

POSTĘPY FIZYKI

Dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Fizycznego



Izolatory topologiczne

**Termodynamika
kwantowa**

**Wiek XIII
– początek nauk?**

**„Chrzcziny”
nowego
pierwiastka**





Uśmiech kota bez kota – „hologram” wypalony silnym laserem w bryle szkła. Strzałka wskazuje widzowi kierunek patrzenia, zielona kropka – stopień trudności eksponatu; (patrz artykuł str. 154)

RADA REDAKCYJNA

Andrzej Kajetan Wróblewski (przewodniczący), Mieczysław Budzyński,
Andrzej Dobek, Witold Dobrowolski, Zofia Gołqb-Meyer, Adam Kiejna,
Józef Szudy

REDAKTOR HONOROWY

Adam Sobiczewski

KOMITET REDAKCYJNY

Jerzy Warczewski (redaktor naczelny), Maria Matlak (sekretarz redakcji),
Michał Matlak, Magdalena Staszal

Adres Redakcji:

Instytut Fizyki UŚ, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice,
e-mail: postepy@fuw.edu.pl oraz jerzy.warczewski@us.edu.pl
Internet: postepy.fuw.edu.pl

KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Maciej Piętko (Białystok), Aleksandra Wronkowska (Bydgoszcz),
Wojciech Gruhn (Częstochowa), Tomasz Jarosław Wąsowicz (Gdańsk),
Roman Bukowski (Gliwice), Beata Kozłowska (Katowice), Aldona
Kubala-Kukuś (Kielce), Małgorzata Nowina Konopka (Kraków),
Elżbieta Jartych (Lublin), Michał Szanecki (Łódź), Halina Pięta (Opole),
Maria Polomska (Poznań), Małgorzata Pociask (Rzeszów), Małgorzata
Kuzia (Słupsk), Janusz Typek (Szczecin), Winicjusz Drozdowski (Toruń),
Aleksandra Miłosz (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), Joanna
Borgensztajn (Zielona Góra)

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Wiesław A. Kamiński (prezes), Bohdan Grządkowski (sekretarz
generalny), Kazimierz Piotrowski (skarbnik), Mariusz Dąbrowski, Jacek
Przemysław Goc, Zofia Gołqb-Meyer i Jerzy Warczewski (członkowie
wykonawczy), Jacek Mściwój Baranowski, Maria Dobkowska, Henryk
Figiel, Bernard Jancewicz, Stefan Kruszewski, Andrzej Ślebarski, Andrzej
Zięba i Elżbieta Zipper (członkowie)

Adres Zarządu:

ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax: 22-6212668,
e-mail: ptf@fuw.edu.pl, Internet: ptf.fuw.edu.pl

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Eugeniusz Żukowski (Białystok), Stefan Kruszewski (Bydgoszcz), Ewa
Mandowska (Częstochowa), Bolesław Augustyniak (Gdańsk), Jacek
Mazur (Gliwice), Wiktor Zipper (Katowice), Małgorzata Wysocka-Kunisz
(Kielce), Wojciech Gawlik (Kraków), Jerzy Żuk (Lublin), Tadeusz Wibig
(Łódź), Stanisław Waga (Opole), Roman Świetlik (Poznań), Marian
Kuzma (Rzeszów), Włodimir Tomin (Słupsk), Mariusz P. Dąbrowski
(Szczecin), Jacek Szatkowski (Toruń), Mirosław Karpierz (Warszawa),
Bernard Jancewicz (Wrocław), Marian Olszowy (Zielona Góra)

REDAKTORZY NACZELNI INNYCH CZASOPISM

WYDAWANYCH POD EGIDĄ PTF

Witold D. Dobrowolski – Acta Physica Polonica A, Michał Praszalowicz
– Acta Physica Polonica B, Andrzej Jamiołkowski – Reports on Mathe-
matical Physics, Marek Kordos – Delta, Zofia Gołqb-Meyer – Foton,
Zbigniew Wiśniewski (redaktor prowadzący) – Fizyka w Szkole

Czasopismo ukazuje się od 1949 roku.

Wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne

Dofinansowanie: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Patronat: Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytut
Fizyki Uniwersytetu Śląskiego

Skład komputerowy, opracowanie okładki oraz druk i oprawa:

Oficyna Wydawniczo-Projektowa „Markan” Marcin Kandziora,

ul. Piastów 7/204, 40-866 Katowice, tel.: 32 254 28 09,

e-mail: markan6@o2.pl, drukarnia Kolumb,

e-mail: info@drukarniakolumb.pl

ISSN 0032-5430

SPIS TREŚCI

Ł. Cywiński, T. Dietl – Izolatory topologiczne – niespodzianki ukryte w strukturze pasmowej izolatorów	134
R. Horodecki – Rebus	141
Z. Jacyna-Onyszkiewicz – Termodynamika kwantowa	142
W. Skoczny – Niechciana historia nauki	149
G. Karwasz – „Fiat Lux!” – czyli zabawy ze światłem	154
WSPOMNIENIE	159
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	165
NOWI PROFESOROWIE	172
KRONIKA	173

Drodzy Czytelnicy!

W niniejszym zeszycie Postępów Fizyki są – prócz stałych równie
ciekawych rubryk, o których niżej – cztery zasadnicze artykuły. W pier-
wszym z nich Łukasz Cywiński i Tomasz Dietl piszą o jednym z naj-
ciekawszych w ostatnim czasie odkryć w dziedzinie fizyki materii
skondensowanej. Chodzi tu o niezwykle stabilne (topologicznie chronione)
stany brzegowe i powierzchniowe w izolatorach pasmowych z silnym
oddziaływaniem spinowo-orbitalnym. Autorzy starają się przybliżyć podstawy
fizyki izolatorów topologicznych i omawiają niektóre ze zjawisk, których ist-
nienie zostało przewidziane w tych materiałach. W drugim artykule Zbigniew
Jacyna-Onyszkiewicz omawia oryginalne prace, w których sformułowano za-
sady termodynamiki kwantowej, koncepcyjnie prostszej i ogólniejszej od
kwantowej termodynamiki statystycznej. Autor wskazuje na zastosowanie
termodynamiki kwantowej do opisu termodynamicznych właściwości
układów nanoskopowych. W trzecim artykule Włodzisław Skoczny pokazuje
nam głównie w oparciu o dzieło *Système du Monde* francuskiego fizyka,
matematyka, filozofa a przede wszystkim historyka nauki Piotra Duhema
(1861-1916), że okres Średniowiecza nie był okresem „mrocznym” dla roz-
woju nauki, lecz przyczynił się do oczyszczenia przedpola intelektualnego dla
powstania nauki nowożytnej. Duhem postawił wręcz tezę, że to właśnie wiek
XIII trzeba uważać za początek nauk, zwłaszcza dzięki osiągnięciom szkoły
paryskiej. Prace Duhema były przyjęte bardzo chłodno przez ówczesnych
historyków nauki i dopiero trzeba było upływu kilkudziesięciu lat, aby świat
zrozumiał, że Duhem miał rację. W czwartym artykule Grzegorz Karwasz
przedstawia filozofię działania, cele dydaktyczne i koncepcję organizacyjną
interdyscyplinarnej wystawy interaktywnej z optyki „Fiat Lux! Od Witelona do
tomografu optycznego. Zabawy ze światłem”. Wystawa łączy elementy fizyki
interaktywnej, historii i filozofii nauki, sztuki i literatury, adresowana zaś jest
do szerokiej publiczności, w szczególności do młodzieży gimnazjalnej.
W artykule dowiadujemy się także o ogromnym sukcesie wystawy i to na
dużym obszarze Kraju. W omawianym zeszycie mamy także wspomnienia
o trzech wybitnych fizykach, dwóch Polakach i jednym Ormianie, którzy
odeszli w ostatnim czasie. Są nimi: prof. Jan Stankowski (autorzy wspom-
nienia: Lidia Piekara-Sady i Stefan Wapłak), prof. Narcyz Piślewski (autor
wspomnienia: Jadwiga Tritt-Goc) oraz prof. Alexei Noraiowicz Sissakian (au-
torzy wspomnienia: Mieczysław Budzyński, Adam Sobiczewski i Ryszard Sos-
nowski). Mamy także relację dwojga studentów Jakuba Spiechowicza
i Katarzyny Bartuś z Koła Naukowego Fizyków przy IF UŚ z IX Ogólnopolskiej
Konferencji Studenckich Kół Naukowych Fizyków. I wreszcie dwa artykuły:
o odkryciu i milej dla nas nazwie nowego pierwiastka copernicium ^{112}Cn
(autor: Adam Sobiczewski) oraz o jego spolszczonej nazwie (autor: Bernard
Jancewicz).

Wierzę, że będzie to miła i pouczająca lektura.

Jerzy Warczewski

Izolatory topologiczne – niespodzianki ukryte w strukturze pasmowej izolatorów

Łukasz Cywiński

Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa

Tomasz Dietl

Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa i Instytut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet Warszawski

Streszczenie: Odkrycie niezwykle stabilnych (topologicznie chronionych) stanów brzegowych i powierzchniowych w izolatorach pasmowych z silnym oddziaływaniem spinowo-orbitalnym jest jednym z najciekawszych wydarzeń w fizyce materii skondensowanej ostatnich lat. Pięciu naukowców, którzy przyczynili się do rozwinięcia teorii tychże „izolatorów topologicznych” oraz jej doświadczalnego potwierdzenia, otrzymało w tym roku nagrodę Europejskiego Towarzystwa Fizycznego. W artykule staramy się przybliżyć podstawy fizyki izolatorów topologicznych, i omawiamy niektóre z najciekawszych zjawisk, których istnienie zostało przewidziane w tych materiałach.

Topological insulators

– surprises hidden in the band structure of insulators

Abstract: The discovery of unusually stable (topologically protected) edge and surface states in band insulators having strong spin-orbit coupling is one of the most interesting recent developments in condensed matter physics. Five scientists who contributed to the theoretical development of the idea of „topological insulators” and to its experimental confirmation, were awarded the prize of the European Physical Society in this year. In the article we try to explain the basic ideas of the physics of topological insulators, and we discuss some of the most interesting phenomena which have been predicted to occur in these materials.

Europejskie Towarzystwo Fizyczne od 1975 r. przyznaje, obecnie co dwa lata, nagrodę za wybitne prace z dziedziny materii skondensowanej, które prowadzą do postępu elektroniki oraz inżynierii materiałowej. W 2010 r. nagrodę tę otrzymali Hartmut Buhmann i Laurens W. Molenkamp z Uniwersytetu w Würzburgu, Charles Kane i Eugene Mele z Uniwersytetu Pensylwanijskiego oraz Shoucheng Zhang z Uniwersytetu

Stanforda za przewidzenie teoretyczne i zaobserwowanie doświadczalne spinowego kwantowego zjawiska Halla oraz izolatorów topologicznych. Uroczystość wręczenia Nagrody odbyła się 1 września 2010 r. w Warszawie podczas 23. Zjazdu Oddziału Materii Skondensowanej Europejskiego Towarzystwa Fizycznego.

Teoria elektronowej struktury pasmowej jest podstawą naszego zrozumie-



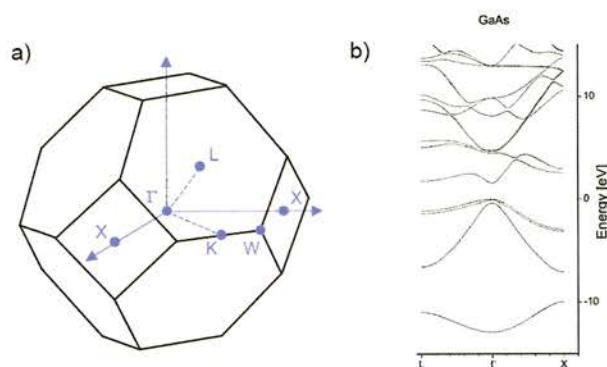
Na zdjęciu: Laureaci nagrody Europejskiego Towarzystwa Fizycznego. Z dyplomami w rękach od lewej stoją profesorem Shoucheng Zhang, Laurens Molenkamp, Eugene Mele, Charles Kane, i Hartmut Buhmann. W drugim rzędzie stoją (od lewej) prezes Europejskiego Towarzystwa Fizycznego prof. Maciej Kolwas, oraz przewodniczący Oddziału Materii Skondensowanej Europejskiego Towarzystwa Fizycznego, prof. Eoin O'Reilly.

Fot. Tomasz Pietrzak, zdjęcie z archiwum Instytutu Problemów Jądrowych

nia materiałów krystalicznych. W ramach tej teorii zaniedbujemy oddziaływanie kulombowskie pomiędzy elektronami (albo traktujemy je w przybliżony sposób, jako źródło efektywnego samouzgodnionego potencjału odczuwanego przez każdy elektron), i rozwiązujemy problem pojedynczego elektronu poruszającego się w potencjale okresowym. Możliwe kwantowe stany elektronu to *fale Blocha* opisane dwoma liczbami kwantowymi: kwazipędem k oraz numerem pasma n . Dla każdego k zawartego w pierwszej strefie Brillouina mamy wiele rozwiązań (odpowiadających różnym pasmom), zaś energia w każdym paśmie jest ciągłą funkcją wektora falowego k . Przykładowe widmo jednoelektronowego Hamiltonianu (*struktura pasmowa* danego kryształu) jest przedstawione na rys. 1.

Jednoelektronowy opis przy użyciu struktury pasmowej jest doskonałym punktem wyjścia dla zrozumienia bardzo szerokiej klasy materiałów, zawierającej m. in. metale alkaliczne oraz izolatory pasmowe (w tym półprze-

wodniki). Te ostatnie nie przewodzą prądu, ponieważ wszystkie pasma są w nich albo całkowicie pełne, albo zupełnie puste. Poziom Fermiego (poniżej którego w zerowej temperaturze wszystkie stany są zapełnione) znajduje się



Rys 1. a) Pierwsza strefa Brillouina dla arsenku galu (GaAs). b) Struktura pasmowa policzona wzdłuż dwóch kierunków o wysokiej symetrii (na liniach w przestrzeni wektora falowego, które łączą środek strefy punkt Γ z punktami L oraz X. Energie pasm zostały obliczone w modelu ciasnego wiązania w pracy doktorskiej Piotra Sankowskiego

w nich w przerwie energetycznej pomiędzy najwyższym pasmem zapełnionym, a najniższym pasmem pustym. Taki materiał nazywamy półprzewodnikiem, jeżeli przerwa energetyczna jest mała (przez co w temperaturze pokojowej pojawia się niewielka liczba termicznie wzbudzonych nośników w pasmach), lub gdy można do niego wprowadzić swobodne nośniki poprzez domieszkowanie go innymi pierwiastkami.

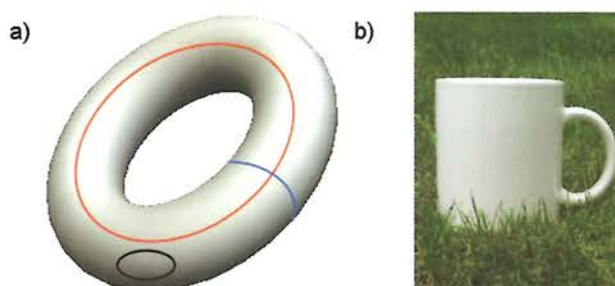
Czytelnik podręczników fizyki ciała stałego może odnieść wrażenie, iż struktury pasmowe izolatorów nie kryją w sobie żadnych *jakościowo zaskakujących tajemnic*. W szczególności łatwo jest uwierzyć, że najważniejsze informacje zawarte w strukturze pasmowej to zależności dyspersyjne $E_n(k)$. W ostatnich latach odkryto jednak wiele zjawisk (na przykład anomalne zjawisko Halla), do opisu których ten prosty punkt widzenia jest niewystarczający, i potrzebna jest również znajomość pełnych funkcji falowych stanów Blocha. Konieczna wiedza o tych funkcjach falowych jest zakodowana w tzw. Hamiltonianie Blocha $H(k)$, który jest zdefiniowany dla każdego k , i którego stany własne to wszystkie fale Blocha dla tegoż kwazipędu.

Odkrytą niedawno tajemnicą ukrytą przez lata w strukturze pasmowej „zwykłych” izolatorów jest fakt, iż nietrywialne własności tych materiałów mogą być zapisane w topologii struktury pasmowej, a dokładniej w strukturze topologicznej odwzorowania pomiędzy przestrzenią możliwych wartości k , a przestrzenią Hamiltonianów Blocha.

Topologia jest dziedziną matematyki opisującą te własności obiektów (na przykład odwzorowań pomiędzy dwiema przestrzeniami), które nie zmieniają się pod wpływem odkształceń *ciągłych*. Najprostszym przykładem jest topologiczna równoważność torusa i kubka: pomimo różnych kształtów (różnych własności geometrycznych), z plastelinowego torusa możemy uformować kubek bez konieczności zalepiania istniejącego otworu, ani też wytwarzania nowych otworów (te czynności wprowadzałyby element nieciągłości do procesu modelowania kubka). Gdybyśmy usiłowali ukształtować kubek z plastelinowej kuli, musielibyśmy w pewnym momencie rozerwać plastelinę aby uzyskać uszko kubka. Ten element nieciągłości pokazuje, że kula i torus są obiektami topologicznie różnymi.

Nieco bardziej matematyczny punkt widzenia jest następujący. Możemy sklasyfikować

wszystkie możliwe zamknięte krzywe istniejące na powierzchni trójwymiarowego obiektu takiego jak kula albo torus (krzywe te to odwzorowania pomiędzy kołem a powierzchnią obiektu). Dwie krzywe są równoważne (*homotopiczne*), jeżeli mogą być w sposób ciągły zdeformowane jedna w drugą. Łatwo jest przekonać się, że wszystkie zamknięte krzywe na powierzchni kuli są sobie równoważne. W przypadku torusa mamy za to trzy rodziny krzywych, jak widać na rys. 2.

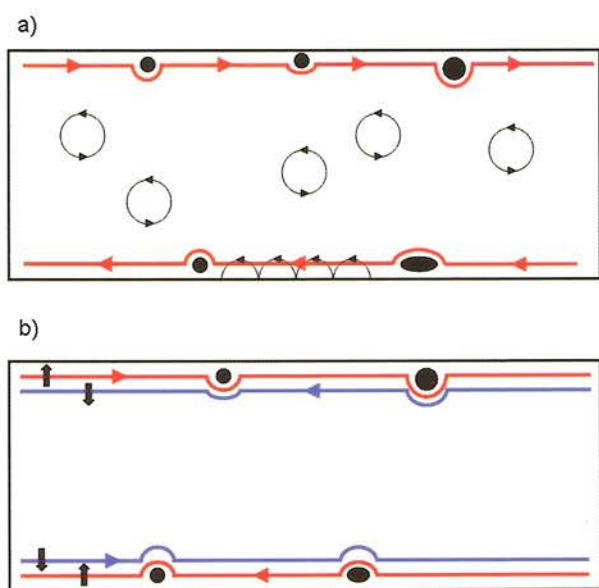


Rys 2. a) Torus z trzema zamkniętymi krzywymi. Tylko jedna z nich może być ściągnięta do punktu (tak jak wszystkie zamknięte krzywe na sferze). Dwie pozostałe są nieściągalne, i żadna z tych krzywych nie może być w sposób ciągły zdeformowana w inną. b) Topologicznie równoważny torusowi kubek

Topologiczne własności struktury pasmowej można odkryć badając odwzorowania pomiędzy strefą Brillouina (która w przypadku układów dwuwymiarowych, takich jak studnie kwantowe lub grafen, ze względu na okresowość struktury pasmowej w przestrzeni odwrotnej jest topologicznie równoważna torusowi) a przestrzenią Hamiltonianów Blocha (macierzy hermitowskich).

Przez wiele lat jedynym znanym nietrywialnym topologicznie stanem materii istniejącym w ciele stałym był stan dwuwymiarowego gazu elektronowego uzyskany w wysokich polach magnetycznych – kwantowe zjawisko Halla [1]. W tym przypadku zostało wykazane [2], iż niezwykle precyzyjna kwantyzacja oporu hallowskiego jest powiązana z istnieniem topologicznego niezmiennika (tzw. liczby Cherna) struktury pasmowej elektronów w polu magnetycznym. Ten topologiczny niezmiennik jest (w dużym uproszczeniu) analogiczny do liczby topologicznie różnych krzywych zamkniętych istniejących na powierzchni pewnej rozmaitości. Jego nieczułość na ciągłe zmiany Hamiltonianu układu (np. dodanie potencjału domieszek do Hamiltonianu idealnego kryształu lub uwzględ-

nienie brzegów próbki) tłumaczy nieczułość dokładności kwantyzacji oporu na szczegóły doświadczenia (kształt i jakość próbki). W przypadku kwantowego zjawiska Halla pojawia się też inny bardzo charakterystyczny uboczny skutek nietrywialnej topologii stanu kwantowego (w tym przypadku stanu podstawowego dwuwymiarowego gazu elektronowego w silnym polu magnetycznym): jest to istnienie przewodzących jednowymiarowych stanów brzegowych obiegających dwuwymiarową próbkę dookoła, jak pokazano na rys. 3. Nieczułość tych stanów na nieporządek istniejący w kryształ jest kolejną konsekwencją topologicznej stabilności kwantowego zjawiska Halla.



Rys 3. a) Prądy brzegowe w kwantowym zjawisku Halla. Na skutek przyłożonego pola B (skierowanego prostopadle do kartki) orbity elektronów wewnątrz dwuwymiarowej próbki są zamknięte. O chiralnych prądach brzegowych można myśleć jako o kwantowych odpowiednikach klasycznych trajektorii, które nie są w stanie zamknąć się na skutek zderzeń z krawędzią próbki (przykład takiej trajektorii przedstawiony jest na dolnym brzegu próbki). Stany brzegowe są nieczułe na rozpraszanie na domieszkach i defektach kryształu – na danym brzegu kwantowomechaniczna amplituda na rozpraszanie „do tyłu” jest zaniedbywalna, gdyż taki w takim procesie elektron musiałby zostać przeniesiony na przeciwny brzeg próbki.

b) Helikalne prądy (skierowane w przeciwnych kierunkach dla przeciwnych spinów) w dwuwymiarowym izolatorze topologicznym (w kwantowym spinowym zjawisku Halla). Wnętrze próbki, podobnie jak w poprzednim przypadku, nie zawiera propagujących się (rozciągłych) stanów elektronowych. Pod nieobecność pola magnetycznego, jedynie na skutek oddziaływania spinowo-orbitalnego, powstają jednowymiarowe przewodzące kanały na brzegach próbki. Ruch elektronów w tych kanałach jest nieczuły na rozpraszanie na defektach kryształu

Po zrozumieniu topologicznej natury kwantyzacji w zjawisku Halla naukowcy parokrotnie przedstawiali teoretyczne modele nieoddziałujących układów, których stany podstawowe są topologicznie nietrywialne. Były to jednak propozycje dość egzotyczne, np. czterowymiarowy analog kwantowego zjawiska Halla [3]. Przełom nastąpił w 2005 r., kiedy Charles Kane i Eugene Mele pokazali [4], iż zwykle dwuwymiarowe izolatory dzielą się na dwie klasy: topologicznie trywialną i nietrywialną (alternatywa ta została nazwana dość technicznie brzmiącym terminem „klasyfikacji Z_2 ” izolatorów). Materiały z pierwszej grupy mają struktury pasmowe *topologicznie* równoważne strukturze „izolatora atomowego”, czyli kryształu zbudowanego z atomów, które są praktycznie odseparowane jeden od drugiego (są tak daleko od siebie, iż elektrony z ich zewnętrznych powłok nie mogą przeskakiwać z atomu na atom). Zauważmy, iż taki materiał posiada kanoniczne cechy izolatora: jego odpowiedź na przyłożone pole elektryczne jest całkowicie *lokalna*, tzn. nie płynie żaden makroskopowy prąd, a jedynym efektem wywołanym przez zewnętrzne pole jest polaryzacja poszczególnych atomów. W oczywisty sposób zjawisko to jest niezależne od istnienia brzegów takiego „kryształu”. Sytuacja wygląda inaczej w przypadku klasy topologicznie nietrywialnej: materiały znajdujące się w tej rodzinie zachowują się jak zwykłe izolatory w swoim wnętrzu, ale niezwykłe zjawiska występują na ich brzegach – a dokładniej na granicy pomiędzy izolatorem topologicznym (IT) a izolatorem trywialnym (za uważać należy, iż próżnia jest szczególnym przypadkiem izolatora trywialnego).

Podobnie jak w przypadku kwantowego zjawiska Halla, na brzegach izolatorów topologicznych istnieją rozciągłe stany elektronowe, które przewodzą prąd. Istnienie stanów powierzchniowych nie jest czymś zaskakującym w fizyce półprzewodników. W tym przypadku stany te są jednak fascynujące z dwóch powodów. Po pierwsze, ich istnienie jest wynikiem nietrywialnej topologii struktury elektronowej *wnętrza* materiału – jest więc ono niezwiązane ze szczegółami powierzchni, np. orientacją powierzchni w stosunku do osi krystalograficznych, jej morfologią, czy też jej możliwą rekonstrukcją. Po drugie, stany te posiadają niezwykłą strukturę spinową. Stany te są helikalne: mają one określony rzut spinu na wektor kwazipędu k ,

czyli elektrony poruszające się w przeciwnych kierunkach na danym brzegu mają przeciwnie skierowane spiny (patrz rys. 4). Jest to sytuacja analogiczna do kwantowego zjawiska Halla, gdzie na brzegach istnieją *chiralne* stany elektronowe (na danym brzegu tylko jeden kierunek propagacji jest dozwolony), i przez to nazwa kwantowe spinowe zjawisko Halla jest często stosowana do określenia dwuwymiarowego izolatora topologicznego. Ze względu na powyższe cechy (nieczułość na strukturę brzegu oraz charakter helikalny, która wyklucza wiele procesów rozpraszania na domieszkach i defektach) stany powierzchniowe są bardzo stabilne, i elektryczny opór jednowymiarowych kanałów jest bliski teoretycznemu minimum.

Odkrycie nietrywialnej topologicznie klasy izolatorów pasmowych było prawdziwą niespodzianką. Ich ciekawą cechą jest to, iż dla ich istnienia konieczna jest symetria odwrócenia w czasie – dokładnie ta symetria, której złamanie poprzez zewnętrzne pole magnetyczne prowadziło do pojawienia się kwantowego zjawiska Halla. Drugim koniecznym składnikiem jest silne oddziaływanie spin-orbita. Oddziaływanie to musi być na tyle znaczące, ażeby istnienie przerwy energetycznej pomiędzy całkowicie obsadzonymi a pustymi pasmami wynikało ze zjawisk relatywistycznych (takich jak sprzężenie spin-orbita czy tzw. człon Darwina). Matematyka stojąca za tym stwierdzeniem jest dość skomplikowana, ale możemy przedstawić następujące częściowe wytłumaczenie. Można pokazać, iż za każdym razem, gdy zmieniając jakiś parametr (np. stałą sieci kryształu) doprowadzamy do zamknięcia się przerwy energetycznej w jakimś punkcie k , topologiczna klasa, do której należy struktura pasmowa, ulega zmianie [5]. Jeżeli uwierzymy również w fakt, iż bez jakichkolwiek poprawek relatywistycznych izolator musi być topologicznie trywialny, to otrzymujemy następujący teoretyczny przepis na uzyskanie izolatora topologicznego: obliczamy strukturę pasmową danego materiału zaniedbując człony pochodzenia relatywistycznego (np. przyjmując prędkość światła c równą nieskończoności), a następnie stopniowo włączamy te człony. Jeżeli podczas tego procesu (który jest zakończony, gdy realistyczne oddziaływania spinowo-orbitalne są w pełni uwzględnione) przerwa energetyczna ulegnie zamknięciu *nieparzystą* ilość razy, zaś końcowa struktura pasmowa ciągle będzie odpowiadała

izolatorowi, to taki izolator należy do topologicznie nietrywialnej klasy.

Kane i Mele zapostulowali istnienie nietrywialnego topologicznie stanu w grafenie. Zauważyli oni, iż dopuszczalne przez symetrię tego materiału człony spinowo-orbitalne mogą doprowadzić do rozerwania pasm („stożków Diraca”) krzyżujących się w narożach strefy Brillouina, i przez to otworzenia się przerwy energetycznej. Niestety, szybko okazało się, że człony te są zanedbywalnie małe w grafenie, i istnienie takich (teoretycznie możliwych) przerw energetycznych nie zostało do dziś potwierdzone. Droga do doświadczalnego potwierdzenia istnienia izolatorów topologicznych została otwarta przez pracę B.A. Bernevig i S.-C. Zhanga [6], w której autorzy ci przedstawili model teoretyczny sugerujący, iż topologicznie nietrywialny stan może być zrealizowany w studniach kwantowych HgTe z barierami z CdTe. To teoretyczne przewidywanie zostało potwierdzone przez doświadczenia przeprowadzone w grupie L.W. Molenkampa i H. Buhmanna. W pracy [7] zostały przedstawione wyniki pomiarów transportowych w studniach HgTe/HgCdTe, które pokazały istnienie jednowymiarowych przewodzących kanałów na krawędziach izolującej (pozbawionej swobodnych nośników) studni kwantowej w nieobecności zewnętrznego pola magnetycznego.

Czemu w powyższych strukturach pojawia się stan elektronowy o nietrywialnej topologii? Można to zrozumieć zaczynając od struktury pasmowej HgTe. W materiale tym charakter orbitalny pasm przewodnictwa i walencyjnego jest odwrócony w stosunku do „kanonicznej” sytuacji spotykanej w półprzewodnikach takich jak GaAs czy CdTe, w których prawie zawsze pasmo przewodnictwa jest zbudowane z orbitali typu s , zaś pasmo walencyjne z orbitali typu p . W HgTe, na skutek poprawek relatywistycznych (a dokładnie członu Darwina), to uporządkowanie pasm jest odwrócone. Sytuacja jest jednak skomplikowana przez fakt, iż HgTe jest półprzewodnikiem o zerowej przerwie, tzn. pasmo przewodnictwa styka się w punkcie $k = 0$ z pasmem walencyjnym. Aby zmienić HgTe w izolator topologiczny, musimy wymusić otworzenie się przerwy energetycznej w taki sposób, aby zachować „odwróconą” kolejność pasm (tzn. uzyskać powyżej opisaną sytuację, w której istnienie i charakter przerwy jest jakościowym wynikiem zjawisk relatywistycznych). Taki

efekt można uzyskać w studni kwantowej HgTe/CdTe, której grubość przekracza pewną wartość krytyczną (poniżej tej grubości kolejność podpasów w studni jest wyznaczona przez „kanoniczną” kolejność pasm w barierze CdTe, i otrzymujemy trywialny izolator dwuwymiarowy). Później zauważono [8], iż podobny efekt można uzyskać poddając HgTe odpowiedniemu naprężeniu, które znosi degenerację w $k = 0$ pomiędzy pasmami przewodnictwa i walencyjnym.

Po tej serii pionierskich prac teoretycznych ukoronowanych pierwszą obserwacją przewodnictwa stanów brzegowych w dwuwymiarowym izolatorze topologicznym, badania tych intrygujących materiałów zaczęły rozwijać się w dużym tempie. W 2007 r. pokazano teoretycznie, iż izolatory topologiczne mogą też istnieć w trzech wymiarach [8,9]. W tym przypadku na ich powierzchniach powstaje dwuwymiarowy gaz elektronowy, którego struktura elektronowa opisywana jest przez równanie typu Diraca (tak jak w przypadku grafenu, ale z tą ważną różnicą, iż mamy do czynienia z nieparzystą liczbą stożków Diraca na każdej powierzchni). Na skutek nietrywialnej struktury spinowej (w której, podobnie jak w przypadku jednowymiarowych brzegów struktury dwuwymiarowej, mamy silne sprzężenie pomiędzy kierunkiem kwazipędu k a kierunkiem spinu) elektrony zlokalizowane na powierzchni są w dużym stopniu nieczułe na rozpraszania na domieszkach. Te przewidywania teoretyczne zostały ponownie szybko potwierdzone doświadczalnie w serii eksperymentów dla $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ [10] i pokrewnych materiałów (np. Bi_2Se_3 oraz Bi_2Te_3) metodami fotoemisji z kątową rozdzielczością (ARPES) oraz skaningowej mikroskopii tunelowej (STM). Od tego czasu liczba materiałów, co do których istnieją teoretyczne bądź doświadczalne przesłanki za tym, iż są one izolatorami topologicznymi, ciągle rośnie.

Powinniśmy również wspomnieć o nowych niezwykle przewidywaniach teoretycznych dotyczących izolatorów topologicznych. Okazuje się, że elektrodynamika ośrodka ciągłego będącego izolatorem topologicznym jest opisywana przez dodanie „topologicznego” członu do równań Maxwella (dokładniej dodanie wyrazu proporcjonalnego do $\mathbf{E} \cdot \mathbf{B}$), który był rozpatrywany w latach osiemdziesiątych w teorii pola w kontekście tzw. elektrodynamiki aksjonów [11]. Skutkiem obecności tego członu jest ciekawa

modyfikacja odpowiedzi materiału na zewnętrzne pole elektryczne – po jego przyłożeniu izolator topologiczny wytwarza niezerową polaryzację magnetyczną [12]. Jest to zachowanie podobne do zjawiska obserwowanego w materiałach *multiferroicznych*, z tą jednak różnicą, iż wyindukowane pole jest wytwarzane przez prądy powierzchniowe, a nie przez sprzężenie polaryzacji elektrycznej i magnetycznej wewnątrz próbki.

Innym przykładem możliwych ciekawych własności izolatorów topologicznych są przewidywania teoretyczne dla złącza pomiędzy nim a zwykłym nadprzewodnikiem [13]. Dobrze znany efekt bliskości, w którym pary Coopera przenikają z nadprzewodnika do pobliskiego materiału, prowadzi do powstania rzadko spotykanego stanu nadprzewodzącego (blisko powiązanego z nadprzewodnictwem posiadającym parametr porządku typu p) w dwuwymiarowej warstwie powierzchniowej po stronie izolatora topologicznego. Wiry nadprzewodzące powstałe w tej warstwie są opisane teorią, której niskoenergetyczne stopnie swobody (odpowiadające kwantowanym stanom związanym parametrem porządku wewnątrz wirów) są opisane przez tzw. fermiony Majorany [14]. W języku teorii pola, kwazicząstki odpowiadające tym niskoenergetycznym wzbudzeniom są tożsame ze swoimi antycząstkami (zanim doświadczenia pokazały, że neutrino mają masę, istniały spekulacje, iż one mogą być właśnie fermionami Majorany). W dwóch wymiarach kwazicząstki te posiadają dość egzotyczne własności: ich statystyka nie tylko jest *każdonowa* (tzn. różna od bozonowej lub fermionowej) [15], ale też jest *nieabelowa* (nieprzemienne). Zamiana wirów miejscami, i przemieszczanie ich jeden wokół drugiego (tzw. *splecenie* ich linii świata) prowadzi do nietrywialnych zmian w strukturze stanu podstawowego (wielociałowej funkcji falowej całego kondensatu nadprzewodzącego), i zmiany te zależą od kolejności w jakiej te operacje są wykonane. Układ nadprzewodzących drutów na powierzchni IT może być wykorzystany do dokonywania takich operacji [13], które z kolei są konieczne do działania *topologicznego komputera kwantowego* [16].

Powyższa lista przewidywań teoretycznych nie jest zupełna, ale powinna ona pokazać jak ciekawe perspektywy otwierają się przed badaniami izolatorów topologicznych. Najważniejszą jednak zmianą, którą odkrycie tych

materiałów wprowadza w naszym zrozumieniu materii skondensowanej, jest podkreślenie faktu, iż stany skupienia materii (nawet tak pozornie proste jak izolatory pasmowe) mogą być klasyfikowane nie tylko ze względu na symetrie łamane przez nie (np. symetria translacyjna w przypadku kryształów, symetria cechowania w przypadku nadprzewodników, symetria odwrócenia w czasie w przypadku ferromagnetyków itd.), lecz także ze względu na strukturę topologiczną ich kwantowomechanicznego stanu podstawowego.

Literatura

1. K.I. Wysokiński, T. Dietl, *Postępy Fizyki* **36**, zeszyt 6, 515 (1985).
2. D.J. Thouless, M. Kohmoto, M.P. Nightingale, M. den Nijs, *Phys. Rev. Lett.* **49**, 405 (1982).
3. S.-C. Zhang, J.P. Hu, *Science* **294**, 823 (2001).
4. C.L Kane, E.J. Mele, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 226801, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 146802 (2005).
5. S. Murakami,
<http://arxiv.org/abs/1006.1188v3>.
6. B.A. Bernevig, T.L. Hughes, S.-C. Zhang, *Science* **314**, 1757 (2006).
7. M. König, S. Wiedmann, C. Brüne, A. Roth, H. Buhmann, L.W. Molenkamp, X.-L. Qi, S.-C. Zhang, *Science* **318**, 767 (2007).
8. L. Fu, C.L. Kane, *Phys. Rev. B* **76**, 045302 (2007).
9. J.E. Moore, L. Balents *Phys. Rev. B* **75**, 121306 (2007); R. Roy, *Phys. Rev. B* **79**, 195322 (2009).
10. D. Hsieh, D. Qian, L. Wray, Y. Xia, Y.S. Hor, R.J. Cava, M.Z. Hasan, *Nature* **452**, 970 (2008).
11. F. Wilczek, *Phys. Rev. Lett.* **58**, 1799 (1987).
12. X.-L. Qi, T.L. Hughes, S.-C. Zhang *Phys. Rev. B* **78**, 195424 (2008); A.M. Essin, J.E. Moore, D. Vanderbilt, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 146805 (2009).
13. L. Fu, C.L. Kane, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 096407 (2008).
14. F. Wilczek, *Nature Physics*, **5**, 614 (2009).
15. F. Wilczek, *Postępy Fizyki* **44**, zeszyt 6, 565 (1993).
16. S. Das Sarma, M. Freedman, C. Nayak, *Physics Today* **59**, 32 (2006).

Artykuły przeglądowe dotyczące izolatorów topologicznych:

P1. X.-L. Qi and S.-C. Zhang, *Physics Today* **63**, 33 (styczeń 2010).

P2. J.E. Moore, *Nature* **464**, 194 (2010).

P3. M.Z. Hasan, C.L. Kane,
<http://arxiv.org/abs/1002.3895>.

P4. X.-L. Qi, S.-C. Zhang,
<http://arxiv.org/abs/1008.2026>.

Artykuły P3 oraz P4 wkrótce ukażą się w *Reviews of Modern Physics*.

POEZJE PROFESORA RYSZARDA HORODECKIEGO FIZYKA-POETY

Dzisiaj drukujemy szósty wiersz fizyka-poety profesora Ryszarda Horodeckiego zarówno po polsku: Rebus, jak też i po angielsku: Rebus, w tłumaczeniu Jean Ward. Wiersz pochodzi z dwujęzycznego tomu wierszy „Sum ergo cogito (Impresje poetyckie Poetic Impressions)”, Wydawnictwo „Marpress” Gdańsk 2009.

Rebus

Żeby się samo poskładało
– impulsy w myśl –
wątła myśl w wiersz
wiersz żeby miał ręce i nogi
a także głowę
bez której niepodobna
wyobrazić sobie poety

żeby się sam ułożył w rebus
największy rebus świata – świat
i żeby świat rozwiązał rebus
tak jakby rebus siebie zgadł

– odwieczny problem filozofii
jeszcze jedna odmiana
twierdzenia Gödla
albo semantyczna pułapka Nietzsche’go
horror vacui –

więc znowu biały chaos tchnie
wykluwa dziwną białą treść
żeby się tylko poskładało
– impulsy w myśl –
wątła myśl w wiersz

Rebus

If it could come right of itself
– impulses turn to thought –
frail thought become poem
a poem that can stand on its feet
and isn’t without a brain
a poet without that
is hardly thinkable

if of itself it could make a rebus
the greatest rebus the world has known: the world
and if the world could resolve the rebus
as if the rebus guessed itself

– the eternal problem of philosophy
yet another version
of Gödel’s theorem
or Nietzsche’s semantic trick
horror vacui –

so again white chaos breathes
hatches its strange white content
if it could only come right
– impulses turn to thought –
frail thought become poem

Termodynamika kwantowa

Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz

Zakład Fizyki Kwantowej, Wydział Fizyki, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań

Streszczenie: Przedstawiono prace, w których sformułowano termodynamikę kwantową. Termodynamika kwantowa jest koncepcyjnie prostsza i ogólniejsza od kwantowej termodynamiki statystycznej. Specjalny nacisk położono na zastosowanie termodynamiki kwantowej do opisu termodynamicznych właściwości układów nanoskopowych.

Quantum thermodynamics

Abstract: A review of papers in which the quantum thermodynamics has been formulated is presented. The quantum thermodynamics is conceptually simpler and more general than the quantum statistical thermodynamics. Special emphasis is put on the application of the quantum thermodynamics to description of the thermodynamical properties of nanoscopic systems.

1. Wstęp

Termodynamika statystyczna (mechanika statystyczna stanów równowagowych) uważana jest za teorię skończoną, zamkniętą i bardzo dobrze potwierdzoną eksperymentalnie. Nietrudno jednak zauważyć, że wśród ugruntowanych działów fizyki teoretycznej nie ma takiego, w którym istniałoby więcej różnic i niejasności w interpretacji zasadniczych założeń niż w termodynamice statystycznej. Przy omawianiu podstaw termodynamiki statystycznej z reguły wykorzystuje się w podręcznikach różne tradycyjne oraz nierzadko uproszczone sformułowania dalekie od elegancji i precyzji innych współczesnych działów fizyki teoretycznej [1-7]. Z kolei, przy aplikacjach kwantowej mechaniki statystycznej często stosuje się zaawansowane techniki numeryczne, symulacje komputerowe metodą Monte Carlo i wyrafinowane metody matematyczne, przeniesione z kwantowej teorii pola, takie jak np. metody temperaturowych funkcji Greena, techniki diagramów Feynmana, całkowanie funkcjonalne (całki po trajektoriach), metody grupy renormalizacji itp. Taka sytuacja niewątpliwie utrudnia zrozumienie i przyswojenie sobie podstaw tego bardzo ważnego działu fizyki teoretycznej będącego pomostem pomiędzy światem mikroskopowym a makroskopowym.

Termodynamika statystyczna, zarówno klasyczna jak i kwantowa, korzysta z modelowych założeń dotyczących mikrostruktury układu makroskopowego (układu o wielkiej liczbie stopni swobody), oddziaływań pomiędzy mikrocząstkami (molekułami, atomami, hadronami czy cząstkami elementarnymi) i praw ruchu obowiązujących dla nich. W klasycznej termodynamice statystycznej zakłada się, że prawa ruchu mikrocząstek określone są przez mechanikę klasyczną a w kwantowej termodynamice statystycznej przez teorię kwantów, najdonioślejszą teorię współczesnej fizyki. Z tego powodu kwantowa termodynamika statystyczna jest teorią ogólniejszą od klasycznej termodynamiki statystycznej.

W termodynamice statystycznej przez odpowiednie uśrednienie ruchów mikrocząstek dochodzi się do wielkości określających właściwości układów makroskopowych. W tym znaczeniu termodynamika statystyczna dokonuje syntezy świata mikroskopowego w świat makroskopowy. Synteza ta nie jest jednak prostym złożeniem. Układy makroskopowe posiadają bowiem pewne cechy, które nie istnieją na poziomie mikroskopowym. Uśrednienie, czyli synteza mikro-makro, wymaga wprowadzenia hipotez statystycznych nie mieszczących się i nie mających uzasadnienia ani w ramach mecha-

niki klasycznej, ani w ramach teorii kwantów. Wystarczy tutaj wspomnieć takie hipotezy statystyczne, jak równego a priori prawdopodobieństwa, najbardziej prawdopodobnego rozkładu, czy maksymalnej entropii. W termodynamice statystycznej obok praw dynamicznych pojawiają się, z uwagi na ogromną liczbę stopni swobody, prawa natury statystycznej wprowadzające element przypadkowości. Spora dowolność w stawianiu właśnie hipotez statystycznych powoduje dużą różnorodność sformułowań podstaw termodynamiki statystycznej. Z punktu widzenia fizyki kwantowej jedynym uzasadnieniem przyjmowania hipotez statystycznych w termodynamice jest to, że dla układów makroskopowych prowadzą one do rezultatów zgodnych z wynikami licznych eksperymentów.

Kwantowa termodynamika statystyczna, sformułowana po raz pierwszy przez Johna von Neumanna w 1927 roku [8], uważana jest powszechnie za najogólniejszy schemat teoretyczny, który wyjaśnia równowagowe właściwości układu makroskopowego na podstawie jego budowy mikroskopowej. Pojawiły się jednak prace, w których wykazano, że równowagowe właściwości układów wielocząstkowych (makroskopowych, mezoskopowych i nanoskopowych) można opisać opierając się ściśle na zasadach teorii kwantów, bez wprowadzania dodatkowych hipotez statystycznych. Było to możliwe, ponieważ pojęcia probabilistyczne zawarte są już w samych podstawach teorii kwantów a także dlatego, że jest ona teorią holistyczną, co związane jest z nielokalnym charakterem funkcji falowej. Podejście takie, w odróżnieniu od kwantowej termodynamiki statystycznej, nazwano termodynamiką kwantową.

Jak wiadomo, zasady teorii kwantów, ściśle rzecz biorąc, dotyczą układów dynamicznie izolowanych. W teorii kwantów układem izolowanym nazywamy układ, który:

- jest dynamicznie niezależny od innych układów, tzn. że w hamiltonianie danego układu można pominąć wyrazy opisujące oddziaływanie z innymi układami,
- jest probabilistycznie niezależny od innych układów (np. dany układ może być probabilistycznie zależny, kiedy znajduje się w stanie splątanym z innym układem). Zauważmy, że tylko w fizyce klasycznej niezależność dynamiczna pociąga za sobą niezależność probabilistyczną układu fizycznego.

Kiedy mamy maksymalną dostępną informację o układzie fizycznym, mówimy, że układ jest w czystym stanie kwantowym reprezentowanym przez funkcję falową Ψ lub w notacji Diraca – przez wektor stanu $|\Psi\rangle$. W przypadku, gdy nie mamy pełnej informacji o układzie fizycznym, to mówimy, że układ ten jest w stanie mieszanym, któremu nie można przypisać wektora stanu $|\Psi\rangle$. Erwin Schrödinger badając stany kwantowe układu złożonego pierwszy odkrył, że kiedy układ fizyczny jako całość znajduje się w stanie czystym, to jego oddziałujące ze sobą podukłady nie znajdują się w stanach czystych. Zjawisko to nazwał on splątaniem stanów kwantowych. Ma ono kluczowe znaczenie w informatyce kwantowej i świadczy o holistycznej naturze fizyki kwantowej.

Przedmiotem zainteresowania termodynamiki są układy wielocząstkowe, które z uwagi na ich ogromną gęstość stanów kwantowych nie mogą być uważane za układy izolowane. Żeby to zilustrować, rozpatrzmy prosty masywny układ makroskopowy w stanie stacjonarnym o ustalonej energii E , składający się z N jednokowych cząstek. Załóżmy, że pomiary makroskopowe umożliwiają nam wyznaczenie energii E tego układu z dokładnością nie lepszą niż $\pm \Delta E$. Dla prostoty przyjmijmy dodatkowo, że oddziaływanie pomiędzy N cząstkami jest na tyle słabe, że nie zmienia widma możliwych stanów tych cząstek, z których każda może znajdować się w jednym z $\Gamma \gg 1$ stanów, podczas gdy układ jako całość ma energię zawartą w przedziale $E \pm \Delta E$. Stąd szacunkowa liczba możliwych stanów rozpatrywanego układu równa się Γ^N a średnia odległość δE na osi energii pomiędzy najbliższymi stanami wynosi $2\Delta E \Gamma^{-N}$. Już takie proste oszacowanie wskazuje, że dla $N \gg 1$ odległość δE jest wielkością tak małą, że nawet minimalne zaburzenie zewnętrzne może przerzucić układ z jednego stanu stacjonarnego do drugiego. Zaburzenia takie zawsze istnieją, chociażby przez nieekranowalne oddziaływania grawitacyjne. Z tego powodu układy wielu cząstek nie mogą być traktowane jako układy doskonale izolowane od otoczenia, do opisu których można wprost stosować formalizm teorii kwantów, lecz znajdują się nieuchronnie w kwantowym stanie mieszanym [4].

Fakt ten stanowi właśnie praprzyczynę sformułowania kwantowej mechaniki statystycznej, w której zakłada się, że zaburzenia ze-

wewnętrzne są przypadkowe i na tyle małe, iż nie zaburzają widma stanów własnych hamiltonianu układu makroskopowego [6]. To ostatnie założenie jest jednak z pewnością nieprawdziwe dla wielu układów nanoskopowych. Oznacza to, że kwantowa termodynamika statystyczna odnosi się tylko do układów makroskopowych.

Z przytoczonych rozważań wynika, że jedynie cały wszechświat, traktowany jako największy układ fizyczny, poza którym nie istnieje żadna rzeczywistość fizyczna (gdyby taka była, to należałoby ją włączyć do tak określonego wszechświata), można uważać za makroskopowy układ izolowany, do opisu którego wprost stosuje się teorię kwantów. Program opisu wszechświata w ramach teorii kwantów nosi nazwę kosmologii kwantowej [9,10], której podstawowym postulatem jest założenie, że kwantowy stan wszechświata określa pewien wektor stanu $|\Psi\rangle$ (czy funkcja falowa Ψ). Zatem, wszechświat jako całość znajduje się w czystym stanie kwantowym. W kosmologii kwantowej holistyczność teorii kwantów oznacza, że stan całego wszechświata określa wektor stanu, natomiast nie można określić wektorów stanu dla poszczególnych wzajemnie oddziałujących podukładów wszechświata, lecz tylko zredukowane operatory stanu (zredukowane operatory gęstości) opisujące ich kwantowe stany mieszane. W opisie klasycznym sytuacja taka nie występuje, ponieważ można mieć jednocześnie pełną informację o stanie całego układu klasycznego, jak i o jego poszczególnych częściach. Warto jeszcze raz podkreślić, że wszechświat jest jedynym układem makroskopowym mogącym być w czystym stanie kwantowym.

W kosmologii kwantowej wszechświat jest więc traktowany jako izolowany układ fizyczny, znajdujący się w czystym stanie kwantowym, którego funkcja falowa Ψ zgodnie z zasadami teorii kwantów spełnia znane bezczasowe równanie Schrödingera. Jak wiadomo, Erwin Schrödinger otrzymał swoje równanie określające funkcję falową dla dowolnego układu kwantowego, którego hamiltonian nie zależy jawnie od czasu, wychodząc ze sformułowanej przez siebie zasady wariacyjnej [11,12]. Definiując wariację wektora stanu $|\delta\Psi\rangle$ za pomocą wariacji funkcji falowej $\delta\Psi$, zasadę wariacyjną Schrödingera można przedstawić w zwartej postaci:

$$\delta\langle\Psi|(H-E)|\Psi\rangle=0, \quad (1)$$

gdzie H to hamiltonian wszechświata, a E jest nieoznaczonym mnożnikiem Lagrange'a. Zasada wariacyjna (1) jest po prostu odpowiednikiem równania Schrödingera bez czasu.

2. Równowagowy zredukowany operator stanu

Dla termodynamiki kwantowej interesujące są stany mieszane podukładów wszechświata a nie czysty stan kwantowy całego wszechświata. Istotne jest tylko istnienie wektora stanu $|\Psi\rangle$ spełniającego równanie (1), a nie jego konkretna postać. Z tego samego powodu stan wszechświata nie jest reprezentowany przez wektor stanu $|\Psi\rangle$, lecz w równoważny sposób przez operator stanu (operator gęstości) $\sigma=|\Psi\rangle\langle\Psi|$ [13,14]. Korzystając z definicji operatora stanu σ , wyrażenie (1) można także zapisać w postaci

$$\delta\text{Tr}[(H-E)\sigma]=0, \quad (2)$$

gdzie symbol $\text{Tr}[\dots]$ oznacza ślad liczony po zbiorze pełnym stanów własnych dowolnego operatora hermitowskiego, działającego na wektory stanu wszechświata. We wzorze (2) wariacja operatora stanu ma oczywistą formę, wynikającą z definicji operatora stanu.

Następnie w termodynamice kwantowej zakłada się, że wszechświat można podzielić na $k > 1$ podukładów. Przy tym założeniu hamiltonian wszechświata H można przedstawić w ogólnej postaci:

$$H = \sum_{j=1}^k H_j + \sum_{j \neq j'} H_{jj'}, \quad (3)$$

gdzie H_j to hamiltonian j -tego podukładu wszechświata a $H_{jj'}$ opisuje oddziaływanie pomiędzy podukładami j i j' .

Jak wiadomo, problem obliczenia wartości oczekiwanej dowolnej obserwabli odnoszącej się do podukładu j , sprowadza się do znalezienia zredukowanego operatora stanu $\sigma_j = \text{Tr}_R[\sigma]$ tego podukładu, który zapisany w określonej reprezentacji nazywa się macierzą gęstości [13-16], gdzie Tr_R to ślad częściowy po stanach pozostałej części wszechświata R . Zredukowany operator stanu zawiera pełną dostępną informację o czystym lub mieszanym kwantowym stanie tego podukładu. W pracy [17] pokazano jak można znaleźć jawną postać zredukowanego operatora stanu σ_j dla pod-

układu j znajdującego się w stanie równowagowym.

Punktem wyjścia tej pracy było ograniczenie się do podziału wszechświata na $k > 1$ podukładów, które dla każdego j w dobrym przybliżeniu spełniają warunek niezależności σ_j od czasu (znajdują się w stanie równowagowym). Założono, że taki podział jest możliwy, ponieważ z doświadczenia wiadomo, że nie jest czymś wyjątkowym istnienie układów makroskopowych, które z wystarczającą dokładnością znajdują się w stanie równowagowym. Praktycznie zawsze możliwy jest podział wszechświata na przynajmniej dwie części ($k = 2$): dany podukład j będący w stanie równowagowym i pozostała część wszechświata R , której zmiany w czasie w otoczeniu podukładu j są na tyle małe, że nie zmieniają stanu podukładu j . Kierując się wyczuciem i intuicją fizyczną, dla każdego konkretnego problemu fizycznego, można dokonać odpowiedniego podziału wszechświata na $k > 1$ równowagowych podukładów. Podział taki, chociaż w pewnym stopniu arbitralny, nie zmniejsza jednak ogólności rozważań, lecz tylko specyfikuje zagadnienie.

Warunek równowagi podukładu j można zapisać w postaci:

$$s_j = \text{const} > 0 \quad (4)$$

gdzie s_j jest entropią von Neumanna podukładu j , która jest addytywną miarą stopnia mieszania stanów podukładu j [8]. Dla stanu czystego entropia $s_j = 0$, dla stanu mieszanego $s_j > 0$ i przyjmuje wartość największą dla maksymalnego stopnia zmieszania stanów kwantowych [15, 16]. Warunek (4) wyraża fakt, że wszechświat podzielono na $k > 1$ podukładów, znajdujących się w równowagowych stanach mieszanych (o ustalonym stopniu mieszania stanów kwantowych).

Zredukowany operator stanu σ_j podukładu j otrzymano w pracach [15, 17] wychodząc z zasady wariacyjnej Schrödingera (1) przy uwzględnieniu warunków równowagi (4) oraz warunku unormowania zredukowanych operatorów stanu σ_j , dla $j = 1, 2, \dots, k > 1$. W tym celu wykorzystano metodę Lagrange'a znajdowania ekstremum warunkowego funkcjonu, prowadząc do wyrażenia

$$\sigma_j = \exp(\beta_j(F_j - H_j - H'_j)), \quad (5)$$

gdzie wyraz

$$H'_j = \text{Tr}_R[\sum_{j' \neq j} H_{jj'} K \sigma_R]$$

opisuje oddziaływanie podukładu j z jego otoczeniem, K jest nieznanym superoperatorem korelacji działającym w przestrzeni zredukowanych operatorów stanu σ_j i σ_R [15], samo σ_R to iloczyn zredukowanych operatorów stanu pozostałej części wszechświata R . Można powiedzieć, że wyrażenie (5) stanowi kluczowy element termodynamiki kwantowej.

Nieoznaczony mnożnik Lagrange'a F_j występujący we wzorze (5) wyznacza się z warunku unormowania operatora σ_j . Mnożnik Lagrange'a β_j natomiast potrafimy wyznaczyć tylko z doświadczenia [15]. W tym celu stosuje się następującą metodę. Oblicza się wartość oczekiwaną hamiltonianu H_j dla możliwie prostego modelu układu makroskopowego (dla masywnych podukładów makroskopowych oddziaływanie z otoczeniem jest bardzo małym efektem powierzchniowym [15] i dlatego w wyrażeniu (5) można pominąć wyraz H'_j), np. dla gazu doskonałego i porównuje się ją z wartością eksperymentalną energii tego gazu, którą można wyznaczyć wykonując nieskomplikowane doświadczenie. Na tej podstawie wykazuje się, że $\beta_j = (k_B T_j)^{-1}$, gdzie k_B to stała Boltzmanna, T_j zaś to temperatura bezwzględna podukładu j . F_j ma tu sens jego energii swobodnej (dla $H'_j = 0$).

W ten sposób wykazano, że zredukowany operator stanu σ_j dla masywnego podukładu makroskopowego ma identyczną postać jak operator statystyczny dla rozkładu kanonicznego Gibbsa, stanowiący zasadniczy element kwantowej termodynamiki statystycznej [15]. Warto jeszcze raz podkreślić, że operator σ_j został otrzymany wyłącznie w ramach teorii kwantów, bez postulowania hipotez statystycznych, przekraczających te ramy.

W termodynamice kwantowej można łatwo uzyskać ogólniejsze zredukowane równowagowe operatory stanu [17, 18], podobnie jak w kwantowej termodynamice statystycznej otrzymuje się np. operatory statystyczne dla wielkiego rozkładu kanonicznego Gibbsa [16].

Termodynamika kwantowa jest teorią koncepcyjnie prostszą i ogólniejszą od kwantowej termodynamiki statystycznej, ponieważ opiera się tylko na jednym założeniu wychodzącym poza ramy kosmologii kwantowej – postulat o równowagowym stanie mieszanym

k wielocząstkowych podukładów wszechświata (gdzie $k > 1$). Problem falsyfikacji termodynamiki kwantowej, którą można uważać za integralną część teorii kwantów, jest więc na takim samym poziomie ogólności jak zagadnienie falsyfikacji kosmologii kwantowej.

3. Termodynamika kwantowa podukładu nanoskopowego

We współczesnej nauce, technice i technologii bardzo często spotyka się wielocząstkowe podukłady wszechświata, które nie mogą być uważane za masywne podukłady makroskopowe. Przykładami takich podukładów mogą być ultracienkie warstwy, podukłady mezoskopowe i nanoskopowe, czy wiele podukładów spotykanych w biologii molekularnej i mikroelektronice. Z punktu widzenia termodynamiki kwantowej istotną właściwością tych podukładów jest to, że ich oddziaływanie z otoczeniem nie może być uważane za mały efekt powierzchniowy [15]. Z tego powodu, w wyrażeniu przedstawiającym równowagowy zredukowany operator stanu (5) wyrazy opisujące to oddziaływanie nie mogą być zaniebane.

Wzorcowy przykład takiego podukładu w stanie równowagi termodynamicznej został rozpatrzony w pracy [17], w której założono, że podukład j wszechświata jest nanoskopowym podukładem otoczonym przez masywny makroskopowy podukład j' , opisywany przez hamiltonian $H_{j'}$. Kluczowe jest to, że w rozpatrywanym, typowym przypadku układu nanoskopowego, nie jest potrzebna znajomość superoperatora korelacji K , lecz tylko superoperatora korelacji $K_{jj'}$ pomiędzy nanoskopowym podukładem j a otaczającym go układem makroskopowym j' . Ten superoperator korelacji można otrzymać stosując różne przybliżenia [16,17]. Okazało się, że w wielu konkretnych zastosowaniach termodynamiki kwantowej do opisu układów nanoskopowych i cienkich warstw wystarczające jest przybliżenie $K_{jj'} \approx I$ [19-26].

Korzystając ze wzoru (5) i rezultatów, określających postać zredukowanego superoperatora korelacji, uzyskanych w pracach [16,17], można otrzymać zamknięte wyrażenie na energię swobodną F_j podukładu nanoskopowego j , oddziałującego z makroskopowym masywnym otoczeniem j' . Umożliwia to badanie wpływu oddziaływania otoczenia na takie wielkości termodynamiczne podukładu j jak np. entropia,

ciepło właściwe, przestrzenne rozkłady namagnesowania i fluktuacji namagnesowania, czy widma wzbudzeń elementarnych [19-26].

Kwantowa termodynamika bazująca na wyrażeniu (5) z powodzeniem była zastosowana do badania wpływu masywnego podłoża na termodynamiczne właściwości konkretnych podukładów ultracienkich warstw [19-23] oraz wybranych podukładów nanoskopowych [24-26]. W pracach tych wykazano, że oddziaływanie z podłożem może w istotny sposób wpływać na właściwości termodynamiczne takich układów. Należy podkreślić, że zredukowany operator stanu (5) dla mikroskopowego modelowego podukładu spinowego ściśle rozwiązywalnego prowadzi do rezultatów ścisłych [17].

Kwantowej termodynamiki statystycznej nie można bezpośrednio zastosować do opisu nanoskopowego układu j , ponieważ przy otrzymywaniu operatorów statystycznych, zakłada się, że oddziaływanie z otoczeniem tylko miesza stany kwantowe, nie zmieniając widma energii rozpatrywanego podukładu. Do opisu podukładu nanoskopowego j można zastosować kwantową termodynamikę statystyczną tylko w sposób pośredni, przyjmując, że masywny podukład makroskopowy $j+j'$ (złożony z podukładu nanoskopowego i jego makroskopowego otoczenia) opisywany jest przez operator statystyczny dla kanonicznego rozkładu Gibbsa. Następnie, korzystając na przykład z termodynamicznego rachunku zaburzeń, można w sposób przybliżony opisać podukład nanoskopowy j , będący tylko małą częścią rozpatrywanego układu makroskopowego. Jednak, jak pokazano w pracy [27], podejście bazujące na zredukowanym operatorze stanu (5) jest bardziej efektywne od sformułowania wykorzystującego kwantową termodynamikę statystyczną.

4. Konkluzje

Termodynamika kwantowa, której rdzeniem jest zredukowany operator stanu (5), stanowi formalizm dający doskonałe wyniki w dwóch skrajnych przypadkach: masywnych podukładów makroskopowych i ściśle rozwiązywalnych modelowych podukładów mikroskopowych. Dla masywnych układów makroskopowych zredukowany operator stanu (5) przyjmuje bowiem postać identyczną z operatorem statystycznym dla rozkładu kanonicznego Gibbsa a w drugim przypadku daje wyniki ści-

słe. Dowodzi to poprawności przyjętych założeń i daje podstawy do przypuszczenia, że termodynamika kwantowa poprawnie opisuje także podukłady o wielkości pośredniej – podukłady cienkowarstwowe, mezoskopowe i nanoskopowe.

W szczególności, w pracy [17] otrzymano najbardziej ogólną postać równowagowego zredukowanego operatora stanu, będącego funkcją zupełnego zbioru operatorów odnoszących się do podukładu j i komutujących z hamiltonianem (3), którego tylko szczególnym przypadkiem jest operator dany wzorem (5). Udowodniono również, że równowagowy zredukowany operator stanu nie może być funkcją operatorów (komutujących z hamiltonianem) odpowiadających nieaddytywnym obserwabłom wszechświata. Stanowi to istotną zaletę termodynamiki kwantowej w stosunku do kwantowej termodynamiki statystycznej. Zauważmy bowiem, że w kwantowej mechanice statystycznej nie udowadnia się, lecz tylko zakłada się, że równowagowe operatory statystyczne są funkcjami wyłącznie operatorów obserwabli addytywnych i komutujących z hamiltonianem.

Formalizm termodynamiki kwantowej został uogólniony na przypadek stanów nierównowagowych w pracy [28]. W tym celu wykorzystano zasadę wariacyjną Schrödingera, w której uwzględniono zjawisko pamięci układu o stanach wcześniejszych [16]. Otrzymano nierównowagowy zredukowany operator stanu dla dowolnych wielocząstkowych podukładów wszechświata, dla których stan nierównowagi wywołany jest zarówno przez zaburzenia termiczne (np. gradient temperatury) jak i mechaniczne, wywołane przez zmienne w czasie zewnętrzne pola klasyczne. W szczególnym przypadku podukładu makroskopowego w stanie nierównowagowym wywołanym przez zaburzenia termiczne operator ten przyjmuje postać identyczną z nierównowagowym operatorem statystycznym otrzymanym przez Zubariewa [16]. W przypadku tylko zaburzeń mechanicznych, przyjmuje on natomiast postać identyczną z nierównowagowym operatorem statystycznym dla nieliniowej reakcji układu [16].

Zauważmy, że pojęcie temperatury dotyczy wielocząstkowych podukładów wszechświata, natomiast nie odnosi się do wszechświata jako całości, który zgodnie z założeniami kosmologii kwantowej, jako układ izolowany, znajduje się w czystym stanie kwan-

towym. Zatem, dla tak zdefiniowanego wszechświata podstawowe postulaty termodynamiki statystycznej nie są prawdziwe [29].

Można powiedzieć, że termodynamika kwantowa stanowi czwarty najwyższy poziom opisu zjawisk termicznych po termodynamice fenomenologicznej, klasycznej i kwantowej termodynamice statystycznej. Stanowi ona zarazem ogólniejszą i głębszą podstawę teoretyczną makrofizyki, nanofizyki i szybko rozwijającej się nanotechnologii, niż kwantowa termodynamika statystyczna. Z tych powodów możemy żywić nadzieję, że w przyszłości termodynamika kwantowa, będąc teorią koncepcyjnie prostszą od termodynamiki statystycznej, znajdzie swoje stałe miejsce także w podręcznikach fizyki teoretycznej.

Termodynamika kwantowa może oczywiście budzić pewne obiekcyjne, ponieważ przy jej formułowaniu zastąpiono hipotezy statystyczne, stosowane w kwantowej termodynamice statystycznej, podstawowym założeniem kosmologii kwantowej przyjmującym, że wszechświat, skończony lub nieskończony, znajduje się w czystym stanie kwantowym. Kosmologia kwantowa nie budzi jednak entuzjazmu w społeczności fizyków z uwagi na poważne problemy interpretacyjne z nią związane [30]. Główny zarzut dotyczy faktu, że kosmologia kwantowa nie stanowi zamkniętego systemu teoretycznego w ramach matematyczno-empiryczno-naturalistycznej metodologii fizyki [10,30].

Literatura

- [1] J. Stecki, Termodynamika statystyczna (PWN, Warszawa 1971).
- [2] K. Zalewski, Wykłady z termodynamiki fenomenologicznej i statystycznej (PWN, Warszawa 1975).
- [3] R.S. Ingarden, Termodynamika statystyczna (UMK, Toruń 1979).
- [4] R.S. Ingarden, A. Jamiołkowski, R. Mru-gała, Fizyka statystyczna i termodynamika (PWN, Warszawa 1990).
- [5] T. Balcerzak, Wykłady z termodynamiki i fizyki statystycznej (Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2000).
- [6] K. Huang, Podstawy fizyki statystycznej (Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006).
- [7] H.C. Gupta, Statistical thermodynamics (Wiley, New York 1991).

- [8] J. von Neumann, *Thermodynamik quantenmechanischer Gesamtheiten* (Göttinger Nachrichten 1927); rep. in John von Neumann, *Collected Works* (Pergamon, Oxford 1963) I, pp. 236-254.
- [9] B.S. DeWitt, *Phys. Rev.* 160, 1113 (1967); 162, 1195; 1239 (1967).
- [10] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, *Kosmogeneza kwantowa* (Wyd. Naukowe UAM, Poznań 2008).
- [11] E. Schrödinger, *Ann. Phys. (Leipzig)* 79, 361 (1926).
- [12] H.A. Bethe, *Intermediate quantum mechanics* (Benjamin, New York 1964).
- [13] L.E. Bollentine, *Quantum Mechanics. A Modern Development* (Word Scientific, Singapore 2000).
- [14] H. Le Ballad, *Quantum Physics* (Cambridge University Press, Cambridge 2006).
- [15] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, *Zasady termodynamiki kwantowej* (Wyd. Naukowe UAM, Poznań 1996).
- [16] D.N. Zubariw, *Termodynamika statystyczna* (PWN, Warszawa 1974).
- [17] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, *Physica A* 305, 497 (2002).
- [18] Z. Onyszkiewicz, *Phys. Lett. A* 163, 450 (1992).
- [19] Z. Onyszkiewicz, *Phys. Status Solidi (b)* 150, 109 (1988).
- [20] Z. Onyszkiewicz and A. Wierzbicki, *Phys. Status Solidi (b)* 156, K71 (1989).
- [21] Z. Onyszkiewicz, *Acta Phys. Polonica A* 163, 11 (1991).
- [22] Z. Onyszkiewicz and A. Wierzbicki, *Phys. Status Solidi (b)* 188, K17 (1995).
- [23] W. Jaworski, *Acta Phys. Polonica A* 115, 171 (2009).
- [24] R. Łosiński and Z. Onyszkiewicz, *Acta Phys. Polonica A* 97, 955 (2000).
- [25] L.S. Borkowski and Z. Jacyna-Onyszkiewicz, *Acta Phys. Polonica A* 112, 1223 (2007); 115, 375 (2009).
- [26] L.S. Borkowski and Z. Jacyna-Onyszkiewicz, *Surface Science* 603, 27 (2009).
- [27] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, *Acta Physica Superficierum* 6, 61 (2004).
- [28] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, *Acta Phys. Polonica A* 102, 717 (2002).
- [29] Z. Onyszkiewicz, *Acta Cosmologica* 18, 7 (1992).
- [30] G. Auletta, *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics* (Word Scientific, Singapore 2001).

Niechciana historia nauki

Włodzimierz Skoczny

Uniwersytet Papieski Jana Pawła II, Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Streszczenie: Historia nauki końca XIX wieku spoglądała na rozwój fizyki przez pryzmat pozytywizmu. Jednym z powszechnie przyjmowanych poglądów było traktowanie czasu między osiągnięciami naukowymi Greków a Renesansem, jako „ciemnych wieków”. Z początkiem XX stulecia francuski fizyk, matematyk, filozof a nade wszystko historyk nauki, Piotr Duhem, dzięki systematycznym studiom nad myślą poprzedzającą Leonarda da Vinci potrafił wykazać, jak bardzo Średniowiecze przyczyniło się do oczyszczenia przedpola intelektualnego dla powstania nowożytnej nauki. Postawił nawet tezę, że to właśnie XIII wiek trzeba uważać za początek nauk, zwłaszcza dzięki osiągnięciom szkoły paryskiej. Prace Duhema zostały bardzo chłodno przyjęte przez ówczesnych historyków nauki, zwłaszcza tych, którzy byli skupieni wokół czasopisma *Isis* oraz idei jej głównego redaktora George’a Sarton. Posunięto się nawet do przemilczania prac Duhema, i blokowania przez 40 lat po jego śmierci wydawania pięciu tomów jego *opus magnum* – *Le systeme du monde*. Dopiero kontynuatorzy studiów nad Średniowieczem pokazali jak cenny był wkład prac Duhema i potwierdzili jego ideę ciągłości wiedzy.

An unwanted history of science

Abstract: The history of science at the end of XIX century looked at the development of physics through the prism of positivism. One of the more commonly held ideas at the time was the treatment of the years between Greek and Renaissance science as a period of “the dark ages”. At the beginning of XX century Pierre Duhem – the French physicist, mathematician, philosopher and above all historian of science, thanks to his systematic studies on the nature of thought preceding Leonardo da Vinci, demonstrated the extent to which the Middle Ages had helped clear the intellectual field for the subsequent development of modern science. He even dared to say, that it was these achievements, especially of the Paris school, which allow us to state that the birth of modern science was in XIII century. Duhem’s work however, met with a cool reception by most of his contemporary historians of science, especially those gathered around the journal *Isis* and those supporting the ideas of its chief editor, the ‘father’ of the history of science, George Sarton. They not only ignored the results of Duhem’s work but also managed to block the publication of his five volume *opus magnum* – *Le systeme du monde* for forty years after his death. It took modern medievalist scholars interested in the continuation of the history of the development of science to acknowledge how valuable his works were and to find confirmation of his ideas concerning the unbroken continuity of the development of science.

Jedna z zasad hermeneutyki filozoficznej stwierdza, że każda próba zrozumienia jakiegoś tekstu uwarunkowana jest przez przed-rozumienie. Składa się na nie doświadczenie życia, subiektywne preferencje – nie zawsze uświadamiane – natury religijnej czy filozoficznej, kontekst społeczny i kulturowy, w którym żyjemy. To przez taki „pryzmat” patrzymy na tekst, a nasze rozumienie zawiera indywidualny wymiar interpretacji.

Zasada ta dotyczy także tak szczególnego „tekstu” jakim jest historia nauki. Jej początki charakteryzuje silny nurt przed-rozumienia, w świetle którego układano odkrycia i powstające teorie w taki ciąg następstw, aby potwierdzić przyjętą z góry tezę. Zgodnie z pozytywistycznym przekonaniem Augusta

przez dziesiątki lat francuski fizyk, filozof i historyk nauki, który zmienił nasze postrzeganie zarówno Średniowiecza jak i wpływu czynników poza-naukowych na rozwój przyrodniczości.

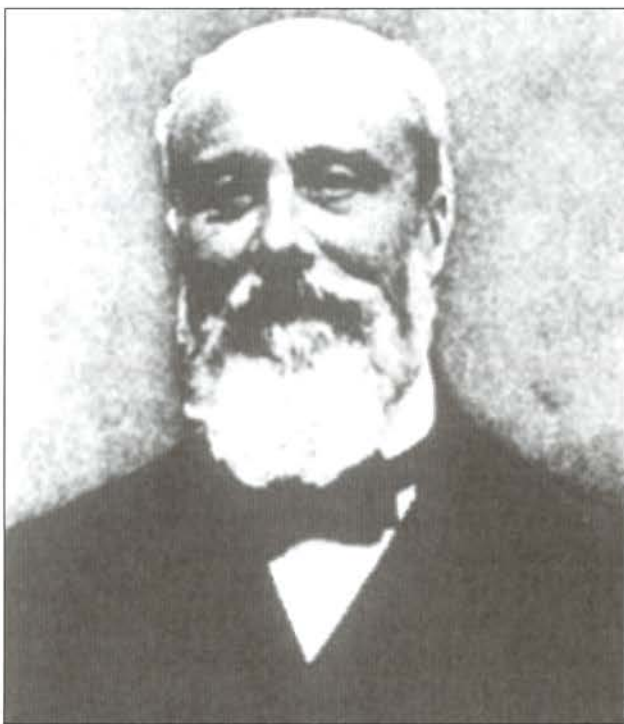
1. Droga Duhema ku historii nauki

Gdyby traktować dzieciństwo i młodość Pierre Duhema jako element przed-rozumienia jego późniejszych dojrzałych idei to można by zgodzić się z jednym z jego biografów, który zauważa: „należał on do domu, który był przeniknięty stabilizacją i mniej więcej normalnym rozwojem. Właśnie powolny, normalny rozwój stanie się dla Duhema jako historyka nauki, jego głównym narzędziem wyjaśniającym. Jeśli chodzi o naukowe rewolucje, w których wszystko jest przewracane do góry nogami lub zaczyna się zupełnie nowy proces, to nie przyjmował takiego spojrzenia”[1].

Gdy z najwyższymi ocenami skończył College Stanislas w Paryżu i przeszedł przez egzaminy do Ecole Normal Supérieure jego zainteresowania skupiły się na fizyce teoretycznej. Nie był to łatwy wybór. Odziedziczone zdolności roztaczały przed nim całą gamę możliwości: od malarstwa przez aktorstwo i karierę prawniczą aż po kupiectwo – profesję bardzo popieraną przez ojca. Nawet podczas jego studiów Ludwik Pasteur pragnął, by został u niego asystentem, a doskonała znajomość greki i łaciny otwierała przed nim perspektywę studiów klasycznych. Okazało się miało, że wszystkie te zdolności przydały się by przygotować go do roli jednego z największych historyków nauki.

Jego życie osobiste często było niespokojne. Przez wiele lat, izolowany od uczelni Paryża, wykładał w Lille, Rennes i Bordeaux. Boleśnie doświadczył śmierci żony. Po wielu latach wreszcie doznaje uznania, które od dawna mu się należało i zostaje członkiem Akademii. Stało się to za przyczyną najważniejszej historycznej pracy Duhema „*Le système du monde: histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*”. Dzieło to niewątpliwie przekraczało wszystko, co kiedykolwiek napisano na ten temat.

Wcześniej jego prace nie zapowiadały późniejszych zainteresowań. Uważał się początkowo bardziej za fizyka niż za historyka nauki. Gdy był na drugim roku studiów przygotował już pracę doktorską z zakresu termodynamiki. Jej główne tezy stały jednak w sprzeczności z po-



Pierre Maurice Marie Duhem (1861-1916)

Comte’a dzieje nauki to powolne wyodrębnianie się wiedzy z okowów religii i metafizyki. Tezę tę popierano przykładami z historii nauki, a jej sztandarowym wyrazem były prace Johna Williama Drapera *History of the Conflict between Religion and Science* (1874) oraz Andrew Dicksona White’a *The Warfare of Science With Theology* (1896).

Zarówno pozytywistycznym przed-założeniom jak i opartym na nich publikacjom rzucił u początków XX wieku wyzwanie Pierre Duhem (1861 – 1916) – samotny i marginalizowany

glądami uznanego za autorytet w świecie nauki chemika Marcellina Berthelota. Ten zadbał już o to, by pracę Duhema odrzucono, oraz walczył przyczynił się do tego, by uniemożliwić dalszy rozwój młodego naukowca w uczelniach stolicy. Nie zrażony niepowodzeniami Duhem napisał inną pracę doktorską, o bardziej matematycznym charakterze i dopiero ta została przyjęta, choć świat paryskiej nauki został dla niego zamknięty.

Jego pierwsza praca, wskazywała na wagę pojęcia potencjału termodynamicznego i wprowadzała relację zwaną dzisiaj równaniem Gibbsa – Duhema. Kolejne lata, wraz z pracą akademicką na uniwersytetach, przyniosły potwierdzenie jego doskonałych intuicji zwłaszcza w termodynamice, a kolejne prace zaczęły ukazywać się drukiem. Nie były to wyłącznie prace z fizyki teoretycznej. Równolegle z nimi ukazywały się artykuły świadczące o nieustannym zainteresowaniu rozwojem nauki i jej głównych idei. Zaproponowana mu seria artykułów dotyczących historii mechaniki zaowocowała publikacją takich książek jak: *Ewolucja mechaniki* (1903), *Pochodzenie statyki* (1905), trzy tomyw studium nad myślą Leonarda da Vinci (1906-13) i wreszcie monumentalnym, dziesięciotomowym dziełem *System świata* (1906-59).

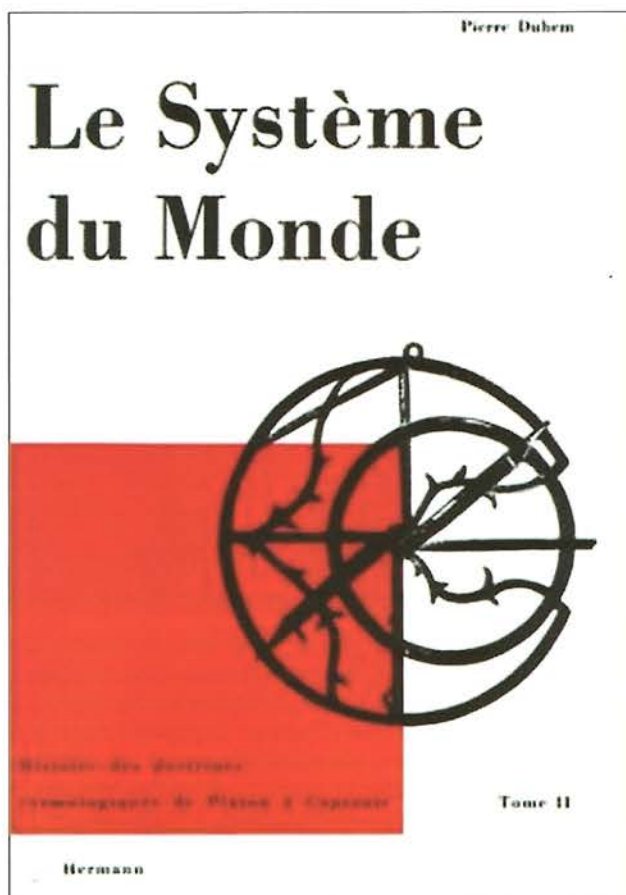
Studia nad myślą Leonarda da Vinci zwróciły uwagę Duhema na Wiek Średni, uważane dotąd przez niego samego, jak i współczesnych mu uczonych, za „ciemne średniowiecze”. Ta pogarda dla czasów poprzedzających Renesans załamała się gdy zaczął czytać oryginalne teksty scholastyków. Nieoczekiwane bogactwo ich myśli przymusiło Duhema do przyjęcia idei ciągłości i rozwoju nauki. „Nauka nie zna spontanicznego zrodzenia – pisał – nawet najbardziej nieprzewidywalne odkrycia nie powstały w całości w umysłach, które je zrodziły” [2]. W tej ciągłości najważniejsze miejsce przypisywał wpływowi teologii chrześcijańskiej na zerwanie z arystotelesowskimi tezami o naturze świata. Poglądy Stagiryty, często w kształcie proponowanym przez Averroesa, stanowiły bowiem przez wieki podstawę dla nauczania o przyrodzie. Także XIV-wieczni uczeni ze Sorbony i Oxfordu zajmowali się głównie komentowaniem Arystotelesa. Jednak niektóre jego tezy stały w sprzeczności z wiarą chrześcijańską i paryscy filozofowie nie wahali się ich odrzucić. Szczegółowe kwestie obejmowały problem możliwości istnienia wielu światów, czy mechaniki.



Mikołaj z Oresme (1320-82), uczeń Jana Buridana, absolwent Uniwersytetu w Paryżu i późniejszy biskup Lisieux, był jednym z ulubionych uczonych Duhema. Podobnie jak Kopernik znał się nie tylko na obrotach planet i argumentował za ruchem Ziemi, ale zajmował się też reformą systemu pieniężnego. Zdjęcie pochodzi z książki Mikołaja z Oresmes *Traité de l'espere*, Bibliothèque Nationale, Paris, France, fonds français 565, fol. 1r.

Perypatetycy uważali na przykład, że Bóg nie może poruszyć całego świata ruchem prostoliniowym, bo świat pozostawiłby za sobą próżnię. Próżnia zaś stanowiła dla arystotelesowskiej fizyki czysty absurd. Wobec potępienia takiej tezy Richard z Middletown mógł napisać, około roku 1280, a po nim wielu innych uczonych Paryża i Oxfordu, że choć prawa natury nie pozwalają na powstanie próżni, to w jej pojęciu nie ma nic sprzecznego z rozumem. Tak więc, bez sprzeczności można nie tylko mówić o próżni ale i o ruchu w niej. Aby z kolei takie argumenty były uprawnione okazało się konieczne pozmieniać zasady tej gałęzi mechaniki, którą nazywano dynamiką.

W tym nowym klimacie intelektualnym Jan Buridan, wielokrotny rektor Uniwersytetu paryskiego, mógł napisać: „od pierwszej chwili stworzenia świata Bóg uczynił niebiosy poruszające się identycznie z tym jak to i dziś widzimy. On nałożył na nie rozmaite *impeti*, aby dalej się poruszały ruchem jednostajnym. Ponieważ te *impeti* nie napotykają na żadne opory, które byłyby im przeciwne, to nigdy nie zostaną zniszczone ani nie zanikną” [3]. Prócz zasady zachowania mamy w tym tekście wyraźne odejście od poglądów Stagiryty, który wymagał bez-



Jako motto do *Système du monde* wziął Duhem słowa zaczerpnięte od Rogera Bacona: „Nauka nie powstała w jakimś szczególnym czasie, ale od początku świata wiedza przyrastała powoli i proces ten do dziś nie został zakończony.”

pośredniego wpływu poruszyciela na ciało poruszane. Teoria *impetusu* stanowić będzie wstęp do pojęcia pędu i pierwszego prawa dynamiki Newtona.

Zerwanie z arystotelesowskim paradygmatem wiązało się z wydarzeniem potępienia dnia 8 marca 1277 r. przez bpa Paryża Etienne’a Tempiera 219 tez arystotelesowsko-awerroistycznych. Generalnie, w celu potwierdzenia wszechmocy Bożej, potępiono tezy astrologiczne czy perypatetyckie, które stwierdzały, że „Bóg czegoś nie może”. Skoro jednak prawdą jest teza przeciwna i Bóg może np. stworzyć ruch w próżni, wiele światów bez jednego wyróżnionego miejsca naturalnego i nadać *impetus* ciałom, to aby przekonać się jaka możliwość została zrealizowana, trzeba badać świat, a nie tylko komentować uczone książki. Wydarzenie to zostało uznane przez Duhema za symboliczną datę narodzin nauki nowożytnej. W ten sposób dawne „ciemne wieki”

stały się, według niego, nie tylko źródłem, ale i rzeczywistym początkiem nowożytnego myślenia.

Powyższe poglądy Duhema też nie są wolne od przed-założeń. Dzieje nauki były dla niego drogą Opatrzności, a apologetyczny charakter swoich idei starał się przedstawiać pod maską obiektywizmu [4]. W rezultacie, to samo wydarzenie z 1277 roku, spotkało się z dwoma skrajnymi opiniami. Duhem widział w nim symbol początku nauk nowożytnych. Natomiast Aleksander Koyré, który w wielu kwestiach nie zgadzał się z Duhemem, choć podzielał jego fascynację średniowieczem, będzie upatrywał w tym wydarzeniu podkreślenie prymatu teologii nad nauką, czego gorzkie owoce przyjdzie zbierać w sprawie przeciw Galileuszowi [5].

2. Kłopoty z publikacją Systemu świata

Wskazywanie przez Duhema na wartość myśli średniowiecznej, a szczególnie na związki między powstaniem nauki a chrześcijańską teologią, nie spotkały się z życzliwym przyjęciem. Anty-religijny nurt starał się ignorować odkrycia Duhema nawet po jego śmierci. Wymownym przykładem tej niechęci była postawa amerykańskiego historyka nauki, przez wielu uważanego za „ojca” tej dyscypliny, George’a Sarton. Na łamach założonego przez siebie czasopisma *Isis* zauważył on jedynie ukazanie się pierwszego tomu *Systemu świata*, poświęconego kosmologii greckiej [6], pomijając milczeniem kolejne cztery tomy. Powód tego postępowania wiązał się ponownie z przed-założeniową koncepcją historii nauki. Kolejne tomy pracy Duhema pozostawały w opozycji do propagowanej przez niego tezy o świeckim humanizmie, który miał stać u początków nowożytnego postępu.

Duhem zmarł nagle w 1916 r., po ukazaniu się drukiem tylko pięciu tomów *Systemu świata*. Pozostałe pięć tomów pozostało w rękopisie. Mimo starań o ich publikację, podejmowanych przez córkę autora Helenę i przyjaciół, trzeba było czekać ponad 40 lat na ich wydrukowanie. Opozycja, opierając się na pozytywistycznym przed-założeniu o znikomej wartości naukowej czasów przed Renesansem, była tak silna, że dopiero prace nad średniowieczną nauką Anneliese Maier, Marshalla Clagetta, Edwarda Granta, czy Alistaira Crombie’go pokazały jak cenne były prace Duhema i że nie da się ich dłużej ignorować [7].

- [1] Stanley L. Jaki, *Uneasy Genius. The Life and Work of Pierre Duhem*, Martinus Nijhoff Publishers, 1987, s. 12.
- [2] Tamże, s. 386.
- [3] Fragment ten był bardzo drogi Duhemowi. We wstępie do trzeciego tomu *Etudes* podkreślał: „Gdyby ktoś chciał oddzielić wyraźną linię królowanie starej nauki od nowożytnej, to powinien szukać tej linii w chwili, gdy Jan Buridan wymyślił swą teorię; w chwili, gdy przestano patrzeć na planety jako na byty poruszane przez boskie inteligencje; w chwili, gdy przyjęto, że niebieskie i podksiężycowe ruchy opierają się na tej samej mechanice.” Zob. P. Duhem, *Etudes sur Leonard de Vinci*, Paris 1906, s. ix.
- [4] Co prawda Stanley Jaki jest przekonany, że: „Duhem, the historian of science, who neither mixed his Catholicism into his historical research, nor was ever ashamed of it”, ale wydaje się to być opinia zbyt pochlebna. Zob. Stanley L. Jaki, *Uneasy...*, s. 396
- [5] Zob. M. Heller, Z. Liana, J. Mączka, W. Skoczny, *Nauki przyrodnicze a teologia: konflikt i współistnienie*, OBI, Tarnów 2001, ss. 119 – 126.
- [6] Recenzja pierwszego tomu *opus magnum* Duhema, opublikowana w *Isis*, która wyszła spod pióra samego Sartona, była bardzo pozytywna. Kiedy jednak w tomie drugim pojawiły się nawiązania do filozofii i teologii średniowiecza, to komentowane teksty, nie będąc zgodne z tezą „nowego humanizmu” Sartona, zostały przemilczane w tym prestiżowym czasopiśmie z historii nauki.
- [7] Słynne wykłady Herberta Butterfielda wygłoszone na Uniwersytecie w Cambridge, a opublikowane w 1949 roku pod tytułem *The Origins of Modern Science 1300 – 1800*, nie tylko obejmują okres Średniowiecza, ale oceniając dorobek autora *Systemu świata* Butterfield pisze: „the work of Duhem ...has been an important factor in the great change which has taken place in the attitude of historians of science to the Middle Ages”. Zob. H. Butterfield, *The Origins ...*, New ed., London G. Bell & Sons 1957, s. 15.

„Fiat Lux!” – czyli zabawy ze światłem

Grzegorz Karwasz

Instytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Grudziądzka 5/7, 87100 Toruń

Streszczenie: Przedstawiono filozofię działania, cele dydaktyczne i koncepcję organizacyjną interdyscyplinarnej wystawy interaktywnej z optyki „Fiat Lux! Od Witelona do tomografu optycznego. Zabawy ze światłem”. Wystawa łączy elementy fizyki interaktywnej, historii i filozofii nauki, sztuki i literatury a adresowana jest do szerokiej publiczności, w szczególności do młodzieży gimnazjalnej. Wystawę, zorganizowaną przy współpracy Instytutu Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu i Muzeum Okręgowego w Toruniu, w trakcie pięciu edycji, w Toruniu, Gdańsku, Olsztynie, Legnicy i Sosnowcu zwiedziło ponad 30 tys. widzów.

„Fiat Lux!” In other words playing with light

Abstract: We present the philosophical principles, the didactical goals, the organizing strategies for an interdisciplinary exhibition on optics “Fiat Lux! From Witelo to optical tomography. Playing with light”. The exhibition links elements of an interactive physics, the history and philosophy of science, the arts and literature, and is addressed to a broad public, mainly lower secondary school pupils. The exhibition has been organized by the Institute of Physics of the Nicolaus Copernicus University in Toruń and the Regional Museum in Toruń. Five editions, in Toruń, Gdańsk, Olsztyn, Legnica and Sosnowiec has gathered more than thirty thousand visitors.

I. Wprowadzenie

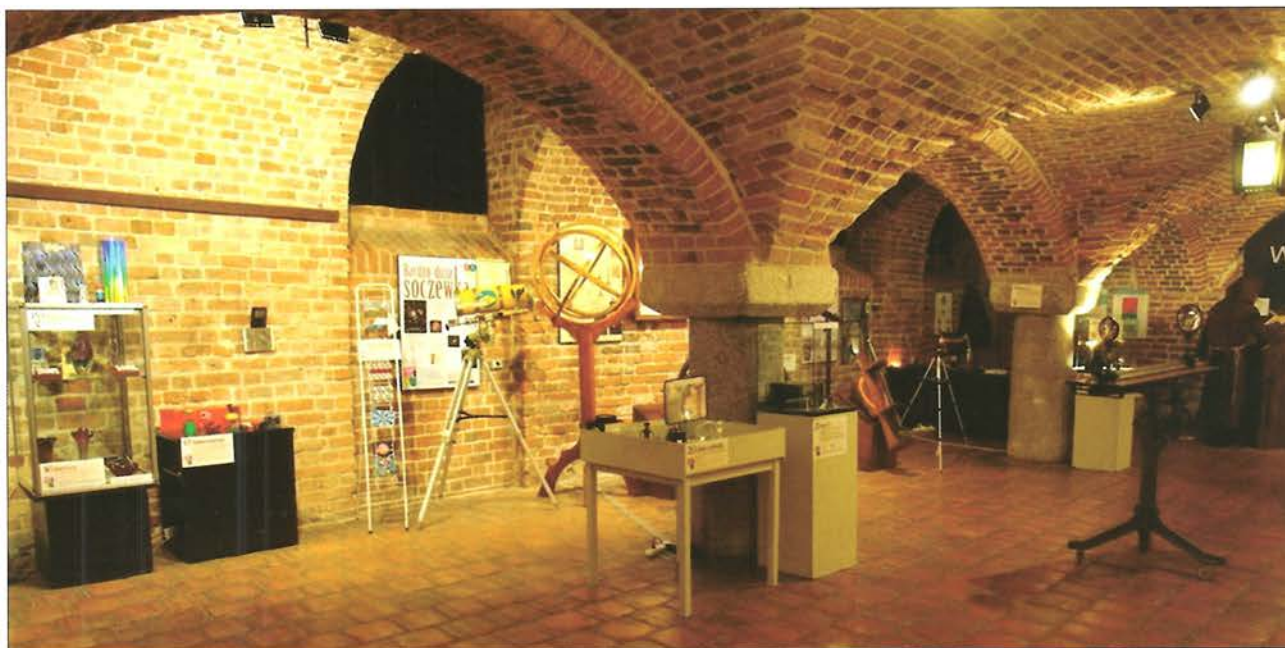
Mija ponad 10 lat od pierwszych wystaw interaktywnych „Fizyka zabawek” w Warszawie, Słupsku i Białymstoku [1]. Powstały już pierwsze stałe ekspozycje interaktywne, w Szczecinie „Eureka”, w Warszawie w Muzeum Nauki i Techniki, w Łodzi [2] a ostatnio w Centrum Hewelianum w Gdańsku. Centrum „Kopernik” w Warszawie, otwierające pierwsze wystawy w najbliższym czasie, korzysta z najlepszych wzorców zagranicznych. Czy można w tym „gęsto zaludnionym” terenie wystaw naukowych i eksploratoriów zaskoczyć widza czymś nowym?

II. Metodologia: Jak stworzyć wystawę?

Jak w interesujący sposób pokazać na przykład optykę, tak aby nie tylko zabawić ale przy okazji nauczyć? Można, oczywiście, ustawić soczewki i zwierciadła i pokazywać, jak powstaje obraz. Można też umieścić ciąg złudzeń optycznych i widza zadziwić. Sporo zadziwić, ale niewiele nauczyć – albo wystawa ludyczna, albo

dydaktyczna. Czy można te dwie funkcje wystaw pogodzić i ewentualnie wzbogacić?

Takie pytanie postawiliśmy sobie przy projektowaniu w 2007 roku wystawy „Fiat Lux! – Od Witelona do tomografu optycznego, czyli zabawy ze światłem”. Wystawa powstała w wyniku współpracy między Instytutem Fizyki UMK a Muzeum Okręgowym w Toruniu. Punktem wyjścia do tworzenia „Fiat Lux” były zbiory pochodzące z wystaw „Fizyka i zabawki” Uniwersytetu w Trydencie i Akademii Pomorskiej w Słupsku a opracowane dydaktycznie w ramach Projektu „Physics is Fun” [3]. W odróżnieniu od wcześniejszej wersji [4], obszerniejszej lecz słabszej dydaktycznie, dokonaliśmy w pracy [3] podziału optyki na działy: 1) prawo odbicia, cz.1. – zwierciadła płaskie, kalejdoskop, peryskop; 2) prawo odbicia, cz.2 – odbicia na warstwach granicznych, półprzepuszczalność, zwierciadła sferyczne; 3) prawo załamania – soczewki i półsoczewki [5], całkowite wewnętrzne odbicie; 4) kolory (składanie addytywne, subtraktywne, kolory złożone w kuli Swarovskiego)



Stosunkowo niewielka (100 m²) piwnica Ratusza Staromiejskiego w Toruniu stwarzała trudności w kierowaniu przepływem widzów. Na szczęście, nisze pod sklepieniami pozwoliły na podział zagadnień fizycznych: każda wyspa tematyczna zawierała rekwizyty interaktywne manualnie (na stołach), interaktywne wzrokiem (na słupkach) i plakaty na ścianach. W głębi po prawej Witelo a na pulpicie przed nim X tom „Perspektyw”.

i ultrafiolet; 5) dyfrakcja (plus podczerwień). Kolejnym etapem rozbudowywania tematyki były referaty na konferencjach krajowych i zagranicznych dotyczące, np. widzenia przestrzennego „Trójwymiarowy kozioł i kryształowa kula” [6] lub kolorów „Świat przez różowe okulary” [7] oraz artykuły dydaktyczne [5, 8], np. dotyczące półsoczewek (dioptrii), soczewek grubych lub soczewek w ośrodkach gęstszych niż powietrze. Ale ponownie pojawia się pytanie, jak przedstawić te dość trudne, nieznane na poziomie szkolnym zagadnienia bez z nudzenia widza.

W Toruniu, do tych wszystkich doświadczeń dodała się tematyka historyczna – sylwetka pierwszego znanego polskiego uczonego Witelona (1237- ~1300). Jego dzieło „Perspektywy” [9], zostało przetłumaczone z łaciny przez prof. Witolda Wróblewskiego przy współpracy z prof. Andrzejem Bielskim i doc. dr nauk med. Lechem Bieganowskim. „Perspektywy” to dzieło średniowieczne, diametralnie odbiegające choćby od tekstu Kopernika a przypominające konstrukcją jeszcze „Elementy” Euklidesa. Jak przetłumaczyć tak hermetyczny język na zabawy dla współczesnego gimnazjalisty? Jak pokazać jednocześnie, że optyka na Witelonie się zaczęła, ale nie skończyła?

Postać Witelona, w średniowiecznym habicie otwierała więc wystawę a tomograf optyczny do zastosowań okulistycznych stwo-

rzony przez prof. Andrzeja Kowalczyka i jego zespół na UMK, wystawę zamykał. Wystawa historyczno-fizyczna, artystyczno- interaktywna, techniczno- literacka! Funkcje, jakie miała spełnić „Fiat Lux” były więc trzy: 1) przeciętnego widza zabawić, 2) dla grupy szkolnej przeprowadzić lekcję, np. z optyki geometrycznej 3) tzw. konesera zafascynować sylwetką Witelona i osiągnięciami fizyków- optyków. Te trzy funkcje, dydaktyczna, ludyczna i naukowa, jak w syntezie kolorów z trzech podstawowych – wzajemnie się uzupełniają i zastępują.

III. Realizacja: Jak zaplanować wystawę?

Funkcje wystawy i dostępność eksponatów (organizacja wystawy odbyła się ze środków własnych IF UMK oraz Muzeum Okręgowego) określiły jednoznacznie formę i zakres przedsięwzięcia. W „Science Museum” w Londynie zabawy z soczewkami odbywają się na kilkumetrowej, kolorowej ławie optycznej, na stałe umieszczonej w „Energy pad”. W Toruniu użyliśmy ławy optycznej ze zbiorów pracowni pokazowej UMK. W „Cité de Sciences” w La Villette w Paryżu synteza kolorów odbywa się za pomocą dużych pryzmatów i lusterek na specjalnym stole a rurki Plücker’a są ukryte w oddzielnej szafie. Objaśniony charakter „Witelona” narzucił kameralny charakter eksponatów – są one większe niż w „Fizyce zabawek”, ale nadal przenośne.



Uśmiech kota bez kota – „hologram” wypalony silnym laserem w bryle szkła. Strzałka wskazuje widzowi kierunek patrzenia, zielona kropka – stopień trudności eksponatu.

I tak, część drobnych eksponatów (kalejdoskopy, bączki, soczewki) tworzyła interaktywne stoły, część delikatnych obiektów umieszczona została w postumentach pod szkłem a interaktywność polegała na kręceniu głową a nie eksponatem, wreszcie reprodukcje doświadczeń Witelona zajmowały dostojne, ale statyczne miejsce w części historycznej. Opisy zostały zminimalizowane a duża część dodatkowego materiału historycznego i biograficznego została przeniesiona na plakaty. Przedstawiają one dokonania Sommeringa, Witelona, konstrukcję tomografu, zjawiska optyczne w atmosferze, odkrycia historyczne Galileusza i współczesne, toruńskich astronomów.

Nie mogło zabraknąć Kopernika obok Keplera i jego lunety, stąd tytuł plakatu „Mędrca szkiełko i oko”, nawiązujący do fascynacji (?) Mickiewicza astronomią Sniadeckiego, niecały wiek po Newtonie. Jednym słowem: wy-

stawa interdyscyplinarna. Bo jak mówić o walce dobra ze złem w kolorach Goethego a nie pokazać obrazów impresjonistów?

Elementem łączącym dzieło Witelona z fizyką współczesną były wystawione bryły obiektów trójwymiarowych wypalanych wewnątrz prostopadłościanów ze szkła – popularnych ostatnio obiektów ze straganów targowych. Przedstawienie twarzy, wypalone w takim prostopadłościanie i ustawione stroną wklęsłą wydaje się wodzić wzrokiem za widzami. Podobnie, dla dzieci, „hologram” kotka – wodzi za nim nosem. Ale to nie kot! To negatyw kota! Uśmiech kota bez kota! Dziś nazwalibyśmy to złudzeniem optycznym. Witelona pisał inaczej: „kiedy wzrok widzi jakąś dostrzegalną dla zmysłów powierzchnię, natychmiast zdolność osądzająca duszy powie, że patrzący widzi bryłę, choćby wzrok nie dostrzegł rozciągłości ciała w głąb.” (Perspektywy IV, tw. 63) [9]. Trzy elementy tworzą więc swoistą ścieżkę dydaktyczną: 1) trójwymiarowy kozioł, jako wprowadzenie w zagadnienie i ilustrujący prawo załamania światła; 2) blok szklany z twarzą kobiety w negatywie, wprowadzający widza w zdziwienie (obraz zdaje się wodzić oczyma za widzami) 3) wyjaśnienie Witelona pochodzące sprzed 700 lat i nie używające pojęcia „złudzenie optyczne” ale „zdolność osądzająca duszy”.

IV. Oceny: Jak cię widzą, tak cię piszą

Oceny zwiedzających, spontanicznie wpisywane do dziennika wystawy stanowią jej niezależną recenzję. Spośród ponad 50 stron wpisów wybraliśmy przede wszystkim te, które zdradzają niewyrobioną rękę dziecka lub komentarze rodziców.

„- Jestem uczniem 5 klasy i uważam że wystawa



„Impresje świetlne” [11] w Gdańsku – sowa w kostce Swarovskiego z Pragi, kula z Wenecji, wyżej – odbicie selektywnego filtra dyfrakcyjnego a w głębi organizatorzy.



Instruktaż przed otwarciem wystawy w Olsztynie. Na pierwszym planie zabawowy model lunety; na ścianie wierna rekonstrukcja „lufy ocznej” (canocchiale) Galileusza. Plakat wyjaśniający działanie lunet opowiada też o Koperniku; plakat o Galileuszu pokazuje współczesne zdjęcia „planet medyceuszowych” oraz trajektorie innych satelitów Jowisza.

jest bardzo fajna najbardziej podobało mi się to że można było dotykać eksponaty”

„- Karolina Matulewicz 01.07.08 r. Super”

„- Po zwiedzeniu górnych kondygnacji ze sztuką i malarstwem – syn był zadowolony, ale nieco zmęczony. Kiedy zszedł na dół i zagłębił się w ‘królestwo iluzji’ ożywił się i był oczarowany



„Zabawy z kolorami” z jednej strony stanowiły część ścieżki dydaktycznej o kolorach podstawowych w emisji i absorpcji, z drugiej strony stanowiły dla dzieci „przystanek” zabawowy, gdzie funkcja dydaktyczna i poznawcza ustępowały miejsca rozrywce. Lasery diodowe i filtry z USA, bączki z Włoch; opisy zredukowane do minimum.

ciekawostkami. Dziękujemy za ciekawą i pouczającą wystawę jak zainteresować i ożywić naukę dzieci – nawet na wakacjach. Mama z 11-letnim Maksymilianem”

„- Moje dzieci były zachwycone wystawą, wspomniały pomysł”.

„- Mieszkam w Irlandii tutaj jest Super! Oliwia”

„- Super sprawa, nasza Anusia bawiła się godzinami poznając spektrum zastosowania naiwności ludzkiej poprzez odbiór sercem. Dało to nam dowód, iż świat należy odbierać sercem.”

„- Supcio wystawa!!! Tyle jest ciekawych rzeczy, o których dotychczas nie miałam pojęcia. COOL! Aśka 12 lat”

Wpisy dorosłych ogólnie też były bardzo pozytywne, ale wyraźnie odwołujące się do istniejącego u odbiorcy doświadczenia.

„- Doskonała wystawa, przypominała mi okres nauki i nadzwyczajne doznania przy doświadczeniach prowadzonych na lekcjach fizyki i chemii. Dziękuję!”

„- Wierzę w „cuda na kiju!”

Jeszcze inne były wpisy obcojęzyczne, również bardzo pochlebne i zdradzające znaczne obycie z wystawami.

„- This is brilliant. Thank you for your thorough explanations. David, London”.

„- I have seen better but other than that it was really good”

Najkrótszą recenzję wyraził jednak prosty mężczyzna, przypuszczalnie bezrobotny, przypadkowo zwiedzający wystawę:

„- Panie! Jakie to ciekawe! Aż się w oczach kręci!”

V. Podziękowania

Wystawa Witelona jest skomplikowana, nie tylko dla widza, ale i dla twórców. Już od pierwszej edycji zaczęła żyć własnym życiem, a raczej ideami jej kolejnych gospodarzy. W Toruniu, gotycki mrok średniowiecznej piwnicy Ratusza pozwalał na grę kolorowymi cieniami, w Centrum „Hewelianum” południowe światło koszar schronowych świeciło odbłaskami w piramidach Swarovskiego [10], w Olsztynie cztery piętra Obserwatorium Astronomicznego i kręte schody między nimi stworzyły mozolnie ścieżkę historyczną, w Legnicy nad wystawą czuwał witraż „Witelona”, w Sosnowcu niebiesko-karminowe wazony ze szkła ekscytonowego współgrały z wystawą szkła artystycznego.

Zasadniczy wkład w wyjaśnienie optyki (i fizjologii oka) w dziele Witelona mają

prof. A. Bielski i doc. L. Bieganowski. Ten ostatni jest również wybitnym znawcą historii okularów. Rekonstrukcje lunet udostępniło Muzeum w Kaliszu, aparaty fotograficzne pochodzą ze zbiorów prywatnych a eksponaty interaktywne pochodzą z wystaw sklepowych w różnych częściach świata. Tomograf optyczny jest dziełem grupy badawczej pod kierunkiem prof. A. Kowalczyka. Wystawa zaproponowana i opracowana koncepcyjnie przez autora (a część historyczna przez mgr M. Kłosińskiego) powstała przy zaangażowaniu osobistym dyrektora IF UMK prof. W. Jaskólskiego i dyrektora Muzeum Okręgowego w Toruniu dr M. Rubnikowicza. Kuratorami wystawy w Toruniu byli ze strony UMK – autor, ze strony Muzeum Okręgowego – mgr M. Kłosiński. Szczególne podziękowania za wkład w przygotowanie wystawy i obsługę dla mgr M. Karwasz oraz magistrantów UMK, G. Drązkowskiej i M. Gęsickiego. Kuratorami kolejnych edycji byli: w „Hewelium” w Gdańsku mgr P. Miszta a gospodarzem dyr. P. Guzow, w Planetarium w Olsztynie mgr M. Gęsicki i mgr Lidia Kosiorek a gospodarzem dr. J. Szubiakowski, w Muzeum Miedzi w Legnicy dr K. Rochowicz i mgr T. Stolarczyk (archeolog) a gospodarzem dyr. A. Niedzielenko; w Sosnowcu mgr Joanna Krzysztofik (mgr sztuk pięknych) a gospodarzem dyr. Z. Studencki. Wystawę w ciągu dwóch lat zwiedziło kilkadziesiąt tysięcy widzów, w większości młodzieży, w dużej części gimnazjalnej. Bardziej techniczny opis wystawy zawiera praca [11] a materiały internetowe z poszczególnych edycji zostały opracowane przez mgr K. Służewskiego [12].

Kolejne edycje „Fiat Lux!” są planowane w Białymstoku, Grudziądzu i Lublinie.

P.S. Na otwarciu wystawy w Legnicy, współautorem stał się też trzyletni chłopiec, który na pytanie, co widzi w kawałku szkła z portretem „hologramem” w środku, odpowiedział „pani..., ta Pani”. Umysł ludzki przewyższa to, co się śniło nawet takim filozofom jak Witelo!

Bibliografia

- [1] G. Karwasz, „Czy świat kręci się w prawo? Fizyka i zabawki”, XXXV Zjazd Fizyków Polskich, 20.09.1999 Białystok, Postępy Fizyki, 51 (2000) Zeszyt dodatkowy, str. 97 http://www.fizyka.umk.pl/~karwasz/publikacje/2000_Fizyka_i_zabawki.pdf

- [2] St. Bednarek, „Eksploratoria fizyczne w Polsce”, Postępy Fizyki 58 (2007) str. 257
- [3] „Physics and Toys”, praca zbiorowa pod red. G. Karwasza, CD-ROM, „Soliton” Muzyka i Edukacja, Sopot 2006, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/>
- [4] G. Karwasz i in. „Fizyka zabawek”, CD-ROM, Pomorska Akademia Pedagogiczna, Słupsk, 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/>
- [5] G. Karwasz i M. Brozis, „Soczewki grubasy”, Foton 86 (Jesień 2004), <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/soczewkigrubasy.html>
- [6] G. Karwasz, A. Krzysztofowicz, Ł. Kruczek, „Pink Glasses”, 3rd International GIREP Seminar, Ljubljana, 6-9.09. 2005, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/posters/gir-pink.ppt
- [7] T. Wróblewski, K. Szerement, G. Karwasz, „Trójwymiarowy kozioł i kryształowa kula”, XXXVIII Zjazd PTF, 10-16.09.2005, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/posters/koziol6.ppt
- [8] G. Karwasz, T. Wróblewski, „Doświadczenie po deserze. Okulary dla pletwonurka”, Foton 89 (Lato 2005) str. 43
- [9] Studia Copernicana, „Witelona Perspektywy”, Księga IV, Przekład na język polski ze wstępem i komentarzami, Przekład z języka łacińskiego W. Wróblewski Wstęp, opracowanie przekładu i komentarz L. Bieganowski, A. Bielski, W. Wróblewski, Wydawnictwo Instytutu Historii PAN, Warszawa 1999
- [10] M. Karwasz „Fiat Lux” w Gdańsku – impresje świetlne, zbiór foto, UMK Toruń 2008 http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/33
- [11] G. Karwasz, „Edukacja interaktywna. Wystawa z optyki „Od Witelona do tomografu optycznego”, Nauczanie Przedmiotów Przyrodniczych, 3/2009, 2009, 20 http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2009/22.pdf
- [12] K. Służewski, „Interaktywna wystawa Fiat Lux! – od Witelona do tomografu optycznego”, materiały internetowe, UMK Toruń, 2008, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX/html/

Narczyz Piślewski (1938 - 2010)

Jadwiga Tritt-Goc

Środowiskowe Laboratorium Badań Radiospektroskopowych IFM PAN w Poznaniu



Z głębokim smutkiem, 11 stycznia 2010 roku, przyjęliśmy wiadomość o śmierci prof. dr hab. Narcyza Piślewskiego. Odejście Profesora, to wielka strata nie tylko dla Jego najbliższych, przyjaciół i znajomych, ale także dla całego środowiska naukowego fizyków a w szczególności radiospektroskopii. Profesor był wybitnym fizykiem, doskonałym organizatorem nauki a przede wszystkim człowiekiem pełnym poświęcenia, pracowitości, życzliwości i dobrego serca.

Narczyz Piślewski urodził się 13 października 1938 roku w Krzywiniu. Tam też uczęszczał do szkoły podstawowej. W 1952 roku rozpoczął naukę w I Liceum Ogólnokształcącym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Świadectwo dojrzałości otrzymał w 1956 roku. W latach 1956 – 1961 studiował fizykę na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Pracę magis-

terską wykonywał pod kierunkiem dr Jana Stankowskiego w Katedrze Fizyki Doświadczalnej kierowanej przez prof. Arkadiusza Piekare. Swoją karierę naukową rozpoczął w 1961 roku od stanowiska asystenta w Zakładzie Dielektryków Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk. W 1962 roku obronił pracę doktorską na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii UAM. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych rozpoczął organizację Pracowni Jądrowego Rezonansu Magnetycznego w Zakładzie Dielektryków IF PAN a od 1972 roku został kierownikiem Środowiskowego Laboratorium Badań Radiospektroskopowych (ŚLBR) IF PAN (od roku 1975 roku Instytutu Fizyki Molekularnej PAN) w Poznaniu. Funkcję tę pełnił nieprzerwanie do roku 2006. W 1979 roku uzyskał stopień doktora habilitowanego a w 1988 tytuł profesora nauk fizycznych. Od tego czasu pracował na etacie profesora w IFM PAN. Działalność naukowa profesora koncentrowała się na badaniach dynamiki molekularnej i przebiegów fazowych w nowych materiałach dielektrycznych, polikryształach i monokryształach, badanych metodami magnetycznego rezonansu jądrowego. Profesor był pierwszym w Poznaniu, który wykorzystał metodę rezonansu magnetycznego do badań tkanek ludzkich zmienionych nowotworowo. Te badania kontynuował potem przy użyciu tomografu magnetycznego rezonansu jądrowego, który z jego inicjatywy zakupiono do IFM PAN w 1998 roku. Profesor współpracował z wieloma ośrodkami naukowymi w kraju i zagranicą. Najowocniejsza była współpraca z prof. Ulrichem Haeblerlenem z Instytutu Maxa-Plancka w Heidelbergu i z prof. Fanny Milią z Instytutu Demokritos w Atenach. Współpraca ta zaowocowała wprowadzeniem w ŚLBR w Poznaniu badań dynamiki molekularnej wody i nowego, metastabilnego stanu molekularnego w monokryształach soli sodowej kwasu nitropruskiego oraz materiałów porowatych opartych na cementach.

Dorobek naukowy profesora Narcyza Piślewskiego stanowi przeszło 100 publikacji nau-

kowych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym oraz prawie 360 komunikatów konferencyjnych. Profesor był organizatorem licznych konferencji naukowych, kierownikiem projektów badawczych krajowych i zagranicznych. Przez wiele lat pełnił funkcję dyrektora IFM PAN w Poznaniu, w latach 1981-1991 dyrektora ds. technicznych i administracyjnych a w latach 1998-2006 dyrektora Instytutu. Był wychowawcą wielu młodych fizyków prowadząc wykłady na Politechnice Poznańskiej, będąc opiekunem licznych prac magisterskich i promotorem kilkunastu prac doktorskich.

W latach 1990-1994 roku został wybrany do Rady Miejskiej Poznania a w latach 1990-1998 był również członkiem Kapituły Nagrody Naukowej Miasta Poznania. Profesor Narcyz Piślewski od 1961 roku był również członkiem Poznańskiego Oddziału PTF i przez wiele lat należał do jego zarządu.

Profesor Narcyz Piślewski, pomimo licznych funkcji, jakie sprawował, dla nas, pracowników Środowiskowego Laboratorium Badań Radiospektroskopowych, był przede wszystkim naszym Szefem. Przez długie lata akceptował wszystkie nasze pomysły naukowe a potem po-

magał w ich realizacji, dzieląc się swoją wiedzą i doświadczeniem. Zabiegał o pozyskiwanie środków naukowych na zakup nowej aparatury. Najnowszy spektrometr NMR firmy Stelar, do pomiaru czasów relaksacji w funkcji pola magnetycznego, zainstalowany w naszym Instytucie w grudniu 2009 roku, Profesor oglądał już tylko na zdjęciu. Profesor zawsze uczestniczył w życiu Zakładu: pomagał w naprawach spektrometrów NMR, organizacji pracowni, kibicował nam w staraniu się o granty i stypendia, chętnie uczestniczył w spotkaniach świątecznych. Był naszym Szefem, ale także starszym Kolegą i Przyjacielem. Doskonałym kompanem wyjazdów zagranicznych, długich, wieczornych rozmów, górskich wycieczek i wypraw wodnych. Zawsze ciekawy świata i poznawania nowego. Życzliwie nastawiony do wszystkich i wszystkiego. Profesor po prostu kochał ludzi. Nasze problemy były zawsze ważniejsze od Jego spraw i dlatego swój czas chętnie poświęcał innym. Był wspaiałym człowiekiem.

Profesor Narcyz Piślewski, dla wielu spośród nas po prostu Narcyz, odszedł. Jednak zawsze pozostanie w naszej wdzięcznej pamięci i w sercu każdego z nas.

Jan Stankowski (01.01.1934-04.09.2009)

W rocznicę śmierci

Lidia Piekara-Sady, Stefan Wapłak

Instytut Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu

„Rozmawia pani z człowiekiem, który miał szczęśliwe życie. Z fizykiem szczęśliwym...” Tak rozpoczął Profesor Jan Stankowski rozmowę z dziennikarką Gazety Wyborczej w 2005 roku, przeprowadzoną w 30-lecie Instytutu Fizyki Molekularnej PAN. Nie było w tym nic kokieterii. Profesor był szczęśliwym człowiekiem.

Profesor ukończył szkołę podstawową w 1947 roku we Wschowie. Naukę we wschowskim liceum przerwał, pragnąc zostać, jak jego Ojciec, zegarmistrzem. Dzięki siostrze Halinie wrócił do nauki i wkrótce zaczął być fizykiem eksperymentalnym, zainspirowany książeczką

„Dzieje świecy” Michała Faradaya oraz książkami Arkadiusz Piekary „Fizyka stwarza nową epokę” oraz „Elektryczność i budowa materii”. Wkrótce został laureatem I Olimpiady Fizycznej. Po magisterium (1956) i doktoracie (1960) na Wydziale Fizyki UAM (promotorem był Arkadiusz Piekara) kariera naukowa Profesora potoczyła się bardzo szybko. Już w 1979 roku został członkiem korespondentem, a w 1998 – członkiem rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk.

Początki działalności naukowej Profesora to badania ferroelektryków. Włączenie się w nurt na światowym poziomie wymagało kon-

strukcji własnej aparatury. I tak do badań ferroelektryków domieszkowanych jonami paramagnetycznymi został zbudowany jeden z pierwszych w Polsce spektrometr EPR. Profesor zainicjował zastosowanie wysokich ciśnień, zarówno w spektroskopiach, jak i badaniach dielektrycznych. Badania wysokociśnieniowe EPR i NQR m.in. doprowadziły do wykrycia nowych faz w kryształach z kompleksami sześciomianowymi. Wybitnym osiągnięciem była konstrukcja masera amoniakalnego. Spektroskopia rozwijała się, a tymczasem Profesora zainteresowała kriogenika.

Oprócz tak znacznych dokonań naukowych Profesor ma bardzo istotne osiągnięcia organizacyjne. Jest współzałożycielem i pierwszym dyrektorem Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu. Z jego inicjatywy powstał przy IFM PAN zakład konstrukcyjny spektrometrów EPR RADIOPAN, sprzedawanych w Polsce i za granicą. Trudno wliczyć wszystkie osiągnięcia, członkostwa w wielu komitetach redakcyjnych międzynarodowych czasopism naukowych

i otrzymane odznaczenia. Warto wspomnieć, że Profesor Stankowski organizował co dwa lata międzynarodowe konferencje RAMiS, na które dzięki autorytetowi Profesora przyjeżdżali do Poznania fizycy światowej sławy (wśród nich laureat Nagrody Nobla, Alex Müller).

Profesor, zafascynowany kriogeniką, w 1977 roku utworzył Zakład Niskich Temperatur na terenie Zakładu Odgazowania Gazu Ziarnowego (obecnie PGNiG) w Odolanowie (130 km od Poznania). Dzięki temu pracownia na terenie zakładu dostawała wtedy niezwykle drogi ciekły hel za darmo. Profesor przez wiele lat kierował działalnością tego zakładu. Wśród wielu osiągnięć należy wymienić badania dielektryczne ciekłego helu, które pozwoliły wyznaczyć polaryzowalność elektryczną ^4He w zakresie od 4.2K do 1.4K. Zainicjowane też zostały badania dielektryczne szkieł protonowych. Po odkryciu nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego Profesor jako jeden z pierwszych zaobserwował zjawisko Magnetycznie Modulowanej Absorpcji Mikrofalowej,



Profesor Jan Stankowski na Wydziale Fizyki UAM, 28.05.2009 w czasie uroczystości nadania audytorium imienia Arkadiusza Piekary



„Lato z Helem” 2007 „Nanostruktury”. Profesor prowadził wykład zawsze z demonstracjami!

zastosowanej później do badania domieszkowania fullerenów i w badaniach gigantycznego magnetooporu. Zawsze interesowały go nowe tematyki badawcze w fizyce światowej, które natychmiast podejmował i rozwijał.

Fizyka była dla Profesora pasją i lubił dzielić tę pasję z młodymi adeptami fizyki. I tak powstały odbywające się każdego roku Warsztaty Naukowe

„Lato z Helem” w Odolanowie. Biorą w nim udział uczniowie szkół średnich i studenci, z których wielu zostało dobrymi fizykami. W trakcie Warsztatów codziennie rano zaproszony gość wybitny fizyk wygłasza wykład. Aby odbiec od konwencji konferencji, wykładowca ma czas aż do obiadu. Wykłady są trudne, aby nie pokazywać fizyki w uproszczonej postaci. Po obiedzie zaś młodzież wykonuje w pracowni eksperymenty pod okiem kadry naukowej. Ostatnie jubileuszowe XXV „Lato z Helem” odbyło się już bez obecności Profesora /www.ifmpan.poznan.pl/latozhelem. Te wyjątkowe Warsztaty Naukowe dla uzdolnionej młodzieży są nadal organizowane przez doc. dra hab. Zbigniewa Trybułę, kierownika Zakładu Niskich Temperatur i mgr Małgorzatę Trybułę.

Profesor był pasjonatem fizyki, uprawiania jej i popularyzowania. Obdarzony był niezwykłą intuicją badawczą i charyzmatyczną osobowością. Straciliśmy wybitnego, wszechstronnego fizyka, który wypromował 30 doktorów, napisał ponad 300 prac i kilka podręczników. Był Mistrzem, który zarażał swoją pasją i inspirował.



„Lato z Helem” 2007: Profesor z zaproszonym wykładowcą i kadrą; od lewej: doc.dr hab. Wojciech Kempirski, dr Szymon Łoś, Prof.dr hab. Jan Stankowski, Prof.dr hab. Józef Barnaś (UAM i IFM PAN) – zaproszony wykładowca, mgr Małgorzata Trybuła, doc.dr hab. Zbigniew Trybuła, doc.dr hab. Lidia Piekara-Sady

Alexei Norairowicz Sissakian (1944-2010)

Mieczysław Budzyński,

Instytut Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin

Adam Sobiczewski, Ryszard Sosnowski

Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana, Warszawa



Dnia 1 maja 2010 r. zmarł nagle, podczas urlopu na Cyprze, prof. A.N. Sissakian, dyrektor Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych (ZIBJ) w Dubnej, członek zwyczajny Rosyjskiej Akademii Nauk oraz członek jej Prezydium.

Profesor Sissakian urodził się 14 października 1944 r. w Moskwie. W roku 1968 ukończył Wydział Fizyki Uniwersytetu Moskiewskiego im. Łomonosowa i rozpoczął pracę w Laboratorium Fizyki Teoretycznej ZIBJ pod kierunkiem akademika N.N. Bogolubowa. Jego główne zaintereso-

owania to fizyka cząstek elementarnych, metody przybliżone rozwiązywania problemów kwantowej teorii pola, kwantyzacja układów fizycznych o nietrywialnej geometrii oraz fizyka silnych oddziaływań w układach o dużej gęstości i przy wysokiej temperaturze.

Jako dyrektor ZIBJ, był bardzo zaangażowany w rozwój Instytutu. Podjął starania, by Dubna stała się jednym z głównych centrów fizyki jądrowej na świecie. Bardzo dbał o rozbudowę jej infrastruktury badawczej, o żywą współpracę z najlepszymi ośrodkami świata,

w szczególności o bardzo bliską współpracę z CERN-em. Zabiegał o nowe kraje członkowskie ZIBJ, odwiedzał różne kraje oraz zapraszał ich delegacje do odwiedzenia Dubnej, by pokazać jej naukową atrakcyjność. W wyniku tej działalności ZIBJ rozwinął współpracę z wieloma nowymi krajami.

Szczególne jego troską było zapewnienie Instytutowi nowej, młodej kadry pracowników naukowych. Temu celowi była poświęcona działalność Uniwersytetu w Dubnej oraz organizacja w Dubnej wielu wizyt, praktyk i szkół dla młodzieży z całej Federacji Rosyjskiej oraz z krajów członkowskich ZIBJ. Znaczącą grupę wśród młodzieży przyjeżdżającej do Dubnej stanowili studenci i uczniowie z Polski.

Dbał także o działalność wydawniczą Instytutu. Był redaktorem naczelnym czasopisma *Physics of Particles and Nuclei, Letters* oraz zastępcą redaktora naczelnego czasopisma przeglądowego *Physics of Particles and Nuclei*.

Żywo interesował się udziałem Polski, jednego z krajów założycielskich ZIBJ, w działalności Instytutu. Kilkakrotnie odwiedzał nasz kraj (Kraków, Poznań, Warszawę) i zapoznawał się z prowadzonymi u nas badaniami.

Poza działalnością naukową, zajmował się także poezją. Wydał parę zbiorów swych wierszy, które spotkały się z żywym zainteresowaniem czytelników.

Profesor Sissakian był laureatem wielu rosyjskich i międzynarodowych nagród i wyróżnień.

IX Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych Fizyków

Jakub Spiechowicz, Katarzyna Bartuś

Koło Naukowe Fizyków, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Katowice

Streszczenie: Prezentujemy artykuł-sprawozdanie z IX Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych Fizyków, która odbyła się w dniach 22-25 kwietnia br. w Brennej. Organizacja konferencji jest wieloletnią tradycją Studenckiego Koła Naukowego Fizyków Uniwersytetu Śląskiego.

IX Polish Nationwide Conference of Scientific Circles of Physics Students

Abstract: We present a report from IX Polish Nationwide Conference of Scientific Circles of Physics Students which was held on 22-25 April 2010 in Brenna, Poland. The organization of the conference is the longstanding tradition of the Scientific Circle of Physics Students of the University of Silesia.

W dniach 22-25 kwietnia 2010 r. w Brennej odbyła się IX Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych Fizyków „Piknik Naukowy 2010”. Organizacja konferencji jest wieloletnią tradycją Studenckiego Koła Naukowego Fizyków działającego w Instytucie Fizyki im. Augusta Chełkowskiego Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Dotychczas wzięło w niej udział blisko 700 studentów reprezentujących 31 polskich uczelni.

Podczas kilku sesji wykładowych poświęconych zagadnieniom fizyki teoretycznej, doświadczalnej, stosowanej (biofizyki, fizyki medycznej, geofizyki etc.) oraz jej metodom matematycznym i komputerowym uczestnicy konferencji wygłaszali seminaria, które stwarzały im możliwość prezentacji dorobku naukowego i zainteresowań. Tradycyjnym elementem była również sesja posterowa. Nie sposób zapomnieć o wybitnych przedstawicielach polskiej fizyki, którzy i w tym roku przyjęli zaproszenia, aby wspólnie zgłębiać tajemnice tej fascynującej nauki. Celem konferencji jest przede wszystkim możliwość poznania osiągnięć Kół Naukowych z całego kraju i poszerzenie swoich horyzontów myślowych.

Honorowy patronat nad tegoroczną edycją pikniku objęli:

1. Pan prof. zw. dr hab. Wiesław Andrzej Kamiński – Prezes Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Fizycznego,
2. Pan prof. dr hab. Krystian Roleder – Dyrektor Instytutu Fizyki im. Augusta Chełkowskiego Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach,
3. Pani Iwona Szarek – Wójt gminy Brenna.

Sponsorami i partnerami IX OKKNF byli:

1. Uniwersytet Śląski w Katowicach,
2. Kompania Węglowa S.A.,
3. Polskie Towarzystwo Fizyczne,
4. Agencja reklamowa & studio graficzne Euroart.

Konferencja rozpoczęła się uroczystością inauguracyjną, którą zapoczątkowało powitanie wszystkich przybyłych gości przez Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego Jakuba Spiechowicza. Uczynił on mottem sympozjum słowa Georga Christopha Lichtenberga „przede wszystkim rozszerzanie granic nauki, bez tego wszystko jest daremne”. Następnie głos zabrał Dyrektor Instytutu Fizyki UŚ prof. dr hab. Krystian Roleder, który zwrócił uwagę na szczególnie szeroką problematykę wykładów tegorocznej konferencji. Słowo powitalne wygłosiła również Wójt gminy Brenna Pani Iwona Szarek. W tym roku po raz pierwszy zaplano-

wano dwa wykłady inauguracyjne, jeden z zakresu fizyki teoretycznej i drugi dotyczący problemów fizyki doświadczalnej.

Autor pierwszego z nich dr hab. Marcin Kostur, prof. UŚ (Zakład Fizyki Teoretycznej, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski) w swoim wystąpieniu pt. „Czy fizyk może liczyć na CUDA?” przedstawił rolę procesorów graficznych najnowszej generacji (NVIDIA G200) w badaniach naukowych. Dzięki zastosowaniu opracowanej przez firmę NVIDIA, równoległej architektury obliczeniowej CUDA, wykorzystującej moc układów graficznych, możliwa jest nawet tysiąc-krotna akceleracja obliczeń naukowych. Jedną z najbardziej wymagających pod tym kątem dziedzin fizyki jest komputerowa dynamika płynów.

Prof. Marcin Kostur wspólnie z Panem Michałem Januszewskim, członkiem Koła Naukowego Fizyków Uniwersytetu Śląskiego stworzył otwarte oprogramowanie Sailfish, dające możliwość zapoznania się z potęgą współczesnych GPU.

Drugim mówcą był prof. dr hab. Krystian Roleder (Zakład Fizyki Doświadczalnej, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski). Celem wykładu pt.

„Jeśli kochać, to tylko spontanicznie” było przedstawienie efektu tzw. polaryzacji spontanicznej występującej w ferroelektrykach. Była również mowa o technologii otrzymywania materiałów ferroelektrycznych, badaniu ich właściwości strukturalnych, sprężystych, cieplnych, dielektrycznych, piroelektrycznych, elektrostrycyjnych i optycznych w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Autor wykładu wskazał na liczne zastosowania ferroelektryków. Nie należy zapominać, że właśnie dzięki silnemu zjawisku piezoelektrycznemu w ferroelektrycznej ceramice $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ możliwe było skonstruowanie mikroskopu sił atomowych, który otworzył przed nami świat nanotechnologii. Po zakończeniu drugiego wykładu inauguracyjnego odbyła się uroczysta kolacja.

Łącznie podczas trwania konferencji odbyło się pięć sesji wykładowych, w których ogłoszono 36 referatów i zaprezentowano 18 plakatów. Oczywiście nie sposób w ramach jednego artykułu przybliżyć Czytelnikowi ich wszystkich, dlatego poniżej przedstawiano subiektywny wybór najciekawszych zdaniem organizatorów wystąpień.



Studenci słuchają wykładu swojego kolegi.



Wykład prowadzi prof. dr hab. Krystian Roleder.

1. „Kwantowe błędzenia losowe”, Marcin Kotowski (Uniwersytet Warszawski) – autor przedstawił kwantowe błędzenia losowe (QRW - quantum random walks) jako analog klasycznych błędzeń losowych lub łańcuchów Markowa. W swoim wykładzie zaproponował sposoby wykorzystania QRW do konstruowania bardziej wydajnych algorytmów kwantowych oraz wskazał na różnicę we własnościach dynamicznych między klasycznym i kwantowym błędzeniem losowym.
2. „O tym, jak fizyk symulant bawi się prądem”, Wojciech Ganczarek (Uniwersytet Jagielloński) – w wystąpieniu zostały przedstawione wybrane metody modelowania przewodnictwa układów złożonych. Autor wykładu szczegółowo omówił przewodnictwo zwilżonej krzemionki koloidalnej podczas osuszania. Zwilżona krzemionka jest układem, w którym można wyróżnić trzy typy przewodnictwa: (i) przewodnictwo wody niezwiązanej (medium), (ii) przewodnictwo wody związanej (na i przy powierzchni ziaren krzemionki) oraz (iii) przewodnictwo na wskroś ziaren. Dzięki takiej charakterystyce opisany system może służyć jako model przewodnictwa ko-
3. „Kosmologia i superstruny”, dr Paweł Gusin (Zakład Fizyki Kryształów, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski) – autor wykładu rozpoczął od wskazania ograniczeń teorii Wielkiego Wybuchu, powszechnie przyjętej hipotezy powstania Wszechświata. Jednym z nich jest istnienie osobliwości w chwili początkowej, a drugim konieczność wprowadzenia inflacji, czyli wykładniczej ekspansji w bardzo wczesnym etapie ewolucji. Natura osobliwości jest nieznana i jest konsekwencją braku teorii kwantowej grawitacji. Z połączeniem mechaniki kwantowej i teorii grawitacji jest związany również problem stałej kosmologicznej wyrażającej energię próżni. Wartość obserwowana, wyznaczana na podstawie tempa ekspansji Wszechświata oraz wartość obliczona teoretycznie na podstawie kwantowej teorii pola różnią się o 60 rzędów wielkości, co jest największą rozbieżnością w fizyce! Dr Gusin przedstawił podstawowe

założenia teorii superstrun oraz propozycje rozwiązania wyżej wymienionych problemów w ramach tej teorii. Wyraził nadzieję, że niektóre przewidywania teorii superstrun zostaną zweryfikowane w eksperymentach prowadzonych w LHC.

4. „Nadrozdzielczość i przezroczystość wielowarstw srebrno-dielektrycznych”, mgr inż. Anna Pastuszczak (Uniwersytet Warszawski) – zmieniając geometrię wielowarstwy srebrno-dielektrycznej (grubości warstw, rodzaj dielektryka) można kontrolować jej własności. W szczególności można otrzymać struktury o dużej przezroczystości, kilka rzędów wielkości większej niż przezroczystość zawartego w nich srebra. Z drugiej strony dzięki ujemnemu załamaniu światła na granicach warstw srebrno-dielektrycznych, światło propaguje wewnątrz struktury w postaci wąskiego modu o szerokości połówkowej znacznie mniejszej od długości fali. Pozwala to na obrazowanie przedmiotów z rozdzielczością znacznie lepszą niż klasyczne ograniczenia dyfrakcyjne. W wykładzie autorka wyjaśniła problem optymalizacji struktur zawierających różne materiały dielektryczne celem uzyskania bardzo wysokiej rozdzielczości i transmisji.
5. „Funkcje Wignera”, Paweł Barbarski (Uniwersytet Gdański) – autor wykładu zaprezentował jedno z alternatywnych podejść do mechaniki kwantowej. Opiera się ono na koncepcji funkcji Wignera i transformacji Weyla. Polega na próbie przeniesienia pojęcia przestrzeni fazowej na przypadek kwantowy, czyli zastąpienia trajektorii w tej przestrzeni przez tzw. kwazirozkłady prawdopodobieństwa.
6. „Spowalnicz zeemanowski atomów 87Rb ”, Marcin Piotrowski (Uniwersytet Mikołaja Kopernika) – w grupie kondensatu Bosego-Einsteina w Krajowym Laboratorium FAMO (Krajowe Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej) powstaje nowy układ eksperymentalny do wytwarzania zimnych cząsteczek rtęci i rubidu. W trakcie wystąpienia autor omówił metodę zeemanowskiego spowalniania atomów, a także opisał budowę układu eksperymentalnego do spowalniania wiązki atomów 87Rb .

Subiektywny wybór wystąpień dowodzi różnorodności tematyki referatów wygłaszanych

przez uczestników. W istocie, każdy ze studentów mógł znaleźć coś dla siebie. To ogromna zaleta Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych Fizyków. W każdej z minionych edycji organizatorzy dokładali wszelkich starań, aby nie odmawiać nikomu prawa do dzielenia się swoimi zainteresowaniami badawczymi z innymi uczestnikami konferencji. Być może nie wszystkie z referatów są na jednakowo wysokim poziomie, ale dzięki temu w konferencji chętnie uczestniczą także słuchacze pierwszych lat studiów fizycznych. Trzeba pamiętać o wybitnych przedstawicielach polskiej fizyki, którzy corocznie przyjmują zaproszenia, aby wspólnie zgłębiać tajemnice tej fascynującej nauki. Prócz walorów czysto naukowych, nie mniej istotnym celem, który stawiają sobie organizatorzy jest stworzenie platformy wymiany myśli pomiędzy młodymi adeptami fizyki. Konferencja stanowi doskonałą okazję do nawiązania bliższej znajomości pomiędzy jej uczestnikami i pracownikami naukowymi. W historii pikniku znane są przypadki zawiązania poważnej współpracy naukowej. Wreszcie, trudno przecenić wysmienitą szansę do odpoczynku od zgiełku, stresu i hałasu wielkich miast akademickich oraz zapoznania się z urokami pięknego krajobrazu górskiego Beskidu Śląskiego. Prawdopodobnie wszystkie te czynniki spowodowały, że Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych Fizyków na stałe wpisała się w kalendarz roku akademickiego studentów fizyki. Tegoroczne sympozjum było niewątpliwym sukcesem organizacyjnym. Wzięło w nim udział 85 studentów. W kontekście coraz bardziej zamkniętego kręgu miłośników tej wyjątkowo niepopularnej wśród ogółu społeczności nauki, zasługuje to na szczególne uznanie. Organizatorzy wyrażają nadzieję, że Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych Fizyków stanowi most łączący wszystkich młodych pasjonatów fizyki.

Przy tej okazji w imieniu wszystkich organizatorów pozwolimy sobie złożyć podziękowania Radzie Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, która od wielu lat wspiera Koło Naukowe Fizyków w organizacji konferencji. Szczególne wyrazy wdzięczności kierujemy do Dyrektora Instytutu Fizyki, Pana prof. dra hab. Krystiana Roledera, bez którego niewątpliwie wiele naszych pomysłów nie udałooby się zrealizować.

Copernicium

– Odkrycie i nazwa pierwiastka 112

Adam Sobiczewski

Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana Warszawa

Synteza nowych pierwiastków (tzn. pierwiastków transuranowych), które nie występują w sposób naturalny na Ziemi, stanowi oddzielny rozdział w fizyce i chemii. Historia zaczęła się od syntezy neptunu (liczba atomowa $Z=93$), pierwszego pierwiastka cięższego od uranu ($Z=92$). Został on wytworzony w Berkeley (USA) w 1940 r. Obecnie doszliśmy do pierwiastka o $Z=118$, który zaobserwowany został w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej (Rosja) w 2006 r. Nie wszystkie jed-

nak z tych pierwiastków znajdują się w tablicy okresowej. By dostać się tam, odkrycie nowego pierwiastka oraz jego nazwa i symbol chemiczny muszą być zatwierdzone przez Międzynarodową Unię Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC). Obecnie najcięższym pierwiastkiem uznanym przez IUPAC jest pierwiastek o $Z=112$.

Odkryty on został w Instytucie Ciężkich Jonów GSI w Darmstadcie w Niemczech w 1996 r. (pisaliśmy o tym w *Postęпах Fizyki* 47, 495 (1996)), ale odkrycie to zostało zatwierdzone przez IUPAC dopiero w ubiegłym (2009) roku. Zaproponowana bezpośrednio po tym przez odkrywców nazwa *copernicium* (symbol chemiczny Cn), na cześć Mikołaja Kopernika, zatwierdzona została przez IUPAC w bieżącym (2010) roku. Cała procedura, od odkrycia do momentu uznania jego poprawności oraz nazwy pierwiastka trwała 14 lat, znacznie więcej niż całe przygotowanie i dokonanie jego syntezy przez odkrywców. Ten długi okres pochodzi stąd, że uznanie takie wymaga w rzeczywistości powtórzenia obserwacji pierwiastka przez inny, niezależny zespół, a to z kolei wymaga odpowiednio kwalifikowanego zespołu i bardzo specjalistycznej i kosztownej aparatury. W przypadku pierwiastka 112 powtórzenia jego obserwacji dokonał zespół japoński w Laboratorium Cyklotronowym RIKEN, koło Tokio, pod kierunkiem dra Kosuke Mority. Można zrozumieć tę ostrożność IUPAC-u w zatwierdzaniu odkrycia, a także nazwy nowego pierwiastka, gdyż trudno byłoby wyobrazić sobie sytuację, by uznany już pierwiastek mógł być po pewnym czasie wycofany, a nazwa unieważniona.

Co do nazwy *copernicium*, to warto uwagi są dwie okoliczności. Jedną, to przełamanie przez nią pewnej tradycji. Mianowicie nazwami pierwiastków wytworzonych przez człowieka honorowano dotychczas tylko fizyków lub chemików i to raczej współczesnych, np. Einsteina (einsteinium, $Z=99$), Fermiego (fer-



Prof. Sigurd Hofmann, który kierował zespołem odkrywców pierwiastka 112 i zaproponował jego nazwę. (Photo: by G. Otto, GSI-Darmstadt)

mium, $Z=100$), Seborga (seaborgium, $Z=106$), Nielsa Bohra (bohrium, $Z=107$) i in., a tutaj ... astronom i to żyjący kilka wieków temu. Druga okoliczność, to bardzo żywa i powszechnie aprobująca reakcja światowego środowiska naukowego (szczególnie polskiego) na tę nazwę. W Polsce żywo zareagowały na tę propozycję zarówno główne instytucje związane z nauką (Polska Akademia Nauk, Polska Akademia Umiejętności, Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej i in.) jak i całe środowiska naukowe, głównie fizyków, chemików i astronomów. Pozwoliło to Zarządowi IUPAC-u na wyjątkowy gest. Postanowił on mianowicie znacznie przyspieszyć swą decyzję o zatwierdzeniu nazwy, tak, by móc ją ogłosić w dniu urodzin Kopernika, tj. 19 lutego.

W GSI, gdzie jak powiedziano wyżej odkryto pierwiastek i zaproponowano jego nazwę, odbyła się 12 lipca 2010 r. duża uroczystość poświęcona obu tym wydarzeniom. Uroczystość zgromadziła kilkaset osób. spośród ludzi aktualnie pracujących w tym dużym Instytucie oraz



Przemówienie podsekretarza stanu Jerzego Szveda (z prawej), tłumaczone na żywo przez prof. Zbigniewa Majkę. (Photo: by G. Otto, GSI-Darmstadt)

specjalnie zaproszonych gości z całego świata. Prowadził ją dyrektor GSI, prof. Horst Stöcker. Opisuując kilkudziesięcioletnie już badania nad pierwiastkami superciężkimi bardzo starannie podkreślał międzynarodowy ich charakter. Bardzo wyraźnie przy tym podkreślił istotny wkład polskich współpracowników. Być może w jakimś



Członkowie zespołu prowadzącego w GSI badania nad jądrami superciężkimi i współpracownicy. W pierwszym rzędzie kolejni kierownicy oddziału, w którym prowadzono te badania. Od lewej: prof. Peter Armbruster z małżonką Monique Bernas, prof. Gottfried Münzenberg i prof. Christoph Scheidenberger. (Photo: by G. Otto, GSI-Darmstadt). W czwartym rzędzie pierwszy z lewej siedzi Autor prof. Adam Sobiczewski (koszula w pionowe paski i krawat) – przyp. red.

stopniu ten wkład, ale przede wszystkim osoba, którą uhonorowano nazwą pierwiastka, sprawiły, że uroczystość miała w dużym stopniu charakter niemiecko-polski. Dla polskich uczestników sympatyczne też było szczególnie podkreślanie podczas uroczystości, że Kopernik był polskim astronomem. Już w szeroko rozesłanym zaproszeniu na uroczystość napisano: „Element 112 wird nach dem polnischen Astronomen Nikolaus Kopernikus benannt, ...”.

W uroczystości udział wzięli: premier Hesji (na której terenie znajduje się GSI), Roland Koch, oraz minister Nauki i Sztuki, pani Ewa Kühne-Hörmann, a także sekretarz stanu w Ministerstwie Edukacji i Badań Niemiec, Helge Braun. Wszyscy troje wygłosili przemówienia, wykazując nie tylko duże zainteresowanie badaniami i uznanie dla ich wagi, ale i dobrą orientację w problemach związanych z nimi.

Ze strony polskiej w uroczystości uczestniczył podsekretarz stanu w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego, prof. Jerzy Szwed. W wystąpieniu swoim skupił się on na postaci Kopernika, jego dokonaniach i ich znaczeniu. Przemówienie zostało wygłoszone po polsku i tłumaczone na żywo na angielski przez prof. Zbigniewa Majkę, pełniącego w GSI funkcję dyrektora ds. badań projektu FAIR. Z Polski przybyło także kilka osób współpracujących z GSI od wielu lat, m.in. prof. Tomasz Matulewicz z Uniwersytetu Warszawskiego – uczestniczący w eksperymentach FOPI, prof. Andrzej Warczak z Uniwersytetu Jagiellońskiego – bliski współpracownik fizyków atomowych GSI, czy mgr inż. Maciej Węgrzecki z Instytutu Technologii Elektronowej – konstruktor znakomitych detektorów

stosowanych w GSI do rejestracji atomów superciężkich.

Obecny na uroczystości przedstawiciel Zarządu IUPAC-u, prof. John Corish, odpowiedzialny był za zebranie opinii o zaproponowanej przez odkrywców nazwie pierwiastka wśród możliwie najszerszego światowego środowiska naukowego. W przemówieniu swoim powiedział o wspomnianej już wyżej bardzo żywej i aprobującej reakcji tego środowiska na zaproponowaną nazwę *copernicium*.

Wydaje się, że taki przebieg tej uroczystości, która odbyła się poza granicami Polski przy tak licznych udziale międzynarodowego środowiska naukowego, był dużą, międzynarodową promocją nauki polskiej, łącząc jednocześnie w oryginalny sposób tak odległe epoki jej rozwoju.

Na zakończenie warto zwrócić uwagę, że *copernicium* jest drugim (po *polonie*) pierwiastkiem w tablicy okresowej o nazwie tak bezpośrednio, czytelnie związanej z naszym krajem. Nazwę *polonu* (*polonium*) zaproponowała Maria Skłodowska-Curie dla odkrytego przez nią i Piotra Curie pierwiastka o $Z=84$. Trzeci pierwiastek o nazwie *kiur* (*curium*, $Z=96$), zaproponowanej przez G.T. Seaborga, aby uczcić Marię i Piotra Curie, nie jest już tak powszechnie kojarzony z naszym krajem. Związki Marii Skłodowskiej-Curie z Polską są wśród uczonych zagranicznych dość słabo znane. Być może nadchodzący właśnie Międzynarodowy Rok Chemii (2011), kojarzony ze stuleciem drugiej Nagrody Nobla naszej rodaczki (tym razem właśnie z chemii) będzie dobrą okazją by wiedzę tę nieco poszerzyć i upowszechnić.

Tadeusz Michał Michałowski



Urodził się w 1954 r. w Dolsku w powiecie śremskim. Ukończył Liceum Ogólnokształcące im. Józefa Wybickiego w Śremie. Dwukrotnie brał udział w Olimpiadach Astronomicznych, organizowanych przez Planetarium Śląskie. Po maturze, w 1973 roku, podjął studia astronomiczne na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Po studiach przez kilka miesięcy pracował jako nauczyciel fizyki w Zespole Szkół Zawodowych w Rawiczu. Od 1 maja 1979 do chwili obecnej pracuje w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie astronomii uzyskał na Wydziale Matematyki i Fizyki UAM w Poznaniu. Promotorem był prof. Andrzej Woszczyk z Instytutu Astronomii UMK. Kolokwium habilitacyjne odbyło się w 1997 r. na Wydziale Matematyki i Fizyki UMK (Toruń). Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych uzyskał 30 grudnia 2009 r.

Jego zainteresowania naukowe dotyczą fizycznych własności planetoid - małych ciał krążących wokół Słońca, głównie między orbitami Marsa i Jowisza. Ich obserwowane zmiany jasności są rezultatem rotacji ciał niesferycznych. Obserwacje fotometryczne planetoid prowadził w wielu obserwatoriach: Borowiec (niedaleko Poznania), Charków (Ukraina), Pic du Midi (francuskie Pireneje), Southern African Astronomical Observatory (Republika Południowej Afryki). Odbył długoterminowe staże naukowe w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu w Uppsali (rok 1992, stypendium Instytutu Szwedzkiego) i w Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology (lata 1994-1995, stypendium Fulbrighta). W swojej rozprawie habilitacyjnej przedstawił metodę wyznaczania kształtów planetoid, orientacji przestrzennej osi rotacji oraz ich okresów obrotu. Znaczenie tej metody i uzyskiwane rezultaty stały się istotnymi argumentami dla Komisji Nazewnictwa Międzynarodowej Unii Astronomicznej, gdy w 1999 roku planetoidzie o numerze 7747 nadano nazwę Michałowski. W ostatnich latach, wraz ze współpracownikami, zajmuje się badaniem planetoid podwójnych, nowego typu ciał, których istnienie odkryto w latach 90-tych XX wieku. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego (członek Zarządu Głównego w latach 1999-2005), Międzynarodowej Unii Astronomicznej (członek komitetu organizacyjnego Komisji 15 – Badania Fizyczne Komet i małych Planet w latach 2000-2006) oraz Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego. Kierował kilkoma projektami badawczymi finansowanymi przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

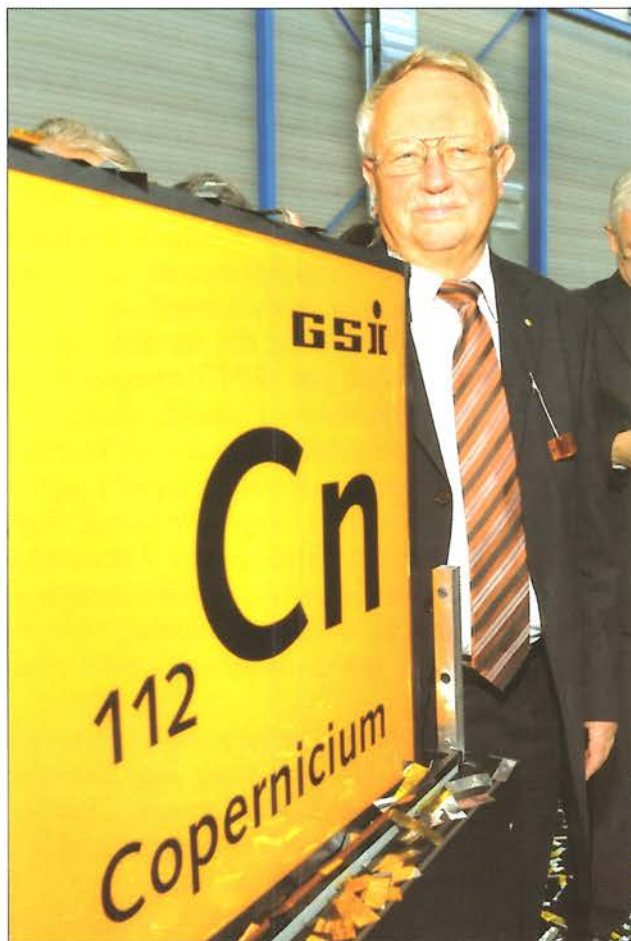
Z żoną Wandą są małżeństwem od 1978 roku. Mają trzech synów: Jerzy – informatyk (prowadzi własną firmę), Michał – astronom (obecnie na stażu podoktorskim w Institute for Astronomy, University of Edinburgh), Paweł – fizyk (kończy pracę doktorską z nanotechnologii). Od 2006 roku są dziadkami bliźniaków.

Jego hobby to podróże, narty biegowe i turystyka rowerowa. Każdego roku, wspólnie z żoną, spędzają wakacje na rowerach, pokonując kilkusetkilometrową trasę, głównie na terenie Wielkopolski.

Polska nazwa pierwiastka 112

Bernard Jancewicz

Przewodniczący Komisji Nazewnictwa Fizycznego PTF



Prof. Sigurd Hofmann przy tablicy z nazwą pierwiastka

Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (*International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC*) oraz Międzynarodowa Unia Fizyki Czystej i Stosowanej (*International Union of Pure and Applied Physics – IUPAP*) w 2005 roku powołały wspólną grupę roboczą (*joint working party – JWP*) dla określania pierwszeństwa w odkrywaniu pierwiastków o liczbach atomowych większych od 111.

Pierwiastek o numerze 112 został po raz pierwszy uzyskany 9 lutego 1996 roku w Gesellschaft fuer Schwerionen Forschung (GSI) w Darmstadt w Niemczech przy bombardowaniu jonami cynku 70 ołowianej tarczy przez zespół, którym kierował Sigurd Hofmann. W sprawozdaniu za 2009 rok JWP stwierdziła, że doniesienia S. Hofmanna ze współpracowni-

kami spełniają pożądane kryteria. Zgodnie z procedurami ustanowionymi przez IUPAC dla nazywania pierwiastków [1] zaproszono odkrywców z GSI do zaproponowania nazwy i symbolu dla pierwiastka o liczbie atomowej 112. Odkrywczy zaproponowali nazwę *copernicium* i symbol Cp. Ta propozycja należy do długiej już tradycji wybierania nazw pierwiastków dla uhonorowania wybitnych ludzi nauki. Tym razem chodziło o polskiego astronoma Mikołaja Kopernika. Szybko się okazało, że symbolu Cp nie można było przyjąć, gdyż był on wcześniej użyty dla lutetu – pierwiastka z liczbą atomową 71, który przed rokiem 1949 miał alternatywnie dopuszczoną nazwę *cassiopeium*. Wybrano więc symbol Cn.

Oddział Chemii Nieorganicznej IUPAC poddał proponowaną nazwę *copernicium* szerokim konsultacjom w środowisku nauk ścisłych. Ze strony polskiej propozycję poparł Komitet Chemii PAN, który pełni funkcję narodowego komitetu ds. kontaktów z IUPAC. Opinię popierającą wyraził m.in. Adam Sobiczewski, wieloletni współpracownik Sigurda Hofmanna. On również zasygnalizował Komisji Nazewnictwa Fizycznego PTF potrzebę znalezienia polskiego odpowiednika angielskiej nazwy. Nie można jej było przyjąć bez zmiany, gdyż słowo „copernicium” brzmi nienaturalnie utrudniając utożsamienie z honorowaną osobą. W Komisji rozważano dwie możliwości: „kopernik” lub „kopernikum”, przy czym pierwsza z nich miała więcej zwolenników.

Wreszcie Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej zatwierdziła nazwę *copernicium* podejmując decyzję tak, aby mogła ją ogłosić w urodziny Kopernika, tj. 19 lutego 2010 roku. Można przypuszczać, że ważny wpływ na to miało jednomyślne poparcie tej propozycji przez polskie środowisko naukowe, przede wszystkim chemiczne, fizyczne i astronomiczne. Komisja Nazewnictwa Fizycznego zgłosiła swoje dwie propozycje Polskiemu Towarzystwu Chemicznemu, które ma uprawnienia ustalania polskich nazw pierwiastków. Na posiedzeniu w dniu 17 maja 2010 roku pre-

zydium PTChem po zapoznaniu się z uzasadnieniem językoznawców Izabeli Różyckiej i Danuty Kowalskiej z Uniwersytetu Łódzkiego przyjęło dla nowego pierwiastka polską nazwę *kopernik*.

12 lipca odbyła się w GSI duża uroczystość poświęcona odkrytemu tam pierwiastkowi

112 i nadaniu mu nazwy *copernicium* (patrz załączone zdjęcie). Obszerniejsze sprawozdanie z niej autorstwa prof. A. Sobiczewskiego patrz w niniejszym numerze.

[1] W.H. Koppenol: „Naming of new elements” *Pure Appl. Chem.* **74**,787-791(2002).

■ Nagrody PTF za rok 2010

1. Medal Mariana Smoluchowskiego za rok 2010 otrzymuje **prof. dr hab. Tomasz Dietl** z Instytutu Fizyki PAN i Instytutu Fizyki Teoretycznej UW za wkład w tworzenie podstaw fizycznych spintroniki.
2. Nagrodę PTF im. Wojciecha Rubinowicza za rok 2010 otrzymuje zespół w składzie: **prof. dr hab. Stanisław Bednarek** i **dr hab. Bartłomiej Szafran** z Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH za prace teoretyczne dotyczące kropek kwantowych.
3. Nagrodę PTF I stopnia im. Arkadiusza Piękary za rok 2010 za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje **mgr Piotr Kaczmar-kiewicz** za pracę *Polarony drugiego rzędu w samorosnących kropkach kwantowych InAs/GaAs*, wykonaną pod kierunkiem dr hab. inż. Pawła Machnikowskiego, na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej.
4. Nagrodę PTF II stopnia za rok 2010 za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje **mgr inż. Paweł Kuczera** za pracę *Udokładnienie struktury dekadonalnego kwazikryształu AlNiCo z wykorzystaniem metod statystycznych*, wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. Janusza Wolnego na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH.
5. Nagrodę PTF III stopnia za rok 2010 za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje **mgr inż. Anna Musiał** za pracę *Mikro-fotoluminescencja pojedynczych kresk kwantowych*, wykonaną pod kierunkiem dr Grzegorza Sęka, w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej.
6. Medal i nagrodę im. Krzysztofa Ernsta za popularyzację fizyki za rok 2010 otrzymuje **dr Anna Hajdusianek** z Politechniki Wrocławskiej.
7. Medal i nagrodę im. Grzegorza Białkowskiego dla wyróżniających się nauczycieli za

rok 2010 otrzymuje **mgr Mirosław Trociuk**, nauczyciel w Zespole Szkół Zawodowych nr 1 i w II liceum Ogólnokształcącym we Włodawie, za wszechstronne działania na rzecz podnoszenia poziomu nauczania fizyki i wybitne osiągnięcia w pracy z młodzieżą.

8. Nagrodę PTF II stopnia dla wyróżniających się nauczycieli za rok 2010 otrzymują *ex aequo*: **mgr Stanisław Lipiński**, nauczyciel XIV LO im. Stanisława Staszica w Warszawie, za wieloletnie sukcesy w pracy z uzdolnioną młodzieżą, i **mgr Grzegorz Sęk**, nauczyciel fizyki i astronomii z Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach, w uznaniu zasług w krzewieniu wiedzy astronomicznej wśród młodzieży.

9. Wyróżnienie dla wyróżniających się nauczycieli za rok 2010 otrzymuje **mgr Tomasz Skowron**, nauczyciel XIII Liceum Ogólnokształcącego w Szczecinie, za osiągnięcia w pracy z uzdolnioną młodzieżą.

Uroczyste wręczenie nagród odbędzie się w listopadzie 2010 r. podczas Zebrania Plenarnego Zarządu Głównego PTF w Warszawie.

■ COPERNICUS

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej oraz Deutsche Forschungsgemeinschaft przyznały po raz trzeci Nagrodę Naukową COPERNICUS. W roku 2010 otrzymali ją prof. Alfred Forchel z Uniwersytetu w Würzburgu i prof. Jan Misiewicz z Instytutu Fizyki Politechniki Wrocławskiej. Zostali oni wyróżnieni nagrodą COPERNICUS za wspólne badania nad strukturami kwantowymi i ich własnościami optoelektronowymi. Obaj laureaci odnoszą także sukcesy we wspieraniu młodych naukowców – od wielu lat trwa regularna wymiana i współpraca między ich zespołami, a ich wychowankowie trafiają do najlepszych zespołów badawczych na świecie.

Przypominamy, że polsko-niemiecka nagroda naukowa COPERNICUS przyznawana jest co 2 lata dwóm współpracującym ze sobą uczonym – z Polski i z Niemiec, mogącym wykazać się wybitnym dorobkiem badawczym będącym rezultatem tej współpracy, jak również znaczącymi sukcesami w promowaniu młodej kadry badawczej. Wysokość nagrody wynosi 100 tys. euro (po 50 tys. euro na każdego z laureatów). Wręczenie nagrody odbyło się 10 maja br. w Berlinie, w Sali im. Leibniza Berlińsko-Brandenburskiej Akademii Nauk.

<http://www.fnp.org.pl>

■ Medal Diraca

Zgodnie z tradycją, 8 sierpnia, w rocznicę urodzin P.A.M. Diraca, Międzynarodowe Centrum Fizyki Teoretycznej (ICTP) w Trieście przyznało Medale jego imienia. W roku 2010 otrzymali je: Nicola Cabibbo (Uniwersytet w Rzymie „La Sapienza”) i Ennackal Chandu George Sudarshan (University of Texas, Austin). Uczni otrzymali to wyróżnienie za „fundamentalny wkład w zrozumienie oddziaływań słabych i innych aspektów fizyki teoretycznej”. Każdy z wyróżnionych otrzymał nagrodę pieniężną w wysokości 5000 dolarów.

Wkład Sudarshana do fizyki słabych oddziaływań to m.in. odkrycie, wraz z Robertem Marshakiem, teorii „V-A”, która następnie została włączona do zunifikowanej teorii oddziaływań elektroslabych. Dokonał on również odkryć w dziedzinie optyki kwantowej.

Prace Nicolii Cabibbo umożliwiły zrozumienie mechanizmu mieszania kwarków, dzięki wprowadzeniu nowej stałej fizycznej, znanej obecnie jako kąt Cabibbo; mechanizm ten został następnie rozszerzony na trzy generacje

kwarków (macierz Cabibbo – Kobayashiego – Maskawy).

<http://prizes.ictp.it/Dirac/dirac-medallists-2010>

■ Nicola Cabibbo (1935-2010)

W dniu 16 sierpnia 2010 zmarł w Rzymie, w wieku 75 lat, Nicola Cabibbo, tegoroczny laureat medalu Diraca (piszemy o tym w poprzedniej notatce). Urodzony w Rzymie, ukończył studia fizyki na rzymskim uniwersytecie „La Sapienza”; pracował początkowo w tamtejszym Instytucie Fizyki Jądrowej, a następnie w CERN-ie, oraz w Lawrence Berkeley National Laboratory i na Uniwersytecie Harvarda. Wykładał na wielu włoskich uniwersytetach, choć przez większość swego życia zawodowego był związany z „La Sapienza”. Podczas pobytu w CERN-ie na początku lat 60. sformułował tzw. uniwersalność słabych oddziaływań zakładając, że wszystkie rozpady beta należy opisywać przy pomocy słabego prądu wyznaczonego przez jeden parametr – znany obecnie jako kąt Cabibbo. Następnie przeformułował uniwersalność słabych oddziaływań uwzględniając kwarki. Dwuwymiarowa macierz mieszania kwarków została rozszerzona przez Kobayashiego i Maskawę, dając trójwymiarową macierz CKM dla układu sześciu kwarków, pozwalającą uwzględnić procesy z naruszeniem parzystości ładunkowej CP.

Cabibbo był wybitną postacią w fizyce włoskiej i pełnił wiele ważnych funkcji. Był m.in. prezesem Włoskiej Agencji Energii Atomowej (obecnie ENEA) oraz Włoskiego Narodowego Instytutu Fizyki Jądrowej (INFN), a także przewodniczył Radzie Naukowej ICTP. W roku 1986 Papież Jan Paweł II powołał go do Papieskiej Akademii Nauk, a w roku 1993 mianował go jej prezesem.

<http://cdsweb.cern.ch/record/1288188>

POSTĘPY FIZYKI W INTERNECIE

<http://postepy.fuw.edu.pl>

- ▶ **ARCHIWUM**
spisy treści wszystkich zeszytów
- ▶ **ARTYKUŁY DO POBRANIA**
m.in. przekłady wykładów noblowskich (Wolfgang Ketterle, Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshihara, Riccardo Giacconi, Aleksiej A. Abrikosow, Anthony J. Leggett, Witalij Ł. Ginzburg, Frank Wilczek, David J. Gross, David Politzer, Roy J. Glauber, Theodor W. Hänsch, John L. Hall, John C. Mather, George F. Smoot III, Albert Fert, Peter A. Grünberg) oraz wykłady z ostatnich Zjazdów Fizyków Polskich (Białystok 1999, Toruń 2001, Gdańsk 2003, Warszawa 2005, Szczecin 2007)
- ▶ **MATERIAŁY DODATKOWE**
uzupełnienia niektórych artykułów
- ▶ **NOWE KSIĄŻKI**
Romuald Józwicki, *Technika laserowa i jej zastosowania*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009

Eugeniusz Łęgiewka, Antoni Budniok, *Struktura, właściwości i metody badań materiałów otrzymanych elektrolitycznie*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2010

James B. Hartle, *GRAWITACJA Wprowadzenie do ogólnej teorii względności Einsteina*, Przełożył Piotr Amsterdamski, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010

WKRÓTCE W POSTĘPACH

- **Grzegorz Jezierski o konstrukcji i zastosowaniach lamp rentgenowskich**
- **Ryszard Horodecki przedstawi swój kolejny wiersz**
- **Ludwik Dobrzyński o zastosowaniach twierdzenia Bayesa**
- **Wojciech P. Grygiel spróbuje odpowiedzieć na pytanie, dlaczego kwantowanie grawitacji może interesować filozofa?**
- **Zygmunt M. Galasiewicz przedstawi fragment swoich wspomnień „Dwadzieścia lat wolności. Historia fizyka z Kresów”.**

PRENUMERATA

Postępy Fizyki można zaprenumerować w jeden z następujących sposobów.

- ▶ **PRZEZ ODDZIAŁY PTF** (tylko prenumerata krajowa dla członków PTF i studentów):
Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 48 zł.
Dostawa Postępów odbywa się za pośrednictwem Oddziałów.
- ▶ **PRZEZ ZARZĄD GŁÓWNY PTF** (tylko prenumerata krajowa):
Wpłaty należy dokonać na konto Zarządu Głównego PTF: 19 1020 1097 0000 7802 0001 3128 (PKO BP IX O/Warszawa) lub w Biurze Zarządu Głównego PTF.
Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 60 zł.
Dostawa Postępów Fizyki następuje drogą pocztową pod wskazany adres.
- ▶ **PRZEZ PRZEDSIĘBIORSTWA KOLPORTAŻU PRASY:**
RUCH (<http://www.prenumerata.ruch.com.pl>)
KOLPORTER (<http://sa.kolporter.com.pl>)
GARMOND PRESS (<http://www.garmond.com.pl>)
Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 72 zł.

Prenumerata ze zleceniem dostawy za granicę – patrz <http://www.ruch.pol.pl>.

Dostępne są również zeszyty archiwalne – prosimy o kontakt z redakcją.

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Czekamy na artykuły przeglądowe i monograficzne pod warunkiem, żeby były przystępne dla ogółu fizyków. Układ pracy (tytuł, autor(zy), afiliacja(e), streszczenie po polsku, tytuł angielski, streszczenie po angielsku, tekst, odnośniki literaturowe, podpisy pod ilustracjami itd.) powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły w ostatnich zeszytach). Prace w edytorze WORD z ilustracjami w jpg o rozdzielczości co najmniej 300 dpi prosimy nadsyłać e-mailem równocześnie na dwa adresy: *Postępów Fizyki* postepy@fuw.edu.pl oraz Redaktora Naczelnego jerzy.warczewski@us.edu.pl. Wszystkie prace są recenzowane. Patrz również strona internetowa *Postępów Fizyki*.

REKLAMA W POSTĘPACH FIZYKI

Zapraszamy – szczególnie przedstawicieli producentów aparatury oraz sprzętu i oprogramowania komputerowego, wydawców podręczników i książek naukowych oraz popularyzatorów – do zamieszczania ogłoszeń reklamowych w *Postęпах Fizyki*. Nasze czasopismo dociera do większości polskich fizyków, z których wielu decyduje o bieżących zakupach uczelni, instytutów i szkół. Zainteresowanych prosimy o kontakt e-mailowy równocześnie na dwa adresy: *Postępów Fizyki* postepy@fuw.edu.pl oraz Redaktora Naczelnego jerzy.warczewski@us.edu.pl.

POSTĘPY FIZYKI

(ADVANCES IN PHYSICS)

Founded in 1949, published bimonthly in Polish with titles and abstracts both in Polish and English by the Polish Physical Society with a support of the Ministry of Science and Higher Education, the Physics Faculty of the Warsaw University and the Institute of Physics of the University of Silesia.

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. Jana Kazimierza 31/33, skrytka pocztowa 12, 00-958 Warszawa, Poland (for details see <http://www.ruch.pol.pl>).

Pierre Duhem

Le Système du Monde



Histoire des doctrines

cosmologiques de Platon à Copernic

Tome II



Mikołaj z Oresme (1320-82), uczeń Jana Buridana, absolwent Uniwersytetu w Paryżu i późniejszy biskup Lisieux, był jednym z ulubionych uczonych Duhema. Podobnie jak Kopernik znalazł się nie tylko na obrotach planet i argumentował za ruchem Ziemi, ale zajmował się też reformą systemu pieniężnego. Zdjęcie pochodzi z książki Mikołaja z Oresmes *Traité de l'esphere*, Bibliothèque Nationale, Paris, France, fonds français 565, fol. 1r.; (patrz artykuł str. 149)