonalni i wiadomo, że postępują się numeracją AD. Widać to choćby na zabytkowych budynkach, gdzie można ujrzyć wyryty w kamieniu np. napis AD MDCXXXII. Pytałem także historyków z naszego Uniwersytetu, jak nazywają pierwszy odcinek czasu 365 dni po narodzeniu Chrystusa i dowiedziałem się, że nazywają go rokiem pierwszym. W takim razie, skoro żyjemy w AD 1999, to dzisiaj mamy $R = 1998$, a więc koniec wieku XX i koniec roku $R = 1999$ nastąpi za ponad rok.

W artykule [2] jest takie zdanie: „Na przełomie wieków pojawia się zamieszanie związane z fizykami, którzy rozumieją, na czym polega tworzenie racjonalnej skali czasu, i osobami, które datę traktują semantycznie”. Ja bym ujął to inaczej: Na przełomie wieków pojawia się zamieszanie wprowadzane głównie przez ludzi, którzy odruchowo, choć błędnie kojarzą zmianę cyfr aż w trzech miejscach (np. 1899 na 1900) z rozpoczęciem nowego wieku. Zamieszanie wprowadza także podejmowana przy takiej okazji próba wprowadzenia do kalendarza roku zerowego, sprzecznego z powszechnym zwyczajem liczenia lat w sposób naturalny, tak jak liczy się miesiące w roku, czy dni w miesiącu. Nazywanie tych prób „tworzeniem racjonalnej skali czasu” i powoływanie się na fizykę atomową jest nadużywaniem autorytetu naszej dziedziny nauki.

Literatura

- [1] J. Stankowski, „Spór dotyczący początku XXI wieku”, *Postępy Fizyki* **50**, 274 (1999).
- [2] J. Stankowski, „Skala czasu i kalendarz”, *Nauka*, nr 2, 108 (1999).

Bernard Jancewicz

Instytut Fizyki Teoretycznej UWr
Wrocław

PTF

Nowy Zarząd Główny

22 września 1999 r. Zebranie Delegatów udzieliło absolutorium ustępującemu Zarządowi Głównemu i wybrało prezesa i członków Zarządu na kadencję 1999/2001. Na nowego prezesa ponownie wybrano Ireneusza Strzałkowskiego (Warszawa), a na członków Zarządu zostali wybrani: Katarzyna Chałasińska-Macukow (Warszawa), Bogdan Cichocki (Warszawa), Witold D. Dobrowolski (Warszawa), Krzysztof Ernst (Warszawa), Wojciech Gawlik (Kraków), Maciej Kolwas (Warszawa), Jerzy Nowak (Wrocław), Jerzy Warczewski (Katowice), Urszula Woźnikowska-Bezak (Katowice), Karol I. Wysokiński (Lublin).

Nagrody PTF za rok 1999

Polskie Towarzystwo Fizyczne przyznało następujące nagrody w 1999 r.:

Medal Mariana Smoluchowskiego otrzymał prof. Andrzej Kajetan Wróblewski (IFD UW) za osiągnięcia w dziedzinie badań oddziaływań wielkich energii;

Polsko-niemiecką Nagrodę Mariana Smoluchowskiego – Emila Warburga otrzymał prof. Ludger Wöste (Uniwersytet Berliński) za wybitne osiągnięcia w fizyce klastrowej, spektroskopii laserowej i technice laserów;

Nagrodę Naukową im. Wojciecha Rubinowicza – zespół: prof. Józef Korecki (Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej AGH) i dr Paweł Korecki (IF UJ) za wybitne i twórcze prace badawcze z zakresu holografii przy użyciu promieniowania γ ;

Nagrodę im. Arkadiusza Piekary I stopnia za pracę magisterską – mgr Małgorzata Samsel (UWr) za pracę „Rekonstrukcja gęstości pędowych elektronów z ich projekcji powierzchniowych – zastosowanie do profili komptonowskich”, wykonaną pod kierunkiem doc. dr hab. Grażyny Sznajd (INTiBS);

Nagrodę im. Arkadiusza Piekary II stopnia – mgr Karolina Klaczyńska (UAM) za pracę „Skonstruowanie i wypróbowanie spektrometru fototermicznego z odchyleniem wiązki światła próbnego (mirage effect)” wykonaną pod kierunkiem prof. Danuty Frąckowiak (IF PP);

Nagrodę im. Arkadiusza Piekary III stopnia – mgr Izabela Szlufarska (UWr) za pracę „Stany nieściśliwe, kwantowy efekt Halla i złożone fermiony w plazmie elektronowej i elektronowo-dziurowej” wykonaną pod kierunkiem prof. Lucjana Jacaka (IF PWr);

Nagrodę za popularyzację fizyki – Wiktor Niedzicki;

Nagrodę specjalną PTF z okazji 50-lecia *Postępów Fizyki* – Komitet Redakcyjny *Postępów Fizyki*;

Dyplom uznania za wyróżniającą się działalność w zakresie popularyzacji fizyki, w szczególności za książkę

pt. *Człowiek w otoczeniu elektromagnetycznym* – dr Maria Ingłot Siemaszko (Katedra Fizyki PRz);

Dyplom uznania za wyróżniającą się wielostronną działalność na rzecz nauczania fizyki – dr Zofia Gołąb-Meyer (IF UJ);

Nagrodę im. Grzegorza Białkowskiego dla wyróżniających się nauczycieli otrzymują *ex aequo* mgr Marek Golka (VI LO im. Jana Kochanowskiego w Radomiu) za wybitne osiągnięcia w pracy z młodzieżą uzdolnioną i mgr Andrzej Kurowski (Szkoła Podstawowa nr 26 w Krakowie) za twórcze nauczanie fizyki;

Nagrodę II stopnia dla wyróżniających się nauczycieli – mgr Andrzej Ceglarski (Zespół Szkół Gastronomiczno-Hotelarskich w Iwoniczu Zdroju) za nowatorskie nauczanie fizyki;

Nagrodę II stopnia dla wyróżniających się nauczycieli – mgr Czesława Dresler (Katolickie LO w Łodzi) za osiągnięcia w pracy nauczycielskiej i publikacje dydaktyczne;

Wyróżnienia dla nauczycieli otrzymują: dr Antonina Wiesława Noweta (XX LO w Łodzi) za organizację „Wieczorów ciekawej fizyki” i mgr inż. Henryka Bukowska (Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 1, IV LO im. J. Wierzyńskiego w Gliwicach) za szczególne osiągnięcia w pracy z młodzieżą.

Nagrody i wyróżnienia zostały wręczone przez prezesa PTF prof. Ireneusza Strzałkowskiego podczas XXXV Zjazdu Fizyków Polskich w Białymstoku.

Nominacje profesorskie

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, otrzymali w dniu 13 października 1999 r.: Leszek Jan Dobaczewski (IF PAN), Mirosław Drozdowski (PP), Jan Andrzej Kończakiewicz (UWr), Lech Waldemar Longa (UJ), Jarosław Marian Pszczoła (AGH) i Eugeniusz Czesław Rokita (UJ), a w dniu 14 października 1999 r.: Zygmunt Edmund Gburski (UŚI), Paweł Franciszek Maślanka (UŁ) i Jan Misiewicz (PWr).

Rzeczpospolita, 13 i 14 października 1999

Nowi członkowie PAU

W dniu 19 czerwca 1999 r. odbyły się wybory w Polskiej Akademii Umiejętności. Na członków korespondentów w Wydziale III (Matematyczno-Fizyczno-Chemicznym) zostali wybrani fizycy: Andrzej Oleś, Janusz Zarzewski i Marek Zrałek.

Andrzej Oleś (ur. 1923) studiował fizykę na Uniwersytecie Jagiellońskim i tam się habilitował. Od 1974 r. jest profesorem AGH (obecnie na emeryturze). Zajmował się promieniowaniem kosmicznym i oddziaływaniem cząstek o wysokiej energii. W początku lat sześćdziesiątych

skierował swoje zainteresowania na fizykę ciała stałego, w szczególności fizykę magnetyków, badał struktury magnetyczne i krystaliczne, przejścia fazowe, tekstury metodą dyfrakcji neutronów. Jest autorem lub współautorem ponad 70 prac. W latach 1986–91 był wiceprezesem Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Janusz Zakrzewski (ur. 1932) studiował fizykę na Uniwersytecie Warszawskim, od 1971 r. jest profesorem tego Uniwersytetu. Prowadzi badania doświadczalne w dziedzinie fizyki wysokich energii, w szczególności oddziaływań hadronów z jądrami, jest współodkrywcą podwójnego hiperjądra, brał udział w odkryciu neutralnego bozonu pośredniczącego Z_0 i w badaniu struktury fotonu. Autor ponad 130 prac. Jest członkiem rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk, członkiem Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, w latach 1987–91 był prezesem Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Marek Zrałek (ur. 1941) studiował fizykę na Uniwersytecie Jagiellońskim, jest profesorem zwyczajnym Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, gdzie stworzył poważny ośrodek fizyki teoretycznej. Głównym przedmiotem jego badań jest Model Standardowy i jego uogólnienia, problem łamania symetrii CP, fizyka ciężkich neutrin. Jest autorem ok. 50 prac.

Na członka zagranicznego w Wydziale III został wybrany Sava Bratoš (ur. 1926 r. w Trieście), emerytowany profesor Uniwersytetu Piotra i Marii Curie w Paryżu. W latach 1956–69 pracował w CNRS (francuskim Narodowym Centrum Badań Naukowych), od 1969 r. jest profesorem fizyki Uniwersytetu Piotra i Marii Curie, od 1987 r. członek zagraniczny Słoweńskiej Akademii Nauk, od 1995 r. członek European Academy of Arts, Sciences and Humanities. Jest wybitnym fizykochemikiem, autorem obliczeń *ab initio* molekularnych stałych siłowych oraz własności spektralnych wiązania wodowego. Współpracuje z polskimi badaczami i w związku z tym wielokrotnie odwiedzał Polskę.

B. W.

Doktorat honorowy Dziewońskiego

W dniu 24 czerwca 1999 r. Senat Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie nadał profesorowi Adamowi Dziewońskiemu tytuł doktora honoris causa. Promotorem był prof. dr hab. inż. Stanisław Małozzewski. Uroczystości uświetniła obchody 80-lecia uczelni oraz 50-lecia nauczania geofizyki na AGH.

Adam Marian Dziewoński urodził się we Lwowie w 1936 r. Studiował na Uniwersytecie Warszawskim na ówczesnym Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii. Po studiach pracował w Zakładzie Geofizyki PAN w Warszawie, a w roku 1965 w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie obronił pracę doktorską pod tytułem „Zagadnienia odbić wielokrotnych w problematyce sejsmogramów syntetycznych”. Po uzyskaniu doktoratu wyjechał na stypendium do Stanów Zjednoczonych (University of Texas w Dallas), a od roku 1972 pracuje na Uniwersytecie Harvarda.

Profesor Dziewoński jest wybitnym sejsmologiem i specjalistą w dziedzinie fizyki wnętrza Ziemi. Jest autorem i współautorem szeregu metod analizy i interpretacji fal sejsmicznych generowanych przez trzęsienia Ziemi, koncepcji trójwymiarowej tomografii sejsmicznej, modelu budowy Ziemi PREM (Preliminary Reference Earth Model), metody Centroidalnego Tensora Momentu Sejsmicznego, trójwymiarowego modelu wnętrza Ziemi. Owoc działalności naukowej profesora stanowi kilkaset publikacji w czasopismach geofizycznych (<http://www.seismology.harvard.edu/~dziewons>).

Osiągnięcia Adama Dziewońskiego przyniosły mu wiele profesjonalnych odznaczeń i nagród, których ukoronowaniem jest nagroda Crafoorda, przyznana w 1998 r. wspólnie profesorom Adamowi Dziewońskiemu i Donowi Andersonowi (California Institute of Technology, Pasadena, USA), za ich fundamentalne badania struktury i procesów zachodzących we wnętrzu Ziemi.

Ufundowana w roku 1980 Nagroda Crafoorda przyznawana jest corocznie przez Królewską Szwedzką Akademię Nauk cyklicznie w jednej z pięciu dziedzin nie objętych Nagrodą Nobla: matematyce, astronomii, naukach o Ziemi, naukach biologicznych i reumatologii.

Profesor Dziewoński uczestniczy w organizacji światowej sieci stacji sejsmologicznych, a obecnie jest przewodniczącym Komitetu Wykonawczego IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology), konsorcjum uniwersytetów i instytutów badawczych w dziedzinie sejsmologii i badania wnętrza Ziemi. Świadectwo jego aktywnej działalności naukowej i organizacyjnej stanowi także członkostwo wielu organizacji i komitetów naukowych oraz redakcji międzynarodowych czasopism naukowych.

Jacek Bieroń

Kanadyjczycy honorują Davida Shugara

Towarzystwo Królewskie Kanady (Royal Society of Canada) wybrało na swego członka Davida Shugara – wybitnego biofizyka, twórcę pierwszej w Polsce Katedry Biofizyki na Uniwersytecie Warszawskim.

David Shugar urodził się w 1915 r. w Polsce i jako dziecko wyemigrował wraz z rodzicami do Kanady. Studia fizyki ukończył na Uniwersytecie McGill w Montrealu i do 1948 r. pracował w kanadyjskich instytutach fizyki. Wobec rozpętanego maccartyzmem i sięgającego również Kanady „polowania na czarownice” przeniósł się do Paryża, potem do Brukseli, a w 1954 r. przyjechał do Polski, gdzie stworzył silne ośrodki biofizyki molekularnej w Instytucie Biochemii i Biofizyki PAN i na Uniwersytecie Warszawskim. Jego działalność naukowa i dydaktyczna została obszernie przedstawiona w Kronice 1/97 z okazji nadania mu doktoratu honoris causa Uniwersytetu Warszawskiego. Dodajmy tu jeszcze, że Shugar, rozumiejąc potrzebę popularyzacji nauki, zainicjował „Festiwale Nauki”, które od 1997 r. odbywają się corocznie w Warszawie.

B. W.

Bułgaria w CERN-ie

Bułgaria została przyjęta do CERN-u i jest dwudziestym państwem członkowskim tej organizacji. Przez najbliższe 3 lata będzie wpłacać zniżkową składkę członkowską.

Phys. World 12, nr 7 (1999)

Fizyk komisarzem badań Unii Europejskiej

Romano Prodi, prezes Komisji Europejskiej, mianował nowego komisarza badań naukowych Unii Europejskiej. Jest nim Belg – Philippe Busquin, członek Parlamentu Europejskiego, absolwent fizyki Wolnego Uniwersytetu Brukselskiego, w latach 1962–77 wykładowca fizyki na Wydziale Medycyny tego Uniwersytetu. Później zajmował różne stanowiska ministerialne, a w 1992 r. został wiceprzewodniczącym Międzynarodówki Socjalistycznej. W latach 1978–80 był także przewodniczącym Rady Dyrektorów belgijskiego Instytutu Radiopierwiastków.

Busquin będzie zarządzał czteroletnim programem ramowym nauki i rozwoju Unii Europejskiej o budżecie 15 mld euro. Poprzednio w ramy takiego programu wchodziła również edukacja, lecz Prodi zdecydował, że program byłby zbyt obszerny, i przesunął sprawy kształcenia do działu kultury.

Phys. World 12, nr 8 (1999)

B. W.

Nowy dyrektor DESY

Po śmierci Björna Wiika nowym dyrektorem laboratorium DESY w Hamburgu został Albrecht Wagner.

Wagner, który ma 58 lat, był kierownikiem badań w DESY i od 1991 r. profesorem Uniwersytetu w Hamburgu. Jego własne badania naukowe koncentrują się na zderzeniach elektron-pozyton. Prowadzi je w DESY i CERN-ie.

DESY rozporządza m.in. zderzaczem HERA, dwoma źródłami promieniowania synchrotronowego, ma filię w Zeuthen we wschodnich landach, zatrudnia 1200 osób i ma budżet 275 mln marek rocznie.

Phys. World 12, nr 8 (1999)

Zmiana dyrektora GSI

Od 1 października 1999 r., w miejsce ustępującego H.-J. Spechta, dyrektorem GSI (Centrum Badawcze Ciężkich Jonów) w Darmstadtzie został Walter Henning, były pracownik GSI, a przez ostatnie kilka lat dyrektor Argonne National Laboratory i przewodniczący sekcji fizyki jądrowej Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego. Henning został równocześnie powołany na profesora Uniwersytetu we Frankfurcie.

Phys. Today 52, nr 9 (1999)

Tablica upamiętniająca przechowanie radu

Dom rodzinny państwa Wernerów w Brwinowie pod Warszawą był miejscem uroczystego odsłonięcia tablicy upamiętniającej przechowywanie w okresie okupacji niemieckiej preparatu radowego, będącego własnością Towarzystwa Naukowego Warszawskiego.

W TYM DOMU W LATACH OKUPACJI NIEMIECKIEJ
PROF. WACŁAW WERNER
 UKRYWAŁ WE WMUROWANEJ CEGLE OŁOWIANEJ
 PREPARAT RADOWY, WŁASNOŚĆ
TOWARZYSTWA NAUKOWEGO WARSZAWSKIEGO
 PRZEKAZANY PRZEZ
 PROF. LUDWIKĄ WERTENSTEINĄ,
 KIEROWNIKĄ PIERWSZEGO POLSKIEGO
 LABORATORIUM RADIOLOGICZNEGO.

Tablica upamiętniająca przechowywanie w latach wojny preparatu radowego – Brwinów, Słoneczna 3.

Kierownikiem Pracowni Radiologicznej TNW był od 1913 r. Ludwik Wertenstein, profesor Wolnej Wszechnicy Polskiej w Warszawie. Preparat został wywieziony z Pracowni w 1939 r. przez Wertensteina i ukryty w miejscu jego zamieszkania w Turczynku koło Milanówka. Życie Profesora było zagrożone ze względu na jego żydowskie pochodzenie. W 1941 r. zdecydował się poprosić Wacława Wenera, fizyka i docenta Politechniki Warszawskiej, o dalsze przechowywanie preparatu w Brwinowie w domu Wernerów, położonym w dużym ogrodzie, z dala od spokojnej zresztą ulicy (Słoneczna 3). Preparat, zamknięty w ołowianym pojemniku, został zamurowany w ścianie piwnicy, w tajemnicy przed najbliższą rodziną – tajemnicę znała jedynie żona.

Po wojnie w 1947 r., w dwa lata po śmierci Wertensteina, Werner skontaktował się z Towarzystwem Naukowym Warszawskim, którego przedstawiciele odebrali zawartość schowka (pojemnik z radem, tygielek platynowy, drobne przedmioty laboratoryjne i dwie książki specjalistyczne). Wacław Werner wkrótce zmarł (31 marca 1948 r.).

W początku lat 60. jego syn Stanisław, obecny współwłaściciel i mieszkaniec domu rodzinnego, podjął starania o ufundowanie tablicy pamiątkowej. Władze miejskie nie wykazały jednak zainteresowania. Dopiero w 1997 r. wznowiono zabiegi, konsultując jedynie tekst tablicy z Zarządem TNW i z córką prof. Wertensteina – Wandą Wertenstein. Tablicę wykonano i umieszczono na domu obok wejścia. Uroczystość odsłonięcia tablicy odbyła się 18 września 1999 r. Odsłonięcia dokonali Gospodarze – państwo Marta i Stanisław Wernerowie w imieniu własnym, a także Zarządu Rady Miasta i Gminy oraz Ośrodka Kultury w Brwinowie. Minutą ciszy i muzyką

Beethovena uczczono pamięć Wacława Wernera i Ludwika Wertensteina, a słowa powitania i uznania dla Gospodarzy wygłosił burmistrz Brwinowa Maciej Nowicki. W imieniu Towarzystwa Przyjaciół Brwinowa wystąpiła Krystyna Nowicka, a w imieniu Towarzystwa Naukowego Warszawskiego – prof. Zdzisław Mikulski, członek Prezydium Zarządu TNW.

W uroczystości wzięło udział kilkadziesiąt osób, w tym wiele z rodziny Gospodarzy; dostojnym gościem była pani Wanda Wertenstein. Goście mogli obejrzeć wystawę dokumentującą przekazanie preparatu radowego Towarzystwu Naukowemu Warszawskiemu oraz pamiątki dotyczące kariery naukowej Wacława Wernera, wraz z jego portretem, wystawionym przy wejściu do budynku. Cała uroczystość odbywała się w ogrodzie, gdzie też podejmowano gości lampką wina.

Decyzję Ludwika Wertensteina i Wacława Wernera przechowania preparatu radowego należy ocenić wysoko jako przejaw patriotyzmu i odwagi, a także jako istotne wydarzenie w dziejach nauki polskiej. Szkoda jedynie, że tak niewiele się mówiło i pisało o tym w środowiskach naukowych. Obu profesorom należą się słowa wysokiego uznania i wdzięczności. Szkoda też, że przy ceremonii odsłonięcia tablicy pamiątkowej nauka polska była słabo reprezentowana.

Zdzisław Mikulski

Stypendium zagraniczne FNP

Od 1995 r. Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej przyznaje młodym polskim uczonym, którzy jeszcze nie byli na dłuższych stażach za granicą, stypendia (na okres od 6 do 12 miesięcy) na wyjazd do wiodących ośrodków zagranicznych. O stypendium mogą ubiegać się osoby, które nie ukończyły 35 roku życia, mają stopień doktora i pracują w krajowych szkołach wyższych, placówkach naukowych PAN lub jednostce badawczo-rozwojowej. Przy przyznawaniu stypendium brany jest pod uwagę dorobek naukowy kandydata, jego plan pracy oraz ranga ośrodka, do którego zamierza wyjechać.

Na początku lipca 1999 r. rozstrzygnięto kolejną, dziewiątą turę tego konkursu. Wśród sześciu laureatów jest fizyk – dr Tomasz Durakiewicz z Instytutu Fizyki UMCS w Lublinie, który spędzi rok w University of New Mexico (USA), gdzie będzie się zajmował badaniami składu izotopowego tlenu w szklwie zębów dinozaurów, wykorzystując nowoczesne metody ekstrakcji laserowej i spektrometrii mas.

B. W.

Fizyka jądrowa w służbie medycyny

W dniu 8 czerwca 1999 r. odbyło się w Instytucie Problemów Jądrowych w Świerku sympozjum naukowe pt. „Fizyka jądrowa w służbie medycyny: akceleratory terapeutyczne i diagnostyka medyczna”. Udział w sympozjum wzięli: Prezydent Rzeczypospolitej Aleksander Kwaśniewski, minister zdrowia i opieki społecznej Franciszka

Cegielska, ministrowie Kancelarii Prezydenta p. Marek Unger i p. Robert Smoleń, prezes PAN prof. Mirosław Mossakowski, sekretarz KBN dr Krzysztof Frąckowiak, prezes Państwowej Agencji Atomistyki prof. Jerzy Niewodniczański, liczne grono najwybitniejszych przedstawicieli nauki i praktyki medycznej z dziedziny onkologii i fizyki medycznej z całej Polski oraz fizycy z Instytutu Problemów Jądrowych jak też przedstawiciele sąsiednich instytutów atomistyki: Instytutu Energii Atomowej, Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej oraz Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Izotopów.

Po referacie wprowadzającym prof. Ziemowida Sujkowskiego, dyrektora IPJ, oraz referacie prof. Ludwika Dobrzyńskiego „Fizyka jądrowa w służbie medycyny” i prof. Stanisława Kulińskiego „Akceleratory w medycynie” odbyła się dyskusja poświęcona głównie wykorzystaniu aparatury jądrowej w medycynie – potrzebom i możliwościom. Udział w dyskusji wzięli zaproszeni paneliści prof. J. Skotłyszewski, dyr. B. Maciejewski, doc. J. Fijuth, prof. L. Królicki i prof. M. Moszyński oraz dyskutanci z sali: prof. Reinfuss, prof. J. Jassem, prof. S. Chwaszczewski, dr K. Nowak i in. Dyskusję prowadził profesor Sujkowski, a podsumował ją w obszernym wystąpieniu prezydent Kwaśniewski. Po dyskusji odbyło się zwiedzanie przewoźnego laboratorium mammograficznego produkcji Zakładu Aparatury Jądrowej IPJ oraz stanowiska badawczego akceleratorów terapeutycznych.

Główne tezy dyskusji dadzą się streścić następująco:

1. Diagnostyka masowa i terapia nowotworów.

— Wczesne wykrywanie jest kluczowe dla skuteczności terapii. W Polsce występują ogromne zaniedbania w powszechnej diagnostyce onkologicznej. Dotyczy to zwłaszcza ludności wsi i małych miast. Zaniedbania dotyczą zarówno dostępności badań umożliwiających wczesne wykrywanie, jak i świadomości potrzeby takich badań.

Jednym ze stosunkowo tanich środków przynoszących poprawę w tej dziedzinie jest rozpowszechnienie ruchomych stacji mammograficznych – „mammobusów”. Ocenia się, że aktualne zapotrzebowanie na takie stacje jest na poziomie jednego mammobusu na województwo.

— Mapa rozpowszechnienia stacji terapeutycznych w Polsce (referat doc. Fijutha) wykazuje duże białe plamy niedoborów. Powinno powstać kilka nowych takich stacji. Czas prawidłowego funkcjonowania akceleratora w stacji o pełnym obciążeniu wynosi ok. 10 lat. Należy przewidzieć wymianę wielu zużytych już aparatów.

— Produkcja aparatury diagnostycznej i terapeutycznej w IPJ w Świerku jest dla polskiej medycyny istotna. W Europie nie produkuje się akceleratorów i symulatorów podobnej klasy. Zapewnienie stabilnego zbytu w Polsce na aparaturę produkcji ZdAJ IPJ może następnie ułatwić nam wejście na rynek europejski.

— W związku z zapotrzebowaniem na ośrodek terapii nowotworowej dla regionu Warszawy prawobrzeżnej i okolic, IPJ składa ofertę uruchomienia takiego ośrodka na własnym terenie w Świerku. Przesłanki: istniejący bunkier (połowa kosztów!), łatwe do adaptacji budynki, stały serwis i zaplecze techniczne dla instalowanej aparatury.

2. Oprócz diagnostyki masowej potrzebna jest też diagnostyka specjalistyczna, oparta na tomografii pozytonowej. Warunkiem prawidłowego wykorzystania tomografu pozytonowego jest bliskość akceleratora protonów do produkcji krótkożyjących źródeł. Instytut Problemów Jądrowych, który posiada taki akcelerator, składa ofertę stworzenia ośrodka takiej diagnostyki w Świerku, z wykorzystaniem istniejącego cyklotronu do produkcji potrzebnych izotopów.

Przesłanki: niski koszt adaptacji cyklotronu w porównaniu z zakupem nowego, istniejące pomieszczenia wyposażone we właściwe osłony (wysoki koszt budowy nowych!), zaplecze naukowe i techniczne w zakresie fizyki i chemii gorącej.

Potrzeby: zakup tomografu, budowa lub zakup robotyki, adaptacja cyklotronu. Możliwe do pozyskania środki w programach międzynarodowych powinny pokryć część kosztów przedsięwzięcia.

Ziarnowid Sujkowski

XXX Międzynarodowa Olimpiada Fizyczna

Zawody XXX Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej odbyły się w dniach 18–27 lipca 1999 r. w Padwie. Wzięły w nich udział 62 państwa. Była to najlepiej zorganizowana olimpiada w ostatnim okresie, co niewątpliwie jest zasługą pracującej z niezwykłym oddaniem prof. Giuliany Cavaggioni, która wszystkie szczegóły miała „w małym palcu”, i która zawsze na wszystko, nawet na rozmaite nieoczekiwane życzenia uczestników, była przygotowana. Oczywiście sukcesy nie wzięły się z niczego – prace organizacyjne ok. dwuosobowego zespołu (wliczając członków komitetu organizacyjnego, opiekunów grup, sprawdzających zadania, osób organizujących wycieczki itd.) rozpoczęły się cztery lata temu i trwały bez przerwy.

Zgodnie z regulaminem każdy kraj mógł przystać 5 zawodników i 2 opiekunów. Polskę reprezentowali zwycięzcy krajowej XLVII Olimpiady Fizycznej, zajmujący miejsca od 1 do 5. Niestety, w zawodach nie wzięły udziału nasz ubiegłoroczny medalista (Jarosław Łabaziewicz), gdyż po tym sukcesie otrzymał stypendium do Wielkiej Brytanii i nie mógł wziąć udziału w eliminacjach krajowych. Opiekunami naszej delegacji byli członkowie Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej: dr Waldemar Gorzkowski (również prezes Międzynarodowych Olimpiad Fizycznych) – kierownik delegacji i dr Włodzimierz Ungier (sekretarz naukowy OF ds. zadań teoretycznych) – opiekun pedagogiczny. Obaj są wieloletnimi pracownikami Instytutu Fizyki PAN.

Skład naszej drużyny był następujący: Marek Tomasz Biskup (II LO im. Stanisława Staszica, Starachowice), Paweł Aleksander Maślankiewicz (VIII LO im. Marii Skłodowskiej-Curie, Katowice), Przemysław Piotr Broniek (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków), Andrzej Janusz Jarosz (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków), Piotr Nowakowski (Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 2 im. Marii Skłodowskiej-Curie, Gorzów Wielkopolski).

Obóz przygotowawczy dla naszej reprezentacyjnej piątki (plus zawodnik rezerwowo, którym był laureat szóstego miejsca) odbywał się częściowo w I Pracowni Wydziału Fizyki UW (część doświadczalna), a częściowo w Instytucie Fizyki PAN (część teoretyczna). Nasi uczniowie są z reguły słabo przygotowani do zawodów. Nagminna jest niezajomość zadań z wcześniejszych olimpiad. Częściowo jest to spowodowane brakami książek olimpijskich na rynku, ale nie tylko. Zadania są przecież regularnie publikowane w *Fizyce w Szkole*, która powinna być dostępna w bibliotekach szkolnych lub u nauczycieli. Niektórzy uczniowie nie wiedzą w ogóle, że zadania były publikowane, i nie szukają ich.

W czasie zawodów w Padwie uczniowie dostali do rozwiązania 3 zadania teoretyczne i jedno zadanie doświadczalne. Zadania konkursowe były pod każdym względem niezwykle rzetelnie przygotowane i bardzo dobrze pasowały do charakteru zawodów i do wieku uczniów. Były one bardzo kształcące i z pewnością niejedna szkoła, czy też niejedyn nauczyciel wykorzysta je w swojej codziennej praktyce. Zadania były dziełem osób z kilku ośrodków naukowych i dydaktycznych. Zespołem kierował znakomity fizyk prof. Paolo Violino.

Najlepszy wynik (49,8 punktu na 50 możliwych) osiągnął Konstantin Krawcow z Rosji i tym samym zdobył tytuł Absolutnego Zwycięzcy XXX Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej. Zgodnie z regulaminem przyznano 30 pierwszych nagród (złote medale), 71 drugich (srebrne medale), 54 trzecie nagrody (brązowe medale) i 57 wyróżnień, a ponadto 16 nagród specjalnych. Klasyfikacji drużynowej nie prowadzi się, nie ulega jednak żadnej wątpliwości, że w tym roku najlepiej wypadła drużyna z Iranu (wszyscy jej członkowie zdobyli złote medale).

Nasi uczniowie osiągnęli wyniki nieco gorsze niż w roku ubiegłym. Zdobyliśmy 2 srebrne medale (Andrzej Jarosz i Przemysław Broniek), jeden medal brązowy (Marek Biskup) i jedno wyróżnienie (Piotr Nowakowski).

Bieżący rok był rokiem wyborczym Międzynarodowej Olimpiady – wybierano nowego sekretarza. Poprzedni, dr Andrzej Kotlicki z Kanady, po trzech pięcioletnich kadencjach nie kandydował ponownie. Komisja Międzynarodowa postanowiła jego pracę uhonorować specjalnym listem. Nowym sekretarzem została wybrana jednogłośnie dr Maija Ahtee z Finlandii. Ma ona za sobą 20 lat działalności w MOF, co stanowi gwarancję skutecznej pracy.

Na zakończenie chciałbym zauważyć, że jeden z tegorocznych złotych medalistów z Indonezji parę miesięcy wcześniej został zwycięzcą konkursu „First Step to Nobel Prize in Physics”, który organizują corocznie pod patronatem Instytutu Fizyki PAN. Natomiast laureat nagrody specjalnej prezesa MOF dla najlepszego uczestnika z krajów, które w tym roku uczestniczyły w Olimpiadzie po raz pierwszy, zawodnik z Turkmenistanu, był zwycięzcą w ubiegłorocznej edycji konkursu „First Step”.

Następna, XXXI Międzynarodowa Olimpiada Fizyczna odbędzie się w Leicester (Wielka Brytania) w dniach 8–16 lipca 2000 r.

Waldemar Gorzkowski

Anglojęzyczne wersje czasopism rosyjskich

Jak pisaliśmy przed rokiem (Kronika 6/98), Rosyjska Akademia Nauk (RAN), szukając źródeł dochodów, chciała przerwać trwające od 40 lat porozumienie z Amerykańskim Instytutem Fizyki (AIP) w sprawie anglojęzycznych przekładów, wydawania i rozprowadzania rosyjskich czasopism fizycznych. Ta polityka Akademii wywołała ostry protest wielu fizyków rosyjskich (pocztą elektroniczną wpłynęła ponad setka listów) obawiających się, że zarówno jakość tłumaczeń, jak i tryb rozpowszechniania znacznie się pogorszy. Komentując te protesty redaktor *ŽETF Pisma*, Wsiewołod Gantmacher, stwierdził, iż taka kampania przeciw decyzji RAN jest czymś zupełnie nowym w Rosji, i że w opinii autorów tych listów instytucje naukowe rosyjskie należą do międzynarodowej społeczności naukowej i nie należy zrywać istniejących powiązań, lecz przeciwnie – zacieśniać je.

Ostatecznie, po wielu negocjacjach, w czerwcu 1999 r. podpisano trójstronne porozumienie między AIP, RAN i MAIK Nauka (dom wydawniczy w Moskwie będący w 51% własnością RAN), w myśl którego MAIK Nauka będzie odpowiedzialna za tłumaczenia i wydawanie 14 anglojęzycznych wersji czasopism, a AIP będzie je rozprowadzał. Nowe porozumienie oznacza dla AIP stratę finansową oraz utratę kontroli nad jakością przekładów.

Phys. Today 52, nr 9 (1999)

B. W.

Fizyczka w kryminale

Ukazały się już trzy powieści kryminalne, których autorką jest Camille Minichino: *The Hydrogen Murder*, *The Helium Murder* i *The Lithium Murder*. We wszystkich detektywem-amatorem, pomagającym policji, jest profesor fizyki, Gloria Lamerino, która właśnie niedawno przeszła na emeryturę i mieszka w swoim rodzinnym miasteczku, Revere w stanie Massachusetts. Lamerino rozwiązuje zagadki kryminalne korzystając ze swojej wiedzy i doświadczenia naukowego, a także zdrowego rozsądku.

Autorka powieści jest także doktorem nauk fizycznych, specjalizuje się w spektroskopii ciała stałego, pochodzi z tego samego miasteczka co jej bohaterka, a również przypomina ją fizycznie. Pracuje od 1975 r. w Livermore National Laboratory, gdzie ostatnio zajmuje się problemami bezpiecznego składowania odpadów promieniotwórczych. Uczy również historii nauk ścisłych i filozofii w pobliskich liceach.

B. W.

Andrzej Kusy (1942 – 1999)

W dniu 3 czerwca 1999 roku zginął w wypadku prof. Andrzej Kusy, kierownik Katedry Podstaw Elektroniki Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza. Wszyscy, którzy mieli kontakt z Profesorem wiedzą, że był pasjonatem nauki, zarażał i poruszał swoim entuzjazmem, wiedzą oraz nieustającą chęcią uczenia się. Pokazywał nam wszystkim, jak w niełatwych warunkach

można prowadzić badania naukowe na wysokim poziomie, oraz że droga – mówiąc symbolicznie – do Uniwersytetu Purdue jest znacznie krótsza niż wielu sądzi. Był też wspaniałym ojcem, opiekunem i partnerem swoich dwóch córek i syna.

Andrzej Kusy urodził się 11 lipca 1942 r. w Sanoku. Pochodził z rodziny nauczycielskiej. Ojciec był wykładowcą w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Rzeszowie, prowadził zajęcia z wychowania technicznego. Matka była nauczycielką języka polskiego w szkole podstawowej.

Zarówno Szkołę Ćwiczeń przy Liceum Pedagogicznym (szkoła podstawowa), jak i Męskie Liceum Ogólnokształcące w Rzeszowie ukończył z bardzo dobrymi wynikami. Był również uzdolniony muzycznie – równocześnie z nauką w liceum pobierał lekcje w Szkole Muzycznej w Rzeszowie w klasie akordeonu. Interesował się także sportem. Będąc uczniem liceum zajął VI miejsce podczas mistrzostw Polski w łyżwiarstwie szybkim. Jego zainteresowania sportowe w późniejszym okresie zdominował tenis ziemny, którym pasjonował się do końca życia.

W 1966 r. ukończył studia magisterskie na Wydziale Elektroniki Politechniki Gdańskiej. Po studiach powraca w rodzinne strony, przyjmując asystenturę w Wyższej Szkole Inżynierskiej w Rzeszowie (obecnie Politechnika Rzeszowska). Z uczelnią tą wiąże całe życie zawodowe osiągając w 1995 r. stanowisko profesora zwyczajnego. Pełnił też w niej wiele funkcji: m.in. w latach 1984–87 był prodziekanem Wydziału Elektrycznego oraz między 1990 i 1993 r. prorektorem.

Można jednak sądzić, że zawsze w centrum jego zainteresowań znajdowały się zagadnienia naukowe. Mówiąc ogólnie, badania Andrzeja Kusego ogniskowały się wokół problemów przenoszenia ładunku w kompozytowych warstwach oporowych. Jego pierwsze prace z tej dziedziny dotyczyły metod otrzymywania warstw oporowych oraz poszukiwania fenomenologicznych związków między warunkami technologicznymi, własnościami strukturalnymi i parametrami użytkowymi. Z biegiem czasu wytrwałość w dążeniu do celu, otwartość na nowe idee, umiejętność podejmowania dyskusji naukowych pozwoliły mu zostać ekspertem w dziedzinie zjawisk przeciekania (perkolacji), teorii szumów i szeregów czasowych, lokalizacji andersonowskiej, kwantowych przemian fazowych, czy zjawisk mezoskopowych. Rozumiał przy tym potrzebę harmonijnego łączenia prac teoretycznych, numerycznych i doświadczalnych.

Dziedzinie materiałów oporowych była poświęcona rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem doc. dra hab. inż. Michała Biało z Politechniki Gdańskiej „Struktura i własności rezystywnych warstw grubych na bazie palladu i srebra”, której obrona odbyła się w 1972 r. Już wówczas Andrzeja Kusego nie zadowala przedstawianie osiągnięć naukowych jedynie w wydawnictwach i materiałach konferencji o zasięgu lokalnym. Poprzez opublikowanie w 1973 r. otrzymanych wyników w cenionym czasopiśmie *Thin Solid Films* (Elsevier) realizuje praktycznie swoje przeświadczenie o potrzebie konfrontowania rezultatów badań z osiągnięciami światowymi. Otrzy-

mane w latach 1973–80 wyniki podsumowuje praca habilitacyjna „Struktura, mechanizm przewodnictwa oraz szumy $1/f$ rezystywnych warstw grubych”, przedstawiona Radzie Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej.

Bez wątplenia, dla rozwoju naukowego Andrzeja Kusy duże znaczenie miały trzy półroczne pobyty za granicą. W latach 1975–76 odbył staż podoktorski w grupie R.W. Vesta na Uniwersytecie Purdue. W roku 1982 był na Politechnice w Eindhoven w grupie prof. Hooge'a, który – jak wiadomo – przeprowadził odkrywcze badania dotyczące szumu $1/f$. Ostatni dłuższy pobyt za granicą odbył się w roku akad. 1996/97. Andrzej Kusy przebywał jako profesor-gość na Uniwersytecie Purdue na zaproszenie prof. S. Datty, wybitnego specjalisty w dziedzinie teorii materii skondensowanej, autora wpływowej monografii *Electronic Transport in Mesoscopic Systems* (Cambridge University Press, New York 1995).



Profesor ze współpracownikami: od lewej – profesor Kusy, Grzegorz Hałdaś, Adam Stadler.

Od 1982 r. prof. Andrzej Kusy kierował Zakładem Podstaw Elektroniki Politechniki Rzeszowskiej. Celem jego działań organizacyjnych było stworzenie wielodyscyplinowego zespołu, który prowadziłby doświadczalne i teoretyczne badania zjawisk przenoszenia ładunku w materiałach kompozytowych. Szczególnie dużo uwagi zespół Andrzeja poświęca mieszaninom tlenku rutenu i szkła. Materiał ten wykazuje wiele niezwykłych własności, które umożliwiają jego zastosowanie jako wysoce stabilnych termicznie warstw oporowych w temperaturze pokojowej oraz czułych bolometrów i detektorów w zakresie temperatur subkelwinowych. W skład zespołu wchodzi obecnie badacze o różnych specjalnościach: fizycy-teoretycy i doświadczalnicy, chemik-technolog, informatyk. Przeprowadzenie odpowiednich badań wymagało zdobycia znacznych środków finansowych w celu zbudowania odpowiednich stanowisk pomiarowych, a także wykonania trudnych doświadczeń, szczególnie w warunkach braku ciągłego dostępu do ciekłego helu. Wykonane pomiary niskotemperaturowe w połączeniu z zaawansowanymi symulacjami numerycznymi pozwoliły zespołowi na wykazanie, że niezwykłe własności badanej mieszaniny wynikają ze współ-

istnienia klasycznych zjawisk przeciekania oraz kwantowej lokalizacji. Znaczenie otrzymanych wyników wiąże się także z faktem, że pozwalają one na ocenę w jakim stopniu fluktuacje rozkładu domieszek wpływają na zjawiska krytyczne wokół przemiany metal-izolator w półprzewodnikach domieszkowanych, które są intensywnie badane przez wiele laboratoriów na całym świecie.

Wnioski z przeprowadzonych badań Kusy przedstawił podczas Marcowego Zjazdu Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, który w 1999 r. miał szczególnie uroczysty charakter ze względu na obchody stulecia Towarzystwa. Wiem, że referat wywołał znaczne zainteresowanie specjalistów z tej dziedziny. Andrzej odszedł od nas bez wątplenia u szczytu rozwoju sił twórczych i u progu osiągnięcia celu swoich wieloletnich badań naukowych. W przeddzień tragicznego wypadku pracował nad końcową wersją artykułu, który zamierzał wystąpić do *Phys. Rev. Lett.*, oraz referatem, jaki miał wygłosić podczas Międzynarodowej Konferencji nt. Lokalizacji w Hamburgu.

Sądzę, że prof. Andrzej Kusy wiele wymagał od swoich współpracowników. Jego format naukowy, skuteczność w działaniu, aktywność intelektualna w pełni uzasadniały te wymagania. Wiem, że nikt nie może go zastąpić. Ale jestem przekonany, że dla wszystkich, którzy go poznali, pamięć o nim będzie drogowskazem, pokazującym jak iść wytyczoną przez niego drogą.

Tomaz Dietl

Paweł Czartoryski (1924 – 1999)

13 sierpnia 1999 r. zmarł w Warszawie w wieku 75 lat prof. Paweł Czartoryski, historyk filozofii i nauki europejskiego średniowiecza i renesansu. Przeszło 40 lat był związany z Zakładem i Instytutem Historii Nauki PAN jako autor i organizator życia naukowego. Był współorganizatorem i wieloletnim kierownikiem Zakładu Badań Kopernikańskich, naukowym edytorem *Dzieł wszystkich Mikołaja Kopernika* oraz ich przekładów na języki nowożytne, współautorem syntetycznej *Historii nauki polskiej*. Zainicjował i prowadził krytyczną redakcję serii wydawniczej *Studia Copernicana* obejmującej już blisko 40 rozpraw stanowiących trwały wkład do pogłębienia wiedzy o nauce europejskiej od czasów Witelona po XVI wiek (charakterystycznym tego świadectwem jest obecność *Studiów* w najpoważniejszych bibliotekach światowych).

Profesor Paweł Czartoryski zajął poczesne miejsce w światowym środowisku historyków nauki. Był członkiem rzeczywistym Académie Internationale d'Histoire des Sciences, członkiem rzeczywistym i laureatem nagrody Praemium Triennale Towarzystwa Naukowego Warszawskiego. W swej działalności dydaktycznej promował szereg uczniów, stanowiących już kolejną generację historyków nauki. Zasłużony jako działacz w środowisku naukowym, m.in. jako inicjator prac badawczych w skali międzynarodowej i jako przewodniczący Rady Naukowej

Instytutu; aktywny w działaniu polityczno-społecznym, w latach osiemdziesiątych był uczestnikiem działalności związkowej i doradcą NSZZ „Solidarność”. W ostatnich latach organizował i kierował polską sekcją światowego łańcucha szkół średnich – United World Colleges.

Niespodziewana śmierć Profesora pozbawiła szerokie środowisko historyków nauki i filozofii oczekiwanych publikacji – wyników bieżących, a przerwanych jego prac.

Jerzy Dobrzycki

KALENDARZ IMPREZ

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

2000

12 – 17 czerwca 2000, Jaszowiec

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

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

26 – 28 czerwca 2000, Wrocław

XIII Konferencja „Nauczanie fizyki w wyższych szkołach technicznych”

Inst. Fizyki Pol. Wrocławskiej i Polskie Towarzystwo Fizyczne; prof. Ewa Dobierzevska-Mozrzyk, IF PWr, Wybrzeże Wy-

spiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3202020 lub (71) 3202787, fax: (71) 3283696, adr.el.: kon2000@rainbow.if.pwr.wroc.pl.

Z: 30.11.99, O: 350 zł.

13 – 15 września 2000, Jaszowiec

5th Biennial Conference on High Resolution X-Ray Diffraction and Topography XTOP-2000

Inst. Fizyki Doświadczalnej UW i Inst. Fizyki PAN; Jerzy Gronkowski, IFD UW i Halina Granat, IF PAN, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa, tel.: (22) 8437001 w. 2301, fax: (22) 8430926, adr.el.: synchro@ifpan.edu.pl, Internet: info.ifpan.edu.pl/XTOP2000.html.

A: 31.3.2000, P, U: 150, O: 350 euro, ang.

NOWE KSIĄŻKI

- Bożena Nerlo-Pomorska, Krzysztof Pomorski, *Zarys teorii jądra atomowego*, PWN, Warszawa 1999, s. 186.
- John R. Taylor, *Wstęp do analizy błędów pomiarowych*, z jęz. angielskiego tłum. Adam Babiński i Rafał Bożek; PWN, Warszawa 1999, wyd. II zmienione, s. 381.
- Jean Brun, *Sokrates*, z jęz. francuskiego tłum. Hanna Igalson-Tygielska; Prószyński i S-ka, Warszawa 1999, s. 112, cena 16,00 zł.
- Richard P. Brennan, *Na ramionach olbrzymów – życie i dzieło twórców współczesnej fizyki*, z jęz. angielskiego tłum. Jerzy Gronkowski; WNT, Warszawa 1999, s. 340, cena 27,00 zł.
- Andrzej K. Wróblewski, *Uczeni w anegdocie*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999, s. 296, cena 20,00 zł.
- Michał Tempczyk, *Fizyka najnowsza*, Wyd. Znak, Kraków 1998, s. 159.
- Richard P. Feynman, *Sześć trudniejszych kawałków*, z jęz. angielskiego tłum. Piotr Amsterdamski, Ryszard Gajewski, Zofia Królikowska, Marek Grynberg, Stanisław Bazański; Prószyński i S-ka, Warszawa 1999, s. 198, cena 29,00 zł.
- *Microsoft Excel 2000 z marszu*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999, s. 272, cena 45,00 zł.
- B.S. Chandrasekhar, *Dlaczego rzeczy są takie, jakimi są*, z jęz. angielskiego tłum. Piotr Amsterdamski, Wyd. CiS, Poznań 1999, s. 382.
- Georges Charpak, Richard L. Garwin, *Błędne ogniki i grzyby atomowe*, z jęz. francuskiego tłum. Jerzy Gronkowski; WNT, Warszawa 1999, s. 372, cena 35,00 zł.

SPIS TREŚCI TOMU 50 (1999)

Zeszyt 1

C.N. Cohen-Tannoudji – Manipulowanie atomami za pomocą fotonów (tłum. W. Gawlik, D. Szot-Gawlik)	2
RÓŻNE	
J. Krzywicki, A. Sobiczewski, A. Wolszczan – Fundacja Alfreda Jurzykowskiego	20
M. Grudzień – Realizacja badań naukowych w warunkach samofinansowania na przykładzie VIGO-System Sp. z o.o.	24
M. Riordan, L. Hoddeson – Mojżesz Doliny Krzemowej (tłum. J. Gronkowski)	34
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	
A. Pękalski – XI Sympozjum im. Maksa Borna ...	43
D. Pawlak – X Międzynarodowa Szkoła Wzrostu Kryształów	44
RECENZJE	
R. Penrose: Makroświat, mikroświat i ludzki umysł (rec. P. Garbaczewski)	45
KRONIKA	47

Zeszyt 2

WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
J. Rzewuski – Wspomnienia	57
RÓŻNE	
A. Hryniewicz, A. Sobiczewski – Bieżące informacje o Polskiej Akademii Umiejętności	78
J. Mostowski – Społeczne i ekonomiczne aspekty związku nauki z nauczaniem	81
Granty KBN z fizyki: XIV i XV konkurs	85
DYDAKTYKA FIZYKI	
A. Zięba – II Ogólnopolski Konkurs na Doświadczenie Pokazowe z Fizyki	92
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	
Z. Kletowski – Przejścia fazowe i zjawiska krytyczne	94
J.M. Zinkiewicz, M. Sowa – ION '98	95
W. Nowak – The Jabłoński Centennial Conference on Luminescence and Photophysics	97
RECENZJE	
D. Goldsmith: Największa pomyłka Einsteina? Stała kosmologiczna i inne niewiadome w fizyce Wszechświata (rec. L.M. Sokołowski)	100
LISTY DO REDAKCJI	
J.K. Mościcki – Krakowski Jarmark Fizyczny	102
KRONIKA	103

Zeszyt 3

S. Chu – Manipulowanie cząstkami obojętnymi (tłum. S. Kryszewski)	113
---	-----

RÓŻNE

D. Kind, T. Quinn – <i>Quo vadis, metrologio?</i> (tłum. B. Wojtowicz)	140
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
Z. Galasiewicz – Seminarium z fizyki teoretycznej Wrocław-Lipsk (1973-88). Sympozja Maksa Borna (1991-)	145
DYDAKTYKA FIZYKI	
H.Z. Wrembel – W Duisburgu o przyszłości nauczania fizyki	148
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	
D. Bauman – Nauczanie Fizyki w Wyższych Szkołach Technicznych	151
Z. Gołąb-Meyer – GIREP '98	152
B. Jancewicz – XII Sympozjum Maksa Borna	153
RECENZJE	
A.A. Czerwiński: Energia jądrowa i promieniotwórczość (rec. M. Budzyński)	155
Odpowiedź autora książki na recenzję M. Budzyńskiego	157
LISTY DO REDAKCJI	
M. Grad – Adam Dziewoński: laureat Nagrody Crafoorda 1998	161
KRONIKA	162

Zeszyt 4

K. Zalewski – Z pogranicza fizyki cząstek i fizyki statystycznej	169
S. Siekierski – Efekty relatywistyczne w chemii ...	175
RÓŻNE	
A. Hryniewicz – Dyktat stałych Przyrody	182
WSPOMNIENIA – ROCZNICE	
P.E. Toschek – Dzieło Wolfganga Paula: jego znaczenie dzisiaj i w przyszłości (tłum. D. Stefańska)	187
DYDAKTYKA FIZYKI	
J. Warczewski – Uwagi o podstawach dydaktyki fizyki	194
NOWOŚCI NAUKOWE	
A. Sobiczewski – Postęp w syntezie najcięższych jąder	204
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	
S. Zachara – Szkoła i Sympozjum Akustooptyki ..	208
J. Szuber – SGS '98	208
E. Targosz-Wrona – Dielectric and Related Phenomena '98	209
RECENZJE	
J. Reston Jr.: Galileusz (rec. A. Krasieński)	211
A. Oleś: Metody doświadczalne fizyki ciała stałego (rec. Jerzy Warczewski)	213

G.L. Baker, J.P. Gollub: Wstęp do dynamiki układów chaotycznych (rec. K. Życzkowski)	214
R. Greenler: Tęcze, glorie i halo, czyli niezwykle zjawiska optyczne w atmosferze (rec. R. Balcer) ..	215
KRONIKA	216

Zeszyt 5

S. Mrówczyński – Plazma kwarkowo-gluonowa	225
P.J. Durka – Elektroencefalogram i przybliżenia adaptacyjne sygnałów	234
J. Bradshaw – Szyby samochodowe: niewidoczne, póki całe (tłum. A. Majhofer)	241

RÓŻNE

P.-G. de Gennes – O błędach fizyków (tłum. J. Gronkowski)	248
---	-----

WSPOMNIENIA – ROCZNICE

R. Gajewski – Leopold Infeld, jakim go pamiętam	259
---	-----

NOWOŚCI NAUKOWE

A. Sobiczewski – Synteza nowych pierwiastków w Berkeley	264
---	-----

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

A. Czachor, A. Szytuła – Ogólnopolskie Seminarium Rozpraszania Neutronów	267
M. Demiański – „Od kosmologii do kwantowej grawitacji”	267

RECENZJE

E. de Hoffmann, J. Charette, V. Stroobant: Spektrometria mas (rec. S. Hałas)	268
J.J. Binney, N.J. Dowrick, A.J. Fisher, M.E.J. Newman: Zjawiska krytyczne. Wstęp do teorii grupy renormalizacji (rec. Ł.A. Turski) oraz Odpowiedź Wydawcy	270
B.G. Wybourne: Physics as a Journey (rec. J. Mostowski)	271
S. Weinberg: Teoria pól kwantowych, t. 1. Podstawy (rec. J. Lukierski)	272

LISTY DO REDAKCJI

J. Stankowski – Spór dotyczący początku XXI wieku	274
---	-----

KRONIKA	276
----------------------	-----

Zeszyt 6

Z dawniejszych zeszytów <i>Postępów Fizyki</i>	285
J.M. Baranowski – Lasery niebieskie	292
P. Jeleń – Niezwykłe własności kwazikryształów ..	297
D.C. Tsui – Rola nieporządku i oddziaływań w dwuwymiarowym gazie elektronowym w silnych polach magnetycznych (tłum. J. Kossut)	306

RÓŻNE

M. Suffczyński – Duch elektroniki, czyli zawiła historia krzemu	313
---	-----

DYDAKTYKA FIZYKI

M. Klisowska – Rola pozaszkolnych pokazów z fizyki ..	317
---	-----

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

M. Sznajder – Hidden Symmetry '98	319
---	-----

H. Białkowska – Quark Matter '99	320
J. Koperski – ICOLS '99	321

RECENZJE

D.W. Heermann: Podstawy symulacji komputerowych w fizyce (rec. L. Longa)	323
F.E. Manuel: Portret Izaaka Newtona (rec. A. Strzałkowski)	325
H. Haken, H.C. Wolf: Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej (rec. A. Balter)	327

LISTY DO REDAKCJI

J. Włodarczyk – Galileusz	328
A. Krasieński – Odpowiedź autora recenzji	328
B. Jancewicz – Na temat początku nowego wieku ..	329

KRONIKA	330
----------------------	-----

ROZNY SPIS TREŚCI	338
--------------------------------	-----

SPIS TREŚCI WEDŁUG AUTORÓW

J.M. Baranowski – Lasery niebieskie	6, 292
D. Bauman – Nauczanie Fizyki w Wyższych Szkołach Technicznych	3, 151
H. Białkowska – Quark Matter '99	6, 320
J. Bradshaw – Szyby samochodowe: niewidoczne, póki całe	5, 241
S. Chu – Manipulowanie cząstkami obojętnymi ...	3, 113
C.N. Cohen-Tannoudji – Manipulowanie atomami za pomocą fotonów	1, 2
A. Czachor, A. Szytuła – Ogólnopolskie Seminarium Rozpraszania Neutronów	5, 267
M. Demiański – „Od kosmologii do kwantowej grawitacji”	5, 267
P.J. Durka – Elektroencefalogram i przybliżenia adaptacyjne sygnałów	5, 234
R. Gajewski – Leopold Infeld, jakim go pamiętam ..	5, 259
Z. Galasiewicz – Seminaria z fizyki teoretycznej Wrocław-Lipsk (1973–88). Sympozja Maksa Borna (1991–)	3, 145
P.-G. de Gennes – O błędach fizyków	5, 248
Z. Gołąb-Meyer – GIREP '98	3, 152
M. Grad – Adam Dziewoński: laureat Nagrody Crafoorda 1998	3, 161
M. Grudzień – Realizacja badań naukowych w warunkach samofinansowania na przykładzie VIGO-System Sp. z o.o.	1, 24
L. Hoddeson – patrz M. Riordan, L. Hoddeson ...	1, 34
A. Hryniewicz – Dyktat stałych Przyrody	4, 182
A. Hryniewicz, A. Sobiczewski – Bieżące informacje o Polskiej Akademii Umiejętności	2, 78
B. Jancewicz – XII Sympozjum Maksa Borna	3, 153
B. Jancewicz – Na temat początku nowego wieku ..	6, 329
P. Jeleń – Niezwykłe własności kwazikryształów ..	6, 297
D. Kind, T. Quinn – <i>Quo vadis</i> , metrologio?	3, 140
Z. Kletowski – Przejścia fazowe i zjawiska krytyczne ..	2, 94
M. Klisowska – Rola pozaszkolnych pokazów z fizyki ..	6, 317
J. Koperski – ICOLS '99	6, 321
J. Krzywicki, A. Sobiczewski, A. Wolszczan – Fundacja Alfreda Jurzykowskiego	1, 20
J. Mostowski – Społeczne i ekonomiczne aspekty związku nauki z nauczaniem	2, 81
J.K. Mościcki – Krakowski Jarmark Fizyczny	2, 102

S. Mrówczyński – Plazma kwarkowo-gluonowa	5, 225	M. Sznajder – Hidden Symmetry '98	6, 319
W. Nowak – The Jabłoński Centennial Conference on Luminescence and Photophysics	2, 97	J. Szuber – SGS '98	4, 208
D. Pawlak – X Międzynarodowa Szkoła Wzrostu Kryształów	1, 44	A. Szytuła – patrz A. Czachor, A. Szytuła	5, 267
A. Pękalski – XI Sympozjum im. Maksa Borna	1, 43	E. Targosz-Wrona – Dielectric and Related Phenomena '98	4, 209
T. Quinn – patrz D. Kind, T. Quinn	3, 140	P.E. Toschek – Dzieło Wolfganga Paula: jego znaczenie dzisiaj i w przyszłości	4, 187
M. Riordan, L. Hoddeson – Mojżesz Doliny Krzemowej	1, 34	D.C. Tsui – Rola nieporządku i oddziaływań w dwuwymiarowym gazie elektronowym w silnych polach magnetycznych	6, 306
J. Rzewuski – Wspomnienia	2, 57	J. Warczewski – Uwagi o podstawach dydaktyki fizyki	4, 194
S. Siekierski – Efekty relatywistyczne w chemii	4, 175	J. Włodarczyk – Galileusz oraz A. Krasieński – Odpowiedź autora recenzji	6, 328
A. Sobiczewski – Postęp w syntezie najcięższych jąder	4, 204	A. Wolszczan – patrz J. Krzywicki, A. Sobiczewski, A. Wolszczan	1, 20
A. Sobiczewski – Synteza nowych pierwiastków w Berkeley	5, 264	H.Z. Wrembel – W Duisburgu o przyszłości nauczania fizyki	3, 148
A. Sobiczewski – patrz A. Hrynkiewicz, A. Sobiczewski	2, 78	S. Zachara – Szkoła i Sympozjum Akustooptyki	4, 208
A. Sobiczewski – patrz J. Krzywicki, A. Sobiczewski, A. Wolszczan	1, 20	K. Zalewski – Z pogranicza fizyki cząstek i fizyki statystycznej	4, 169
M. Sowa – patrz J.M. Zinkiewicz, M. Sowa	2, 95	A. Zięba – II Ogólnopolski Konkurs na Doświadczenie Pokazowe z Fizyki	2, 92
J. Stankowski – Spór dotyczący początku XXI wieku	5, 274	J.M. Zinkiewicz, M. Sowa – ION '98	2, 95
M. Suffczyński – Duch elektroniki, czyli zawiła historia krzemu	6, 313		

WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 1999 r. wynosi 30,00 zł za pół roku, 60,00 zł za rok. Prenumeratę można zamówić za pośrednictwem:

I. RUCH-u

1. Wpłaty na prenumeratę przyjmują jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. Dostawa egzemplarzy następuje w uzgodniony sposób.

2. Cena prenumeraty ze zleceniem dostawy za granicę jest o 100% wyższa od krajowej. Wpłaty przyjmuje „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy na konto w PBK SA XIII O/Warszawa nr 11101053-16551-2700-1-67 lub w kasach Oddziału. Dostawa odbywa się pocztą zwykłą, z wyjątkiem zlecenia dostawy pocztą lotniczą, której koszt w pełni pokrywa zamawiający.

3. Terminy przyjmowania wpłat od osób zamieszkałych w kraju: do 5 grudnia – na I półrocze roku następnego, do 5 czerwca – na II półrocze roku bieżącego (prenumerata krajowa) oraz do 20 listopada – na I półrocze roku następnego, do 20 maja – na II półrocze roku bieżącego (prenumerata zagraniczna).

4. Zlecenia na prenumeratę dewizową, przyjmowane od osób zamieszkałych za granicą, realizowane są od dowolnego numeru w danym roku kalendarzowym.

II. ZARZĄDU GŁÓWNEGO PTF

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

III. ODDZIAŁÓW PTF

Prenumeratę można zamówić również w oddziale PTF. Członkowie PTF, którzy opłacają prenumeratę w oddziałach PTF na cały rok, otrzymują 40% zniżki. Taka sama zniżka (40%) przysługuje studentom. Dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem oddziału PTF.

INFORMACJE DLA AUTORÓW

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

1. Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być przystępne dla ogółu fizyków. Bardziej szczegółowe wskazówki co do ich charakteru przedstawione są w *Postęпах Fizyki* **24**, 701 (1973); **33**, 299 (1982). O przyjęciu pracy do druku decyduje Komitet Redakcyjny.

2. Maszynopisy pracy (**oryginał i jedną pełną – z rysunkami, tabelami itd. – kopię**) należy nadsyłać pod adresem: Redakcja *Postępów Fizyki*, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa. W liście towarzyszącym prosimy podać dokładny adres (również komputerowy) do dalszej korespondencji.

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

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

5. Układ strony tytułowej (tytuł polski, angielski, streszczenie angielskie,...), tekstu, odnośników literaturowych itd. powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły np. w tym numerze).

6. *Postępy Fizyki* są składane komputerowo. Aby skrócić cykl wydawniczy prosimy autorów przygotowujących swe artykuły na komputerach o nadsyłanie, **wraz z maszynopisami**, tekstów artykułów pocztą elektroniczną (nasz adres: postepy@fuw.edu.pl) lub na dyskietkach, najlepiej w T_EX-u, w formacie MeX. Redakcja gwarantuje zwrot dyskietek natychmiast po skopiowaniu zapisów.

7. Autora obowiązuje wykonanie korekty autorskiej.

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

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

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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

SPIS TREŚCI

Z dawniejszych zeszytów <i>Postępów Fizyki</i>	285
J.M. Baranowski – Lasery niebieskie	292
P. Jeleń – Niezwykłe własności kwazikryształów	297
D.C. Tsui – Rola nieporządku i oddziaływań w dwuwymiarowym gazie elektronowym w silnych polach magnetycznych	306
RÓŻNE	
M. Suffczyński – Duch elektroniki, czyli zawiła historia krzemu	313
DYDAKTYKA FIZYKI	
M. Klisowska – Rola pozaszkolnych pokazów z fizyki	317
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	319
RECENZJE	323
LISTY DO REDAKCJI	328
KRONIKA	330
ROCZNY SPIS TREŚCI	338

CONTENTS

In past issues of <i>Postępy Fizyki</i>	285
J.M. Baranowski – Blue lasers	292
P. Jeleń – Amazing properties of quasicrystals	297
D.C. Tsui – Interplay of disorder and interaction in two-dimensional electron gas in intense magnetic fields	306
MISCELLANEA	
M. Suffczyński – Electronic Genie. The Tangled History of Silicon	313
PHYSICS TEACHING	
M. Klisowska – The role of the out-of-school physics demonstrations	317
MEETINGS AND CONFERENCES	319
REVIEWS	323
LETTERS TO THE EDITOR	328
CHRONICLE	330
ANNUAL TABLE OF CONTENTS	338

WKRÓTCE

- *Józef Spałek – Świat skorelowanych fermionów: lokalizacja Motta i ciecze kwantowe superciężkich kwazicząstek i energii*
- *Wykłady noblowskie Roberta Laughlina i Horsta Störmera*
- *Michael Weiden o spinowym stanie Peierlsa*
- *Zofia Gołąb-Meyer o tym, czy grozi nam rewolucja w nauczaniu fizyki*