

tom 62

zeszyt 2

rok 2011

nr indeksu 369721

cena 12 zł (5% VAT)

POSTĘPY FIZYKI

Dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Fizycznego

ISSN 0032-5430

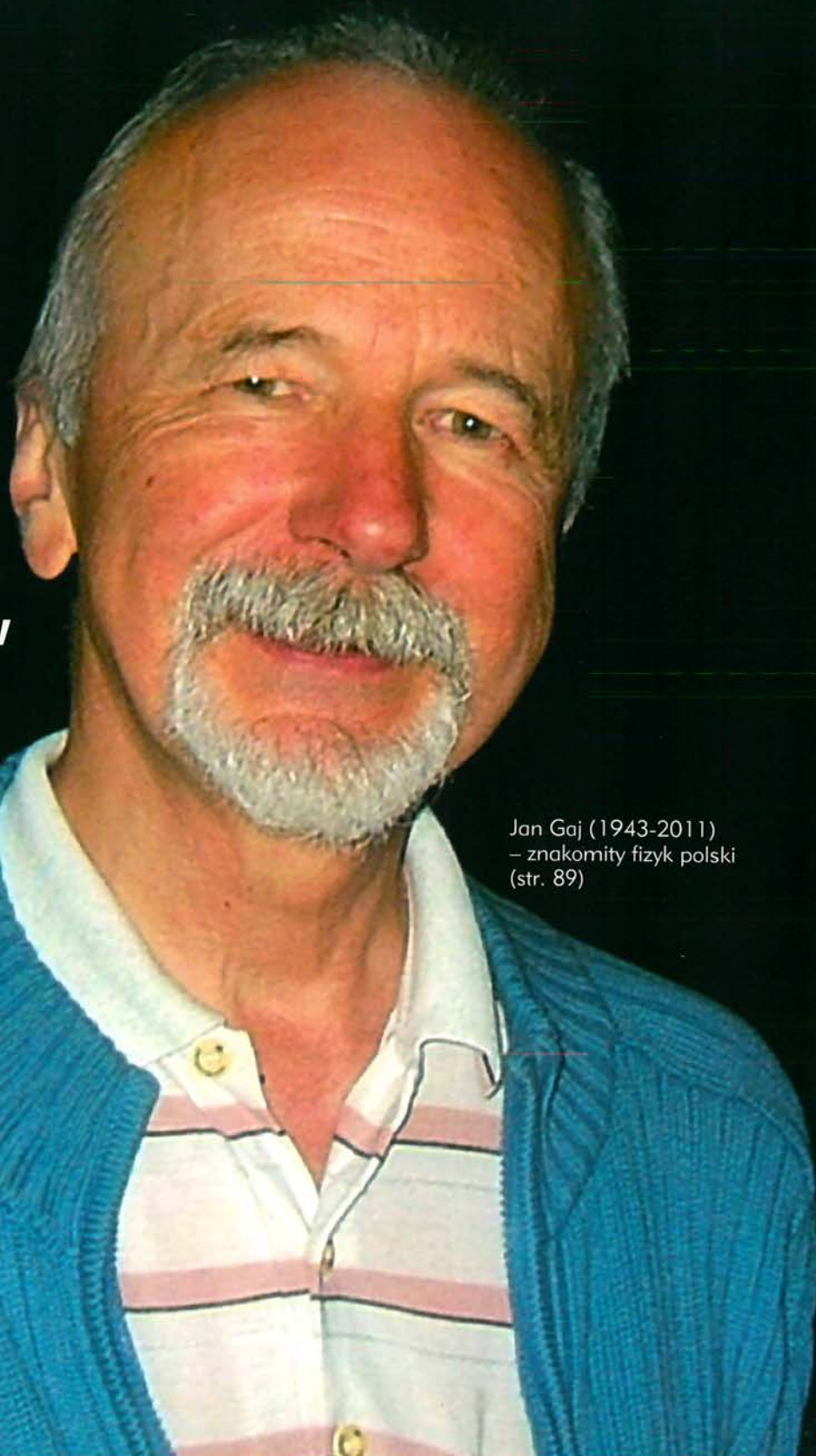


**Wróblewski
i Olszewski**

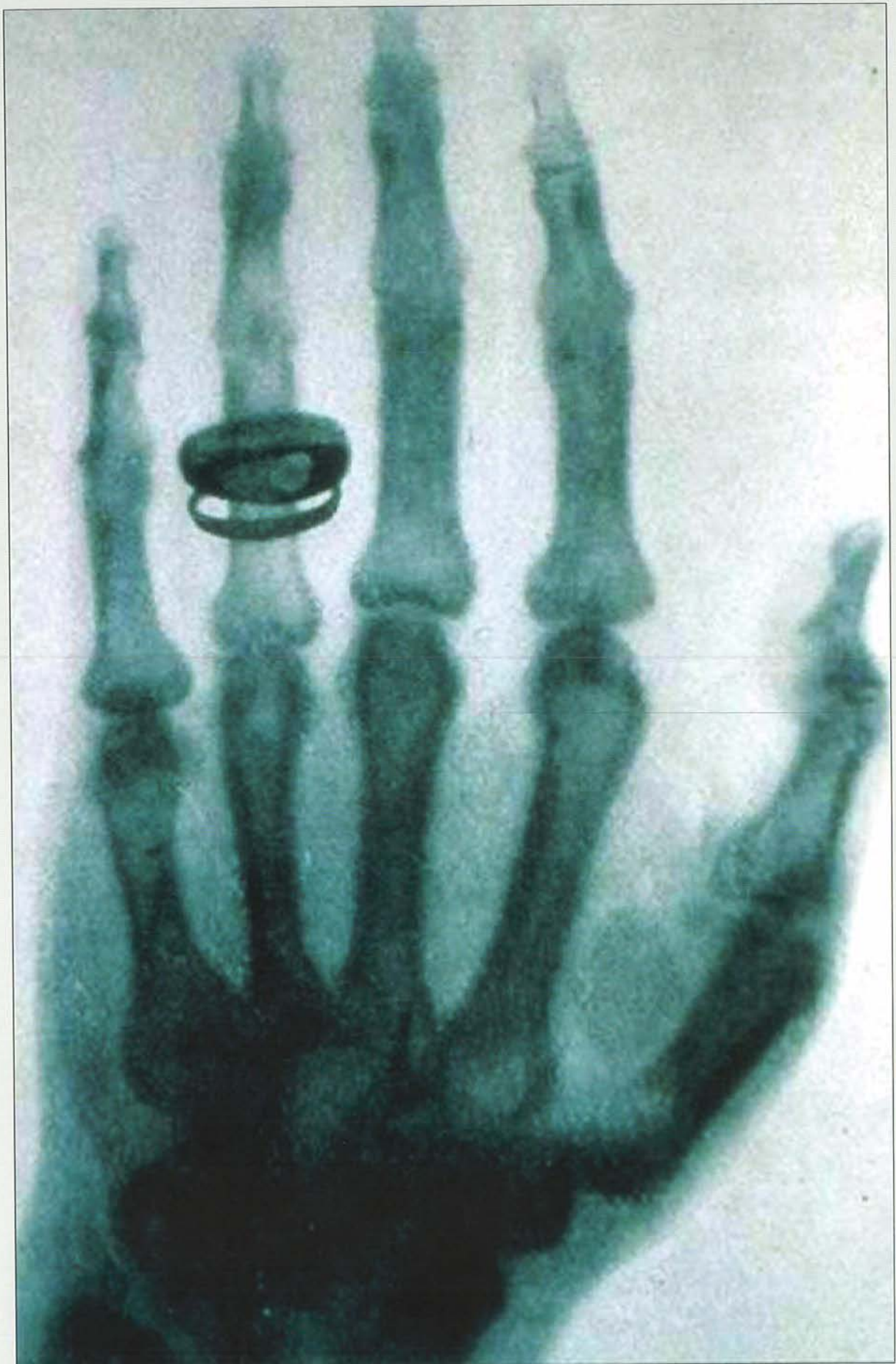
Radioterapia

Hawking i Młodinow

Życie i Śmierć



Jan Gaj (1943-2011)
– znakomity fizyk polski
(str. 89)



Historyczne pierwsze zdjęcie rentgenowskie dłoni – rok 1896 (str. 52)

RADA REDAKCYJNA

Andrzej Kajetan Wróblewski (przewodniczący), Mieczysław Budzyński,
Andrzej Dobek, Witold Dobrowolski, Zofia Gołqb-Meyer, 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 Połomska (Poznań), Małgorzata Pociąg (Rzeszów), Małgorzata
Kuzio (Ślupsk), Janusz Typek (Szczecin), Winicjusz Drozdowski (Toruń),
Aleksandra Miłoz (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), Joanna
Borgensztajn (Zielona Góra)

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Wiesław A. Kamiński (prezes), Bohdan Grzdkowski (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

Krzysztof Szymański (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
Kuźma (Rzeszów), Włodimir Tomin (Ślupsk), Mariusz P. Dąbrowski
(Szczecin), Janusz 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 Przaszalowicz
– 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: Jolanta Kasperek

Druk i oprawa: Drukarnia Archidiecezjalna, ul. Wita Stwosza 11

40-042 Katowice, tel. 32 251 38 80, www.drukarch.com.pl

Nakład: 600 egzemplarzy

ISSN 0032-5430

SPIS TREŚCI

The European Physical Society announcement	46
H. Kubbinga – Hołd dla Wróblewskiego i Olszewskiego	47
K. Śłosarek – Od Röntgena do ... czyli promieniowanie jonizujące w radioterapii	52
L. Smentek – Impresje i refleksje zainspirowane lekturą książki o Profesorze Aleksandrze Jabłońskim autorstwa J. Szudego i A. Bielskiego	59
L. Smentek – „Dokończenie” wywiadu z Profesorem Romanem Stanisławem Ingardenem	64
M. Heller – O książce Hawkinga i Młodinowa z emocjami na wodzy	65
J. Warczewski – Oblicza fizyki – między fascynacją a niepokojem. Rola fizyki w rozwoju naszej cywilizacji i kultury. Szósta Dyskusja Panelowa	68
W. Sztumski – Jeszcze jeden koniec filozofii. Złowróźbne wieszczanie Hawkinga	73
KRONIKA	76
K. Szymaniec – Zastosowanie zjawisk kwantowych w metrologii	77
WSPOMNIENIA	86

Drodzy Czytelnicy!

Niniejszy zeszyt Postępów Fizyki zaczyna się apelem Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS). Po nim następuje miły akt solidarności europejskiej ze strony holenderskiego historyka nauki z Uniwersytetu w Groningen Henka Kubbinga członka Grupy Historii Fizyki EPS, mianowicie jego bardzo dobrze ugruntowany artykuł o dziele dwóch naszych znakomych fizyków przeszłości Wróblewskiego i Olszewskiego. Miałem satysfakcję przetłumaczyć ten artykuł. W następnym artykule Krzysztof Śłosarek przedstawia najnowocześniejsze metody radioterapii i brachyterapii zaczynając od historycznych początków rentgenoterapii w ostatnich latach XIX wieku. Omawiany tu artykuł powstał na podstawie jego wykładu na Szóstej Dyskusji Panelowej „Oblicza fizyki – między fascynacją a niepokojem. Rola fizyki w rozwoju naszej cywilizacji i kultury” (3 grudnia 2010 Katowice IF UŚ). W kolejnym artykule Lidia Smentek przedstawia swoje impresje i refleksje zainspirowane lekturą monumentalnego dzieła o Profesorze Aleksandrze Jabłońskim autorstwa Józefa Szudego i Andrzeja Bielskiego. W następnej notatce odnotowuje też z wielkim przejęciem nagłą śmierć Profesor Danuty Frąckowiak córki Profesora Jabłońskiego oraz odejście sędziwego 91-letniego Profesora Romana Stanisława Ingardena. Mam też dwugłos na temat książki Hawkinga i Młodinowa *The grand design*. Ks. Michał Heller laureat nagrody Templetona, twórca i szef Centrum Kopenika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie piętnuje w swoim artykule arogancję filozoficzną autorów oraz ich niefrasobliwość w opieraniu swoich sądów na bardzo spekulatywnych modelach fizycznych. Wiesław Sztumski w swoim artykule, opartym na jego wykładzie na wspomnianej wyżej Dyskusji Panelowej, odrzuca twierdzenia autorów o śmierci filozofii, którą ma zastąpić fizyka. Ja w swoim artykule opisuję tę Dyskusję Panelową i przedstawiam treść wykładów znakomych uczonych polskich a także tezy do tej Dyskusji podkreślając ich uniwersalność. Krzysztof Szymaniec mówi o zastosowaniu zjawisk kwantowych w metrologii, w tym o potrzebie zmiany definicji niektórych podstawowych jednostek SI. Polegaloby to na ustaleniu wartości pewnych stałych fizycznych, w szczególności stałych kwantowych, takich jak stała Plancka i ładunek elementarny. Wreszcie wspominamy naszych dwóch znakomych Kolegów, którzy odeszli, Profesora Andrzeja Eskreysa (wspomnienie pióra Leszka Turczynowicza-Suszyckiego) i Profesora Jana Gaja (wspomnienie pióra Mariana Grynberga i Michała Nawrockiego). Nie dajemy Ich zdjęć w ciemnej tonacji barw, lecz w normalnych kolorach, takich, w jakich Ich pamiętamy, takich, w jakich żyją w naszej wyobraźni. A co do granicy między Życiem a Śmiercią, a raczej co do braku tej granicy odsyłam PT Czytelników do cytowanych na łamach niniejszego zeszytu Postępów Fizyki poglądów Autorytetów, mianowicie Alberta Einsteina (str. 63) i Romana Stanisława Ingardena (str. 64).

Jerzy Warczewski

The European Physical Society announcement

Poland and Europe

The European Physical Society was founded in 1968, in difficult times. Through the years, however, it grew into the actual non-profit association, which represents over 100,000 physicists through its 41 national member societies. Presided last years by a Polish, it provides a forum for about 3000 individual members, who, thanks to the various Divisions and Groups, organize conferences of all kinds. Importantly, applied research in industry, and academic and other research centres are affiliated as associate members. At the heart of the activities flourishes *EPL*, a letters journal exploring the frontiers of physics (cf. www.epljournal.org). It features original, high-quality Letters in all areas of physics, ranging from condensed matter topics and interdisciplinary research to astrophysics, geophysics, plasma and fusion sciences, including those with application potential. Prospective authors are referred to www.epleters.net. We should also mention *European Journal of Physics* which aims at assisting in maintaining and improving the standards of taught physics at universities and other institutes of higher education (cf. <http://iopscience.iop.org>). The Board of the Polish Physical Society seizes the opportunity of the article on Wróblewski and Olszewski by Henk Kubbinga (this issue, p. 47) to encourage our readership—particularly the university professors and industry directors—to register as ‘individual members’ (online: www.eps.org – join – subscription form). For the further development of physics in Poland on a continental footing it is essential that the Polish physicists get their fair share in the governmental structure of the EPS and its various Divisions and Groups, so don’t hesitate !

Maciej Kolwas, President
European Physical Society
February 25th, 2011



Obraz Olszewskiego przy pracy z częścią jego aparatury (J. Wynosz, 1905)

Hold dla Wróblewskiego i Olszewskiego

Henk Kubbinga, University of Groningen, The Netherlands
(DOI:10.1051/ept/2010402)

Streszczenie: Polska wciąż doskonale pamięta swoją erę wielkości. To były czasy Mikołaja Kopernika i jego późniejszych następców – matematyka Jana Brożka i Stanisława Pułłowskiego, który w roku 1640 spotkał się z Galileuszem w Arcetri. Bliżej naszych czasów Zygmunt von Wróblewski (1845-1888) i Karol Olszewski (1846-1915) uzyskali pozycję europejską poprzez ich osiągnięcia w skraplaniu gazów.

A tribute to Wróblewski and Olszewski

Abstract: Poland still vividly remembers its era of greatness. These were the days of Mikołaj Kopernik and his later followers – Jan Brożek, the mathematician, and Stanisław Pułłowski, who, in 1640, met Galileo in Arcetri. More recently Zygmunt von Wróblewski (1845-1888) and Karol Olszewski (1846-1915) acquired continental standing through their liquefaction achievements.



Akwarela Zygmunta von Wróblewskiego
(H. Wdowiszewski, około 1884 roku)

Zygmunt von Wróblewski urodził się w Grodnie na Litwie jako syn prawnika. Jego studia akademickie na Uniwersytecie w Kijowie zostały przerwane w 1863 roku po Powstaniu Styczniowym w Polsce: ze względu na swój udział Wróblewski został zesłany na Syberię. W 1869 został objęty amnestią i zezwolono mu na studia kolejno w Berlinie i Heidelbergu; w Monachium uzyskał doktorat (1874). Dzięki stypendium Krakowskiej Akademii Nauk, najstarszej polskiej instytucji naukowej, Wróblewski odbył wielką podróż europejską odwiedzając Strasburg, Paryż, Londyn, Oxford i Cambridge. We wrześniu 1882 roku uzyskał nominację na Krakowskim Uniwersytecie Jagiellońskim jako Kierownik Wydziału Fizyki. W Paryżu nawiązał znajomość z Louisem Paulem Cailletetem w laboratorium tego ostatniego, gdzie skraplanie gazów, jeden z główniejszych tematów fizyki XIX-wiecznej, zdominowało tematykę badań. Z poparciem Olszewskiego Wróblewski rozpoczął swój własny program badań przy użyciu aparatury, którą przywiózł ze sobą z Francji.

Karol Olszewski urodził się w Broniszowie w Polsce, studiował na uniwersytetach w Krakowie i Heidelbergu; w Heidelbergu uzyskał doktorat z chemii (1872). W swojej *alma mater* został asystentem chemika Emila Czarniańskiego. Jako już asystent na-

wiązał znajomość z Wróblewskim po przybyciu tego ostatniego. Czarniański był dostatecznie życzliwy, aby pozwolić swojemu asystentowi połączyć siły z przyszłym choćby z tego powodu, że ten ostatni wykazywał ogromne nowatorstwo aparaturowe.

Gorączka skraplania

Na początku wieku XIX stara teoria molekularna została uogólniona przez Laplace'a w ramach nowoczesnej wówczas doktryny trzech stanów skupienia i jej następstwa, tj. teorii ciepła. Oczekiwano zatem, że każda bez wyjątku substancja powinna mieć swój punkt krzepnięcia oraz wrzenia i w zależności od ciśnienia atmosferycznego powinna być zdolna do przechodzenia przez te trzy stany. Nowe substancje stanowiły wyzwanie zarówno dla chemików, jak i fizyków. Jedną z takich substancji było żółte ciało stałe, które powstawało kiedy (wilgotny) chlor gazowy był chłodzony. Początkowo sądzono, że to był chlor w fazie stałej. W 1823 roku Michał Faraday ustalił naturę i skład tej substancji: był to uwodniony chlor ($\text{Cl}_2 \cdot 10\text{H}_2$). Włożył próbkę do zgiętej rurki, zamknął ją szczelnie i podgrzewał. W rezultacie powstała podwójna warstwa cieczy, przy czym ta niższa była w pełni żółta: w rzeczywistości był to ciekły chlor. Czynniki chłodzącymi były w tamtych czasach mieszaniny soli i lodu, które w zależności od rodzaju soli osiągały w najlepszym wypadku około minus 50 stopni Celsjusza. Nie było to specjalnie rewelacyjne, jeżeli się weźmie pod uwagę istnienie na tej samej skali absolutnego zera temperatury przy minus 266.66 stopni (!), którą wyznaczyli Clement i Desormes (1819). Wysokie ciśnienia były w tamtych czasach trudne do uzyskania. Wytwarzanie *in situ* poprzez reakcje chemiczne gazów pod wysokim ciśnieniem stało się zatem atrakcyjną alternatywą. Tak więc Faraday osiągnął sukces otrzymując ciekły kwas węglowy przez umieszczenie skoncentrowanego kwasu siarkowego i węgla amonowego w dwóch odnogach zgiętej rurki. Po szczelnym zamknięciu rurki zmieszał reagenty przez wstrząsanie i zauważył znów dwuwarstwowy układ cieczy. Mieszanina reagująca mogła być oczywiście także poddana chłodzeniu za pomocą mieszaniny soli i lodu, ale w tym przypadku chłodzenie okazało się daremne. Dalszy postęp musiał poczekać na lata 1840-te, kiedy to Charles Saint-Ange Thilorier wynalazł nowy, prawdziwie odkrywający nowe horyzonty czynnik chłodzący, mianowicie kwas węglowy w fazie stałej w ciekłym eterze zdolny do uzyskania minus 110 stopni Celsjusza. Mieszanina Thiloriera stała się rewelacją w rękach Faradaya. Eksperymenty nie były mówiąc delikatnie nieszkodliwe, czego doświadczał wielokrotnie sam Faraday. W lecie 1822 roku Cagnard de la Tour (Paryż) zaobserwował coś osobliwego poza głównym nurtem fizyki. Kiedy szczelnie zamknięta rura wypełniona eterem do około połowy swojej objętości była nagrzewana, to cała ciecz prze-



Autofotografia Karola Olszewskiego na papierze sepia (około 1884 roku)

szła do stanu gazowego niewytrzymującego ogromnego ciśnienia 37–38 atmosfer. Temperatura była około 200°C. Zjawiska Cagnarda były na nowo rozpatrzone przez rosyjskiego chemika Mendelejewa w latach 1859-1861 podczas jego pobytu w Heidelbergu kiedy badał dylatację różnych cieczy powyżej ich punktów wrzenia w zatopionych rurach. Zaobserwował pewną szczególną temperaturę, przy której spójność praktycznie biorąc znikala tak, jak utajone ciepło parowania. Dla eteru ta temperatura wynosiła około 190°C. Mendelejew nazwał ją „absolutnym punktem wrzenia”. Na początku roku 1861, Thomas Andrews (Belfast) postanowił skoncentrować się na kwasie węglowym i powietrzu. Wyniki jego badań pojawiły się w druku dopiero w 1869 roku pod tytułem „O ciężkości gazowych i ciekłych stanów materii”. Ta nowatorska praca zawiera pojęcie „temperatury krytycznej” substancji. James Thomson i Johan van der Waals pracowali także nad tym problemem. We wczesnych latach 1870-tych rozumując w ramach teorii kinetycznej fizycy zdali sobie sprawę z tego, że każda substancja charakteryzuje się odpowiednią temperaturą, przy której ciecz w sposób ciągły przemienia się w parę i *vice versa* tak, jak gdyby żadne ciepło utajone nie brało w tym udziału.

„Dynamiczne” i „statyczne” stany cieczy

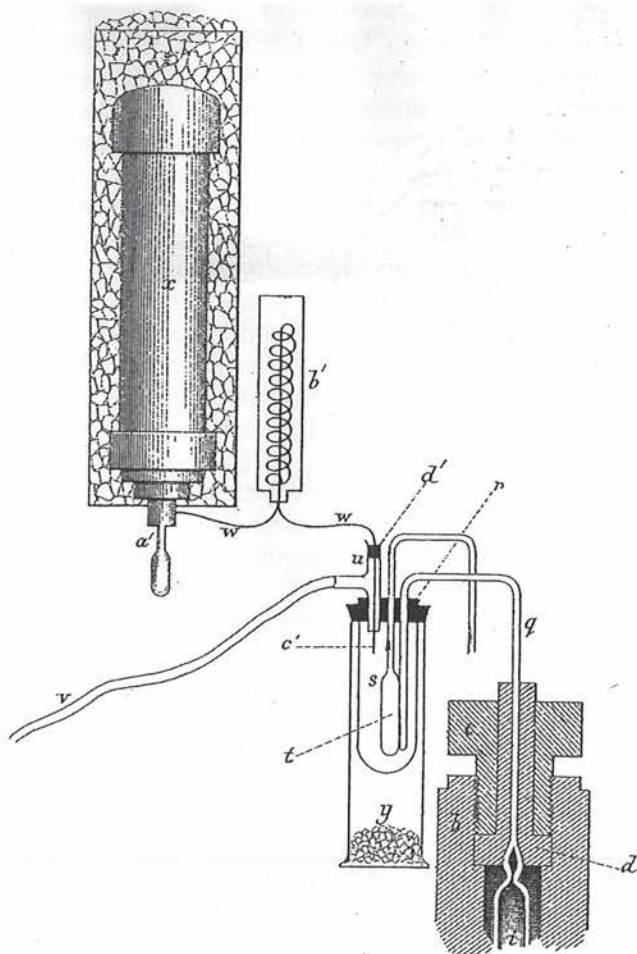
24 grudnia 1877 roku paryscy członkowie Akademii Francuskiej usłyszeli o dwóch innowacjach

dotyczących tlenu. Mianowicie jeden z komunikatów – przesłany drogą telegraficzną – przyszedł od Raoul-Pierre Picteta (1846-1929) z Uniwersytetu w Genewie. Pictet był ekspertem w dziedzinie kriogeniki. Wykorzystywał swoje doświadczenie dla budowy sztucznych lodowisk. Oznajmił on o wytworzeniu strumienia ciekłego tlenu. Jego technika polegała na stopniowym chłodzeniu gazowego tlenu znajdującego się pod wysokim ciśnieniem i świeżo otrzymanego przez pirolizę (rozkład termiczny substancji prowadzony poprzez poddawanie ich działaniu wysokiej temperatury, ale bez kontaktu z tlenem, *przyp. tłum.*) chloranu potasu (KClO₃). Tlen wytwarzany był pod ciśnieniem 320 atm i kiedy znalazł się w temperaturze – 140°C, to był poddawany nagłemu rozprężeniu przez otwarcie zaworu. Strumień ciekłego tlenu wylatywał, pozostała zaś część była dalej chłodzona. W tym wszystkim Mendelejewowski „absolutny punkt wrzenia” oraz Andrewsowska „temperatura krytyczna” nie grały w ogóle żadnej roli.

Na tej samej konferencji Akademii praca Louis-Paul Cailleteta obwieściła podobny rezultat. Jego podejście polegało na zastosowaniu wysokich ciśnień, po których następowało gwałtowne obniżenie ciśnienia. Bez zwracania uwagi na kontekst teoretyczny – całkiem podobnie jak Pictet – Cailletet sukcesywnie pracował nad acetylenem, dwutlenkiem azotu, tlenem i azotem. We wszystkich tych przypadkach zauważył on nie tyle ciecz z meniskiem, lecz gęstą mgłę, tj. stan „dynamiczny”, jak go nazwano, bardzo bliski punktu skraplania. Próbował także z wodorem, ale ten ostatni nie wykazywał żadnej „dynamiki” kiedy następowało rozprężenie przy – 28°C i 300 atm. Później jednakże już 280 atm wystarczało, aby wytworzyć na krótką chwilę bardzo delikatną mgiełkę. Pompy sprężające Cailleteta oraz jego manometry były cudami na owe czasy.

Wróblewski i Olszewski: ciekły tlen w stanie statycznym (1883)

Przyrząd Cailleteta w Ecole Normale Supérieure w Paryżu był przedmiotem starannych studiów przynajmniej jednego z jego gości: Zygmunta von Wróblewskiego. Wracając do Polski ten ostatni przywiózł ze sobą zrobioną w pracowni Cailleteta, powiększoną kopię tego przyrządu zdtną do prowadzenia eksperymentów na 200 cm³ gazu. Już w 1883 roku pojawiła się pierwsza wspólna z Olszewskim publikacja: „Über die Verflüssigung des Sauerstoffs, Stickstoffs und Kohlenoxyds” w *Wiedemann's Annalen der Physik* [1]. Gazy były sprężane przez pompę siłową z rzęcią jako substancją pośredniczącą: pompa składała się z tłoka w naczyniu, tłok zaś był wprawiany w ruch za pomocą śruby, której obrót był powodowany przez obrót wielkiego koła. Ciekły etylen wstępnie chłodzony przez mieszaninę zestalonego kwasu węglowego i eteru był użyty



Część chłodząca skraplarki Wróblewskiego i Olszewskiego. Szklany cylinder jest zamknięty szczelnym perforowanym korkiem gumowym, *r*, i zawiera chlorek wapnia, *y*, który eliminuje parę wodną. Wewnątrz cylindra naczynie *s* o zakrzywionym dnie mieści termometr wodorowy *t*, wlot *c'* ciekłego etylenu i zamkniętą kapilarę *q* z tlenem. Na dole po prawej stronie jest pokazany tylko częściowo (zmodyfikowany) kompresor Cailleteta; *i* jest pojemnikiem zawierającym 200 cm³ tlenu sprężanego za pomocą śrubowego tłoka popychającego rtęć. Ciekły etylen jest utrzymywany w naczyniu *x* obłożonym mieszaniną lodu i soli (– 20°C); *a'* jest kurkiem; wchodzi poprzez miedzianą rurę *ww* – częściowo w naczyniu *b'* w kształcie spirali, aby spowodować dalsze chłodzenie za pomocą „mieszaniny Thiloriera” (eter i zestalony kwas węglowy) – umocowaną za pomocą drugiego korka poprzez T-ownik *d'*. Rura *v* (ołów) jest podłączona do pompy próżniowej, aby na życzenie doprowadzić etylen do wrzenia (najniższa temperatura osiągnana: – 136°C przy 2.5 cm Hg). Skroplony tlen może być obserwowany poprzez ciekły etylen, jeżeli potrzeba przy użyciu wiązki światła (patrz [12]).

jako chłodziarka. Termometr wodorowy pozwalał śledzić temperaturę (Fig. 3). Rezultaty okazały się imponujące: 4 kwietnia 1883 roku tlen ukazał się przy – 130°C w szklanej rurce włoskowatej jako bezbarwna ciecz [2], kiedy ciśnienie było około 20 atm. Przez zredukowanie ciśnienia można było doprowadzić tę ciecz do wrzenia. To był właśnie, mówiąc ści-

śle, rzeczywisty stan „statyczny”. Mniej więcej co tydzień Wróblewski i Olszewski kolejno depešowali swoje rezultaty do Paryża, gdzie pojawiały się one w *Comptes Rendus Akademii*. Po tlenie następował azot a potem tlenek węgla; wodór był następnie badany dla próby, ale próba ta nie udała się nawet przy – 136 °C i 150 atm. Co do ciekłego tlenu, jeżeli był on rzeczywiście dostrzegalny, nie można jeszcze było nim manipulować oddzielnie, jednakże – powiedzmy, można było go przelewać z jednej butli do drugiej – więc wciąż było zajęcie. Przez nieznaczne zmienianie ilości cieczy Wróblewski i Olszewski mogli zmieniać jej temperaturę. Rzeczywiście, kiedy część cieczy była powyżej wrzącego etylenu, to jej temperatura nieco wzrastała, a wraz z nią ciśnienie. W pewnym punkcie menisk zdawał się spłaszczać i nawet zanikać. Przez obniżenie ciśnienia mechanicznego menisk powracał. Wróblewski – pracując wtedy sam – zauważył, że zjawiska krytyczne pojawiały się przy pewnym szczególnym ciśnieniu: około 50 atm. Temperatura krytyczna była daleko trudniejsza do wyznaczenia. Jednakże przez dopasowywanie ciśnienia działającego na ciekły etylen jego temperatura mogła być regulowana w sposób znaczący, co umożliwiało śledzenie zachowania się menisku. W ten sposób Wróblewski doszedł do oszacowania temperatury krytycznej jako – 113°C. Zamiast termometru wodorowego było także testowane nowe urządzenie elektryczne (1885). Była to odmiana bolometru, której działanie było oparte na temperaturowej zależności oporności metali. Przy użyciu tego urządzenia Wróblewski zauważył, że oporność miedzi w ciekłym azocie dążyła do zera. Sensacyjne odkrycie, które spowodowało, że koledzy otwarcie spekulowali na temat jego możliwości. Około roku 1886 i z nieznanых powodów Wróblewski zmienił tematykę swoich badań naukowych. Zmarł tragicznie mając zaledwie 43 lata po pożarze w laboratorium. Olszewski pracujący już samodzielnie od końca roku 1883 kontynuował swoją działalność, która dalej umacniała polską tradycję w skraplaniu.

Europa w procesie tworzenia się: Ramsay i Olszewski (1895)

Jest w pełni zrozumiałe, że w takiej głośnej dziedzinie badań wywiązała się pewna rywalizacja stawiająca Olszewskiego jako przeciwnika Jamesa Dewara. Dewar poczynił fascynujące odkrycia na swój rachunek ale miał tendencję do żądania więcej, niż mu się należało. Były to czasy, kiedy pewni brytyjscy fizycy otwarcie skarżyli się na swoich brytyjskich kolegów, którzy mieli skłonność odmawiać honorów należnych cudzoziemcom. To doprowadziło niewątpliwie do tego, że William Ramsay *nie poprosił* Dewara – pracującego za rogiem w Londynie – aby ten spróbował skroplić jego nowoodkryte: „argon” i „hel”, ale zamiast tego posłał próbki do Olszewskiego w Krakowie (Figura 4). Z argonem rzeczywi-

ście udało się: skroplił się przy $-187,0^{\circ}\text{C}$, zestalił się przy $-189,6^{\circ}\text{C}$, przy czym temperatura krytyczna $T_{kryt} = -121^{\circ}\text{C}$ a ciśnienie krytyczne $p_{kryt} = 50,6$ atm. Z helem natomiast nie udało się nic zrobić.

Podziękowanie:

Autor wyraża wdzięczność Polskiej Akademii Umiejętności, Kraków, uosobionej przez Wiceprezidenta Andrzeja Kajetana Wróblewskiego, oraz Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego (Kraków; fotografie przejściowe).

O Autorze:

Henk Kubbinga jest historykiem nauki w Uniwersytecie Groningen i członkiem Grupy Historii Fizyki w EPS. Jego nowy projekt dotyczy wydania krytycznego *Dzieł Zebranych Fritsa Zernike* (1888-1966)

oraz *Biografii* tego Groningenskiego (Amsterdamskiego, przyp. tłumacza) laureata Nagrody Nobla.

Notki&referencje

Patrz w szczególności: T. O'Connor Sloane, *Liquid air and the liquefaction of gases*, London: Sampson Low, Marston&Co., 1899 oraz J.Rafałowicz, "History of cryogenics in Poland", w: R.-G. Scurlock (ed.) *History and origins of cryogenics*, Oxford, Clarendon Press, 1992, p. 101-121

[1] Z. Wróblewski and C. Olszewski, *Wiedemann's Annalen der Physik*, **20** (1883) 243

[2] Ilość była wyraźnie za mała, aby zobaczyć nieskazy kolor.

[3] C. Olszewski, *Nature* **51** (1895) 355

Tłumaczył Jerzy Warczewski



Zatopione naczynia: z argonem (300 cm^3) i helem (około 140 cm^3) tak jak były wysłane przez Williama Ramsaya do Olszewskiego odpowiednio 24 grudnia 1894 roku i w lipcu 1895 roku

Od Röntgena do ... czyli promieniowanie jonizujące w radioterapii

Krzysztof Ślosarek,

Kierownik Zakładu Planowania Radioterapii i Brachyterapii,
Profesor Centrum Onkologii – Instytutu im. Marii Skłodowskiej-Curie, Gliwice
Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej – Curie, Oddział w Gliwicach,
44-101 Gliwice, ul. Wybrzeże AK 15

Streszczenie: Promieniowanie jonizujące jest stosowane w leczeniu chorób nowotworowych od początku XX wieku. Sposoby i techniki napromieniania chorych zmieniały się w funkcji ogólnego rozwoju techniki, elektroniki i informatyki. Zostaną przedstawione techniki napromieniania, techniki zmiany rozkładów dawek związane z wprowadzaniem nowych rozwiązań konstrukcyjnych, a także formy współpracy lekarzy i fizyków oraz zmiana roli tych ostatnich w przygotowaniu chorych do leczenia.

Słowa kluczowe: planowanie radioterapii, techniki leczenia, aparaty terapeutyczne, dawki biologicznie równoważne

From Roentgen to radiation therapy

Krzysztof Ślosarek,

Head of Radiotherapy and Brachytherapy Planning Department,
Professor at Maria Skłodowska-Curie Cancer Center and Institute of Oncology, Gliwice

Abstract: Ionizing radiation has been used for cancer treatment since the early 1900s. Over the years the radiotherapy technology has significantly changed after the introduction of many informatics and electronic innovations. Different irradiation techniques, methods of alteration in dose distribution as well as the crucial significance of interdisciplinary cooperation between physicians and physicists underlying the changing role of the latter in preparing a successful treatment of the patients will be presented.

Keywords: radiotherapy planning, treatment techniques, therapeutic devices, biologically equivalent dose

I. Trudny początek

Początek XX wieku to seria wielu odkryć związanych z fizyką promieniowania: Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923), Henri Becquerel (1852–1908), Maria Skłodowska-Curie (1867–1934). Odkrycie promieniowania fotonowego: X i gamma pozwoliło na zobrazowanie wewnętrznej budowy materii, w tym również anatomii człowieka (Ryc. 1). Pojawiła się możliwość zobrazowania wewnętrznej budowy pacjenta, co znacznie ułatwiło diagnozowanie różnych chorób.



Ryc. 1. Pierwsze zdjęcie rentgenowskie przedstawiające budowę anatomiczną dłoni Rudolfa Kollikera, wykonane przez Röntgena i zaprezentowane na posiedzeniu Physical Medical Society w Würzburgu 23 stycznia 1896

Podobnie jak promieniowanie X, również izotopy promieniotwórcze, generujące promieniowanie gamma znalazły zastosowanie w medycynie. W mniejszym stopniu w diagnostyce, większym w terapii. Pierwsze próby zastosowania tego rodzaju promieniowania polegały na umieszczeniu źródła promieniowania na ciele chorego (Ryc.2).

Ochrona radiologiczna pacjenta i personelu pozostawiała wiele do życzenia (Ryc. 3). Lekarze nie zdawali sobie sprawy z konsekwencji stosowania tego typu promieniowania.



Ryc. 2. Maska, na której umieszczono źródła promieniotwórcze



Ryc. 3. Zastosowanie źródeł promieniowania w 1905. St. Vincent, Hospital, Melbourne

Początki stosowania promieniowania jonizującego w medycynie były niewątpliwie trudne. Ale jak zwykle to bywa, początki są zawsze trudne, niemniej uczenie się na błędach i coraz większa wiedza doprowadziły do obecnej sytuacji: bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego w medycynie.

Na Ryc. 2 przedstawiono układ, położenie „pastylek” promieniotwórczych na ciele pacjenta [1]. Taki, w dużej mierze przypadkowy układ pastylek stwarzał najprawdopodobniej rozkład dawki, który powodował, że powstawały miejsca, gdzie dawka była bardzo duża, i takie, gdzie była ona bardzo mała. Zbyt duża dawka powoduje pojawienie się zmian nieodwracalnych, które mogą znacznie utrudnić normalne funkcjonowanie pacjenta po zakończeniu terapii (np. niegojące się rany). Zbyt mała dawka promieniowania jest niewystarczająca do zniszczenia komórek nowotworowych i to powoduje że terapia jest nieskuteczna. Dodatkowym problemem w tym czasie był brak zdefiniowanych wielkości dawki promieniowania. Początkowo posługiwano się pojęciem rumienia skóry. Dopiero wprowadzenie jednostek

ekspozycji i dawki promieniowania umożliwiło ujednoczenie wartości dawek promieniowania, które były podawane pacjentom w czasie prowadzonej terapii. Niestety, dokładna wartość dawki promieniowania jonizującego to dopiero początek sukcesu w radioterapii (czyli zastosowaniu promieniowania jonizującego w medycynie). Wiele lat zajęło radioterapeutom wypracowanie odpowiedniego schematu frakcjonowania dawki. Dlaczego? Ponieważ podanie jednorazowej dawki np. 60 Gy spowoduje zniszczenie komórek nowotworowych (to dobrze), ale równocześnie zostaną zniszczone komórki zdrowe, które otaczają guz nowotworowy [2, 3]. Podstawowym efektem oddziaływania wysokoenergetycznego promieniowania fotonowego jest jonizacja ośrodka, generowanie jonów, wolnych rodników. Promieniowanie jonizujące niszczy wszystkie komórki organizmu: zdrowe i chore. Jeżeli nie przekrocy się pewnego progu dawki, tj. tolerancji komórek zdrowych, istnieje realna szansa odbudowania funkcji, które spełniały komórki zdrowe. Komórki nowotworowe nie są w stanie wrócić do swoich funkcji, ponieważ jedyną funkcją komórek nowotworowych jest podział. I ta różnica jest wykorzystywana w radioterapii. Wieloletnie doświadczenia kliniczne pozwoliły wypracować skuteczne schematy frakcjonowania dawki promieniowania. Prowadzi się obecnie wiele badań klinicznych, aby poprawić skuteczność prowadzonej radioterapii. Tę ostatnią łączy się z innymi metodami leczenia: chemioterapią, chirurgią... Pojawiają się modele matematyczne, które uwzględniają wpływ dawki całkowitej, frakcyjnej (podanej w czasie jednego zabiegu), czasu leczenia, liczby frakcji na dzień, tydzień etc. na prawdopodobieństwo miejscowego wyleczenia powikłań popromiennych [4].

II. Opracowanie standardów fizycznych w radioterapii

Wracamy jednak do zagadnień fizycznych. Jak wspomniano powyżej, promieniowanie jonizujące w taki sam sposób działa na komórki nowotworowe jak i na zdrowe. Ponieważ guzy nowotworowe są „otoczone” przez komórki zdrowe, pojawia się pytanie jak zniszczyć komórki nowotworowe nie przekraczając progu tolerancji komórek zdrowych? Aby osiągnąć ten cel wykonuje się planowanie leczenia, a raczej planowanie rozkładu dawki w radioterapii.

Początki planowania leczenia, obliczania rozkładu dawki to lata czterdzieste ubiegłego wieku. Pierwotnie obliczenia prowadzone były ręcznie, obecnie dysponujemy rozbudowanymi algorytmami, które uwzględniają wszystkie zjawiska fizyczne oddziaływania promieniowania z materią.

Truizmem jest stwierdzenie, że każdy pacjent jest inny a aparat terapeutyczny generujący promieniowanie fotonowe – jeden dla wszystkich leczonych chorych.

Konieczne jest zatem wykonanie pomiarów fizycznych związanych z generowanym promieniowaniem: fotonowym i elektronowym. Należy zmierzyć energię wytwarzanego promieniowania, spadek dawki w funkcji głębokości w ośrodku pochłaniającym oraz funkcji odległości od osi wiązki promieniowania. Ponieważ stosuje się różne wielkości wiązek promieniowania (uzależnione od wymiaru guza nowotworowego), konieczne jest wykonanie pomiarów zależności mocy dawki od wymiarów wiązki promieniowania. Wszystkie pomiary dawki jak i jej rozkładu w przestrzeni są wykonywane w ośrodku, który ze względu na własności fizyko – chemiczne zbliżony jest do tkanki miękkiej. Takim ośrodkiem jest woda (Ryc. 4). Urządzenia, w których wykonuje się pomiary dawek, nazywane są w dozymetrii klinicznej fantomami pomiarowymi [5]. Pomiary te wykonywane są w ściśle określonych warunkach geometrycznych, a ich wyniki są przechowywane w bazach danych, które są podstawą do wyliczania rozkładów dawek dla geometrii wiązek, dla konkretnego pacjenta [6].



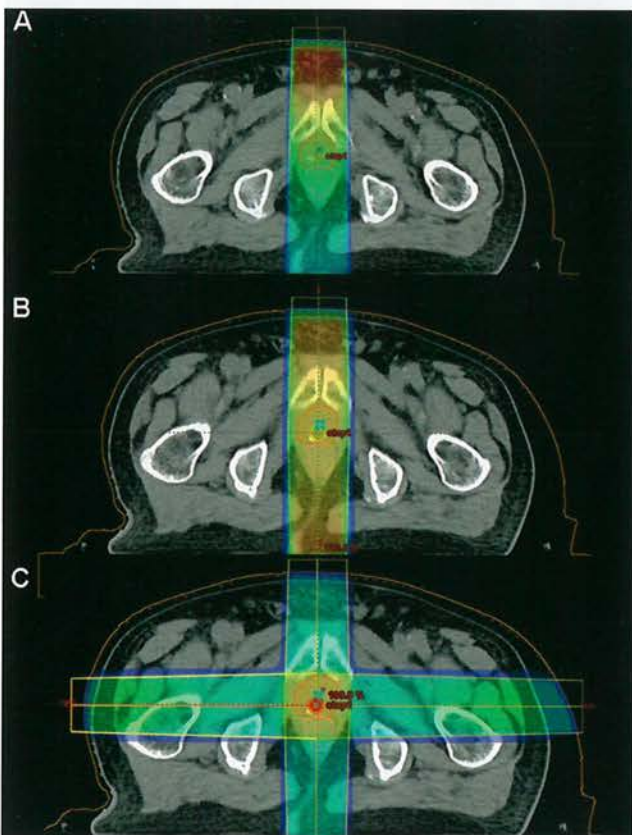
Ryc. 4. Wodny, automatyczny fantom pomiarowy umieszczony jest w obszarze wiązki promieniowania. Pozwala on na pomiar zmiany dawki w funkcji głębokości (w osi wiązki) oraz w odległości od osi wiązki

Komplet danych pomiarowych jest bazą, z której korzystają algorytmy programów komputerowych, które wyliczają rozkład dawki w ciele pacjenta. Algorytmy te korzystają z wzorów, które opisują oddziaływanie promieniowania z materią. Uwzględniają one oczywiście różne gęstości (tkanki miękkiej, kostnej, płucnej) oraz różną geometrię i anatomię chorego [7, 8]. Rozwój i precyzja obliczeń jest ściśle związana z rozwojem informatyki oraz wzrostem mocy obliczeniowych komputerów. Obecnie możliwe jest obliczenie trójwymiarowego rozkładu dawki i dynamiczny sposób prezentacji.

Jak wspomniano wcześniej, guz nowotworowy otoczony jest przez tkanki zdrowe. Jak to jest moż-

liwe, że stosując promieniowanie fotonowe można podać dawkę niszczącą komórki nowotworowe (czyli dużą) nie niszcząc tkanek zdrowych? Trzeba wziąć przecież pod uwagę, że istnieje spadek dawki (eksponencjalny) w funkcji głębokości, który oznacza, że komórki znajdujące się pomiędzy guzem nowotworowym a źródłem promieniowania absorbują większą dawkę (niż guz nowotworowy).

Najprostszym sposobem jest złożenie kilku (lub kilkunastu) wiązek promieniowania [9, 10]. Pozwala to uzyskać taki rozkład dawki, który spełnia te wymagania. Czyli dawka w obszarze guza nowotworowego jest większa od dawki zaabsorbowanej z tkankach zdrowych, które go otaczają (Ryc. 5).

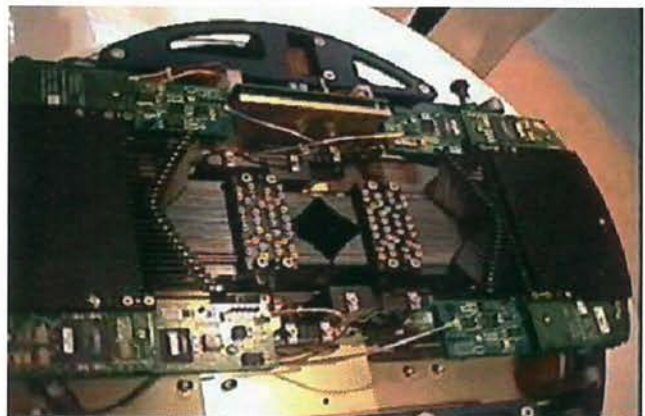


Ryc. 5. A – rozkład dawki w wodzie dla jednej wiązki promieniowania, B – dla dwóch wiązek oraz C – dla czterech. Większa liczba wiązek promieniowania powoduje, że w punkcie ich przecięcia dawka sumuje się, co powoduje jej wzrost

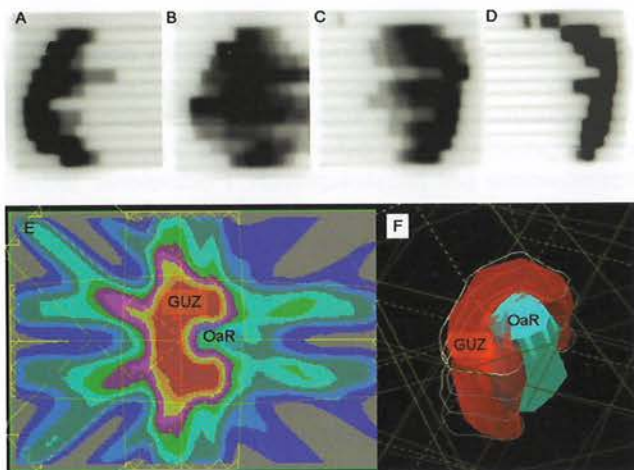
III. Wpływ informatyki na rozwój metod radioterapii

Lata dziewięćdziesiąte ubiegłego wieku to czas szybkiego rozwoju metod leczenia stosowanych w radioterapii. Niewątpliwie rozwój ten był związany z rozwojem informatyki i dalszej miniaturyzacji elektroniki. Kolimator wielolistkowy (MLC – *Multileaf Collimator*) to urządzenie które zmieniło w sposób istotny nie tylko sposób realizacji radioterapii, ale również filozofię planowania leczenia. Kształt wiązki

– pola promieniowania był i jest formowany przez osłony (szczęki) zamontowane w głowicy aparatu terapeutycznego (liniowego przyspieszacza elektronów lub wcześniej „bomby kobaltowej”). Zmiana położenia naprzeciwległych osłon („szczęk”) pozwalała na formowanie pól prostokątnych. Podzielenie jednej pary osłon na małe elementy (listki – *leafs*), które były niezależnie poruszane, pozwoliła na kształtowanie wiązek napromieniania o dowolnych kształtach takich, których forma jest zgodna z obrysem guza nowotworowego (Ryc. 6). W pierwszym okresie stosowania kolimatorów wielolistkowych kształt wiązki był stały w czasie włączonej ekspozycji promieniowania. Zmiana kształtu pola następowała po wyłączonej ekspozycji promieniowania. Wcześniej do kształtowania pola napromieniania stosowano osłony wykonane ze stopu Wooda, które miały za zadanie ochronę tkanek zdrowych, szczególnie wrażliwych na promieniowanie. Kolejnym krokiem była zmiana kształtu pola w czasie włączonej ekspozycji promieniowania, ciągła, nieprzerwana, dynamiczna zmiana. Pojawiło się pojęcie – IMRT – *Intensity Modulated Radiation Therapy* czyli radioterapia ze zmianą intensywności wiązki. Dotychczas, przed „erą IMRT”, wszystkie wysiłki fizyków medycznych oraz inżynierów medycznych były ukierunkowane na wytworzenie jednorodnego rozkładu dawki promieniowania. Wynikało to z faktu, że zakładano jednorodny rozkład komórek nowotworowych w obszarze guza nowotworowego. Obecne metody diagnostyczne pozwalają stwierdzić, że nie jest on jednorodny, dlatego wartość dawki w poszczególnych jego obszarach powinna być różna. Technika IMRT pozwala na generowanie niejednorodnego rozkładu dawki, świadomie bowiem dążono do zmiany formy izodoz. Nie była to jedyna, rewolucyjna zmiana: technika IMRT pozwalała na wybór takiej geometrii układu wiązek promieniowania, żeby nie przechodziły one przez narządy krytyczne (OaR – *Organ At Risk*). Narządami krytycznymi w radiote-



Ryc. 6. Kolimator wielolistkowy, firmy Varian Medical Systems jest jednym z kilku dostępnych na rynku urządzeń, które umożliwiają ciągłą w czasie, zmianę kształtu wiązki promieniowania



Ryc. 7. Płynna zmiana kształtu pola wiązki promieniowania umożliwia doskonałą ochronę tkanek zdrowych z równoczesnym zachowaniem dawki terapeutycznej w guzie nowotworowym. A, B, C i D – zmiana kształtu wiązki promieniowania w czasie ekspozycji promieniowania. E i F: rozkład dawki w guzie, który otacza tkanki zdrowe

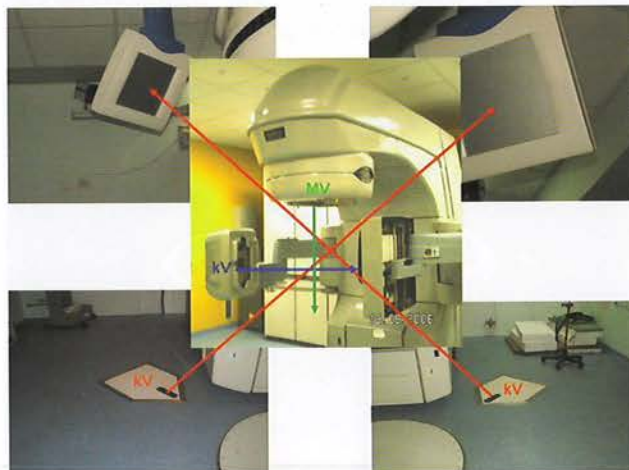
rapii nazywane są takie narządy anatomiczne (struktury), których uszkodzenie może doprowadzić do pogorszenia komfortu życia po zakończonej terapii (np. paraliż ręki).

Dotychczas planowanie leczenia polegało na omijaniu takich narządów. W technice IMRT program komputerowy wylicza kiedy i na jak długo wybrane listki kolimatora mają osłaniać wybraną strukturę (Ryc. 7). Pojawiło się pojęcie odwrotnego planowania leczenia (*inverse planning*). Planując rozkłady dawek w technikach dynamicznych należy zdefiniować zależność objętości od dawki promieniowania, zarówno w obszarze guza nowotworowego, jak i narządach krytycznych. Techniki niedynamiczne wymagają zdefiniowania dawki w punkcie. Istnieje szereg algorytmów, które obliczają ruchy listków kolimatora, dążąc do otrzymania minimalnej różnicy pomiędzy wymaganym rozkładem dawki a obliczonym. Istnieje możliwość wyliczenia takiego rozkładu dawki, żeby spełniał on wymagania terapeutyczne, tj. żeby niszczył komórki nowotworowe, minimalizując prawdopodobieństwo powstania uszkodzeń popromiennych. Często gradient spadku dawki jest bardzo duży, kształt zaś wiązek promieniowania jest tak obliczony, aby zminimalizować dawkę w tkankach zdrowych. Spełnienie tego warunku powoduje, że pojawia się kolejny problem: każdy najmniejszy błąd w zdefiniowaniu położenia guza nowotworowego, jego wymiaru, zmiany położenia w czasie seansu terapeutycznego, zmiany wielkości w czasie terapii, może spowodować użycie niewłaściwej dawki terapeutycznej w wymaganej objętości, a co za tym idzie, niepowodzenie prowadzonej terapii. Co gorsza, jeżeli podać dawkę promieniowania, ale nie we właściwym obszarze, to można spowodować uszkodzenia popromienne. Zatem pojawiła się konieczność weryfikacji graficznej prowadzonej terapii,

innymi słowy sprawdzenia (w czasie rzeczywistym) czy dawka promieniowania deponowana jest we właściwym obszarze.

Pojawiły się różne możliwości sprawdzania dokładności ułożenia chorego. Obecnie istnieje kilka sposobów obrazowania, które wykorzystują:

- promieniowanie megawoltowe generowane przez aparat terapeutyczny [11],
- promieniowanie kilowoltowe generowane przez dodatkowe lampy rentgenowskie zintegrowane z aparatem terapeutycznym lub niezależne od niego (Ryc. 8).

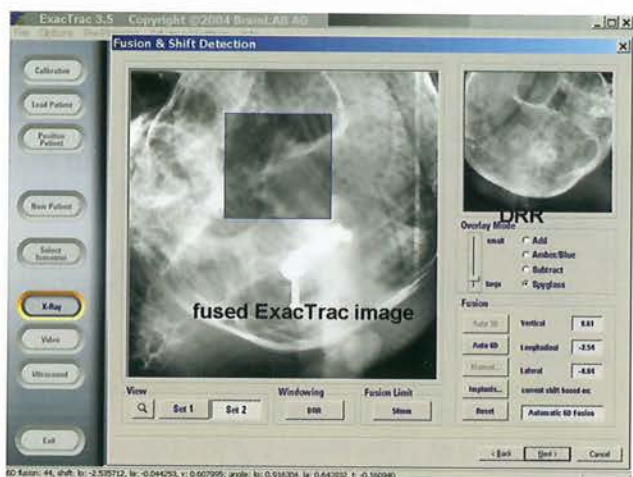


Ryc. 8. Systemy obrazowania w czasie rzeczywistym w radioterapii. Lampy rentgenowskie zamontowane w podłodze oraz detektory zawieszane pod sufitem są niezależnymi od akceleratora systemami obrazowania. Dodatkowa lampa rentgenowska oraz system EPID są integralnym elementem akceleratora terapeutycznego. Oba systemy graficznego obrazowania doskonale współpracują, pozwalając na precyzyjne zweryfikowanie pozycji terapeutycznej pacjenta w czasie zabiegu

Wykonanie zdjęcia weryfikującego to jedna rzecz, druga zaś to porównanie go z referencyjnym ułożeniem chorego. Istnieje wiele sposobów porównywania dwóch obrazów. Zazwyczaj jest to nałożenie obrazów zwane „fuzją” [12].

Aby można było sprawdzić precyzję ułożenia chorego należy bardzo dokładnie ułożyć go na aparacie terapeutycznym, przed rozpoczęciem zabiegu terapeutycznego (Ryc. 9). W tym celu stosuje się zewnętrzne (umieszczone na ciele chorego) i wewnętrzne (umieszczone wewnątrz chorego) znaczniki [13, 14, 15]. Można również stosować przerwę w ekspozycji promieniowania, jeżeli guz nowotworowy wskutek np. oddychania chorego „wychodzi” poza wiązkę promieniowania, lub zmieniać położenie wiązki, która śledzi zmianę położenia guza. Wszystko po to, aby zminimalizować dawkę w tkankach zdrowych i podać jak największą dawkę w obszarze komórek nowotworowych.

Oczywiście współczesny Zakład Radioterapii nie mógłby działać bez sprawnego systemu informa-

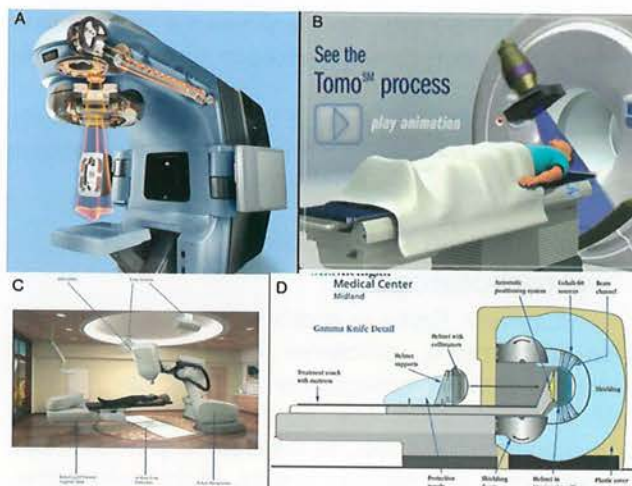


Ryc. 9. Fuzja obrazów referencyjnych wygenerowanych przez system planowania leczenia (DRR – *Digital Reconstruction Radiograph*) ze zdjęciem wykonanym przez lampy rentgenowskie w czasie seansu terapeutycznego dla rzeczywistego położenia chorego

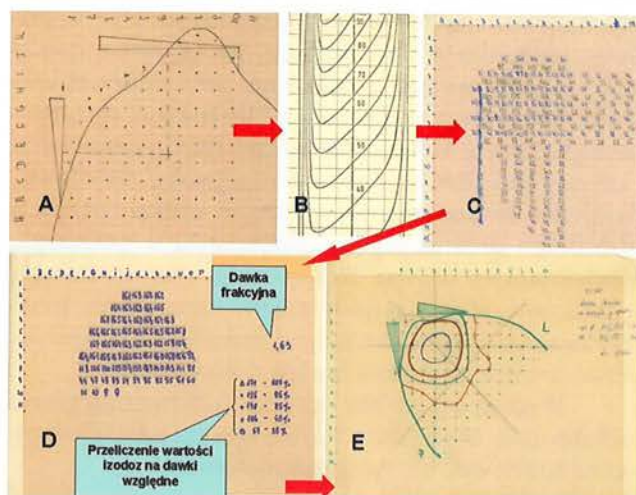
tycznego, w którym wszystkie urządzenia połączone są siecią informatyczną. Istnieje wspólna baza danych, w której przechowywane są dane dotyczące sposobu leczenia pacjenta, realizacji na aparacie terapeutycznym i wszystkie badania obrazowe. Zakłady Radioterapii XXI wieku dysponują bardzo rozbudowaną siecią informatyczną, zazwyczaj z kilkoma serwerami i terabitami pamięci masowej.

IV. Urządzenia generujące promieniowanie jonizujące stosowane w radioterapii

Obecnie najczęściej stosowanymi aparatami w radioterapii są liniowe przyspieszacze elektronów. Zasada fizyczna działania wszystkich obecnie stosowanych akceleratorów jest taka sama, jednak rozwiązania konstrukcyjne różne, dlatego aby można było jak najlepiej zrealizować założenia terapeutyczne ze względu na położenie guza nowotworowego i budowę anatomiczną pacjenta. Do napromieniania bardzo małych zmian można stosować kolimatory o bardzo małych wymiarach, które nie zmieniają swojego kształtu dynamicznie w czasie ekspozycji promieniowania. Duże zmiany nowotworowe (guzy nowotworowe) wymagają zastosowania zmiennych kształtów wiązek w czasie ekspozycji promieniowania. Można zmieniać położenia źródła promieniowania względem pacjenta lub odwrotnie: położenie chorego względem źródła promieniowania. Wszystko po to, aby w sposób maksymalny ochronić tkanki zdrowe. Czasami jednak konieczne jest napromienienie mniejszą dawką promieniowania komórek poza guzem nowotworowym, jeżeli istnieją uzasadnione podejrzenia, że komórki nowotworowe penetrują obszary poza „litym” guzem. Do tego celu znakomicie nadaje się dynamiczna technika napromieniania oraz techniki kon-



Ryc. 10. Obecnie w radioterapii stosuje się różnego rodzaju aparaty terapeutyczne, które wykorzystują wysokoenergetyczne promieniowanie fotonowe. Najbardziej rozpowszechnionym jest liniowy przyspieszacz elektronów (A). Aparaty te wyposażone są we wszystkie dodatkowe urządzenia, które pozwalają na generowanie różnych kształtów pól napromieniania (kolimatory wielolistkowe) oraz lampy rentgenowskie do weryfikacji położenia chorego. Tomoterapia (B) to połączenie idei tomografu komputerowego z akceleratorem: źródło promieniowania obraca się wokół chorego z równoczesnym przesuwem stołu, na którym leży chory. CyberKnife (C) to połączenie akceleratora z robotem przemysłowym, który umożliwi napromieniania bardzo małych guzów nowotworowych stosując kilkadziesiąt wiązek promieniowania. Jedynym obecnie urządzeniem stosującym izotop kobaltu (Co-60) jest GammaKnife (D), który stosowany jest do napromieniania bardzo małych zmian nowotworowych zlokalizowanych w mózgu



Ryc. 11. Przykłady obliczania rozkładu dawek promieniowania. Na wykonany zewnętrzny obrys pacjenta (A) planowano geometrie wiązek promieniowania. Korzystając ze zmierzonych wartości rozkładów dawek w fantomach pomiarowych (B) obliczano macierz dawek, uwzględniając różne odległości skóry chorego od źródła promieniowania (C). Następnie wybierano jedną wartość z obliczonej macierzy (D) jako referencyjną i kreślono izodozę (E)

formalne, które mogą być realizowane przez różne aparaty terapeutyczne generujące promieniowanie jonizujące (Ryc. 10).

I pomyśleć, że jeszcze 25 lat temu rozkłady dawek w radioterapii obliczano „ręcznie” korzystając z wartości stabelaryzowanych (Ryc. 11) [16].

V. Rola fizyka medycznego w radioterapii

Czy rola fizyka w radioterapii sprowadza się tylko do pomiaru, obliczenia dawki, nadzorowania systemu informatycznego, czy może do czegoś więcej? W mojej opinii: Tak, do czegoś więcej. Dla fizyka dwa razy trzydzieści to sześćdziesiąt (w układzie dziesiętnym). Dla radioterapeuty, efekt biologiczny, jaki zostanie wywołany przez dawkę 60 Gy, zależy od sposobu jej frakcjonowania. Trzydzieści frakcji po 2 Gy, lub cztery frakcje po 15 Gy wywołają zupełnie różne efekty biologiczne. Pojawia się problem dawek równoważnych w radioterapii, czyli takich, które wywołują porównywalny efekt biologiczny. Fizycy medyczni, mający dobry aparat matematyczny, we współpracy z lekarzami radioterapeutami tworzą modele matematyczne, które ułatwiają porównywanie różnych schematów frakcjonowania dawki w radioterapii. Modele matematyczne oceniają wpływ dawki frakcyjnej, liczby frakcji na dzień, tydzień, a także przerw w czasie terapii na skuteczność leczenia. Istnieje wiele parametrów, które mają wpływ na otrzymane wyniki (każdy pacjent jest inny), dodatkowo nie dysponujemy możliwością przeprowadzenia eksperymentu w celu sprawdzenia poprawności obliczeń. Wyniki obliczeń porównywane są z efektami leczenia w bardzo ograniczonym zakresie. Dlatego wykonywane modelowanie służy jedynie jako wskazanie kierunku zmian, np. czy zwiększenie dawki frakcyjnej spowoduje zwiększenie prawdopodobieństwa miejscowego wyleczenia. Nie można korzystać bezkrytycznie z klinicznych badań retrospektywnych z co najmniej dwóch powodów: sposobu definiowania dawki terapeutycznej w różnym czasie i różnych ośrodkach oraz postępów diagnostyki w onkologii. Modelowanie dawek biologicznie równoważnych w radioterapii jest zagadnieniem niezmiernie trudnym a zarazem pasjonującym. Rola fizyka w tym zakresie prawdopodobnie będzie coraz większa.

Wydaje się, że bez udziału fizyka współczesna radioterapia chyba sama sobie nie poradzi, dlatego warto zajmować się tymi zagadnieniami.

VI. Literatura

1. Dutreix A., Marinello G., Wambersie A., Dosimetrie en curietherapie, Masson, 1982, ISBN 2-225-75548-5;
2. Lemoigne Y., Caner A., Radiotherapy and Brachytherapy, Springer, 2007, ISBN 978-90-481-3096-2;
3. Steel G. G., Basic Clinical Radiobiology, Edward Arnold Publishers, 1993, ISBN- 0-340- 60144-2;
4. Wing D. R., Applied Radiobiology and Bioeffect Planning, Medical Publishing, Madison, Wisconsin, 2001, ISBN 1-930524-0506;
5. Khan Faiz M., The Physics of Radiation therapy, Lippincott Williams & Wilkins, 2003, ISBN 0-7817-3065-1;
6. Khan F. M., Treatment Planning in Radiation Oncology, Lippincott Williams & Wilkins, 2007, ISBN-13 978-0-7817-8541-9;
7. www.varian.com;
8. www.accuray.com;
9. Dobbs J., Barrett A., Ash D., Practical Radiotherapy Planning, Arnold, 1999, ISBN 0 340 70631 7;
10. Brady L., W., Heilmann H., P., Molls M., Technical Basis of Radiation Therapy, Springer, 2006, ISBN-10 3-540-21338-4;
11. Urschel H., C., Treating Tumors that Move with Respiration, Springer, 2007, ISBN 978-3-540-69885-2;
12. Wahl R., L., Principles and practice of PET and PET/CT, Lippincott Williams & Wilkins, 2009, ISBN 978-0-7817-7999-9;
13. Bortfeld T., Schmidt-Ullrich R., De Neve W., Wazer D., E., Image-Guided IMRT, Springer, 2006, ISBN – 10-540-20511-X;
14. Meyer J.L., IMRT IGRT SBRT Advances in the Treatment Planning and Delivery of Radiotherapy, Karger, 2007, ISBN 0071-9676;
15. Valincenti R. K., Dicker A. P., Jaffray D.A., Image-guided radiation therapy of prostate cancer, Informa Healthcare, 2008, ISBN 1-4200-6078-3;
16. Ślosarek K., Podstawy planowania leczenia w radioterapii, Polskie Towarzystwo Onkologiczne, Oddział Śląski, Gliwice 2007, ISBN 978-83-925813-0-7;

Impresje i refleksje zainspirowane lekturą książki o Profesorze Aleksandrze Jabłońskim autorstwa J. Szudego i A. Bielskiego

Lidia Smentek

Vanderbilt University, 25 stycznia, 2011

Streszczenie: Książka "Aleksander Jabłoński (1898-1980) fizyk muzyk żołnierz" napisana przez Józefa Szudego i Andrzeja Bielskiego, wydana przez Wydawnictwo UMK (Toruń 2010) jest inspiracją wspomnień i źródłem refleksji, aczkolwiek zabarwionych niespełnionymi oczekiwaniami. Pozycja ta, poświęcona twórcy Toruńskiej Szkoły Fizyki, autorowi słynnego schematu wyjaśniającego luminescencję, jest precyzyjnie skomponowaną kroniką, a nie biografią Profesora. Stąd wzrastająca dramaturgia w trakcie czytania i obawa czytelnika, rosnąca przy przewracaniu kolejnych kartek, że do końca książki Autorzy nie zdążą już przedstawić Pana Profesora takim, jakim był dla Nich i innych uczniów; w tym tomie, liczącym 685 stron, faktycznie Autorzy nie zdążyli...

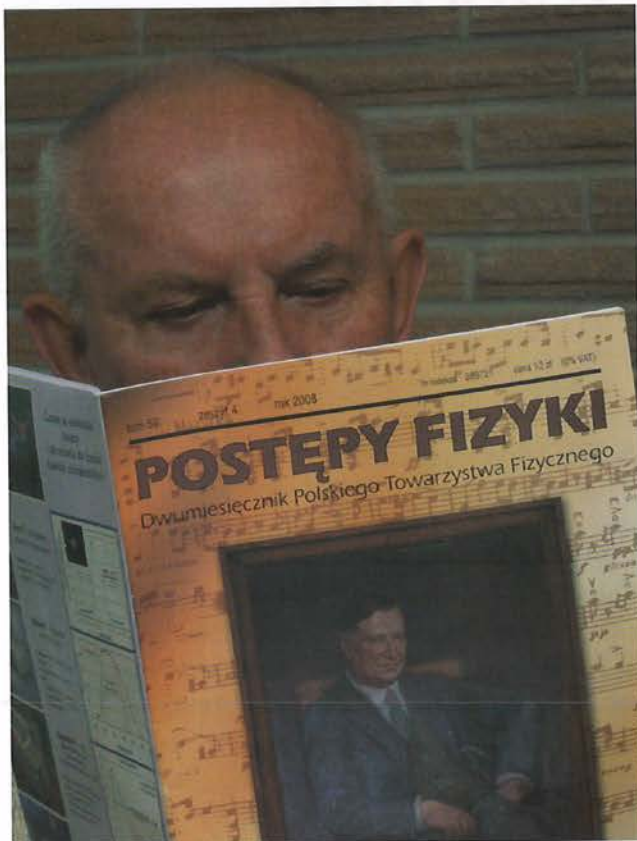
Impressions and reflections inspired by the book about Professor Aleksander Jabłoński by J. Szudy and A. Bielski

Abstract: The newly published book (UMK Publishing House, Toruń 2010) "Aleksander Jabłoński (1898-1980) fizyk muzyk żołnierz" (physicist, musician, soldier – from the Editor), by Józef Szudy and Andrzej Bielski, inspires one to reminiscence and reflect on the past, however both are somehow shadowed by the unfulfilled expectations. This book is devoted to the founder and creator of the so-called Toruń School of Physics, the author of the famous scheme explaining luminescence; but it is not his biography, since it is written as a very precisely woven chronicle. Therefore, during the course of reading, the dramaturgy escalates while turning page after page as the reader is becoming anxious that the authors will not be able, by the end of the book, to present the personality of the Master and share their own memories. In this volume of 685 pages they indeed did not make it...

Kiedy przygotowywałam materiały do pisania wspomnienia o Profesorze Jabłońskim z okazji Jego 110 rocznicy urodzin dla Głosu Uczelni (UMK), Postępów Fizyki i FIP APS Newsletter, na przełomie 2008/2009, kilkakrotnie miałam honor i przyjemność rozmawiać telefonicznie z Panią Profesor Danutą Jabłońską. Po kilku rozmowach pełnych żywych opisów sylwetki Pana Profesora, Jej Ojca, w swoim dla Pani Profesor języku Wańkowiczopodobnym, padła propozycja, żebym podjęła współpracę z ulubionym przez Pana Profesora Uczniem, Józefem

Szudym, nad zapowiadaną od jakiegoś czasu biograficzną książką. Zobligowana taką propozycją Córki Profesora zgłosiłam gotowość współpracy, tylko po to, żeby się dowiedzieć od starszego kolegi, że On ma własną koncepcję książki i pomocy nie potrzebuje. Taka odpowiedź sprawiła mi ulgę, bo niewiele mogłabym wnieść w pracę nad biografią Profesora Jabłońskiego, porównując moje wspomnienia z doświadczeniami Jego ucznia. Faktycznie, zaczęłam studia w 1966, na dwa lata przed przejściem Profesora na emeryturę. Oczywiście, mam

osobiste wspomnienia z bezpośrednich kontaktów z Panem Profesorem w okresie od 1971 roku, kiedy po skończeniu studiów zostałam asystentem w Instytucie Fizyki; do 1980 roku, roku śmierci Profesora.



Emanuel Walentynowicz, Uczeń Profesora, czytający *Postępy Fizyki* (59(4), 2008) z moim artykułem i wspomnieniami Mikołaja Rozwadowskiego, Ucznia Profesora, i Marka Wakarecy, muzyka; materiały przygotowane z okazji 110 rocznicy urodzin Profesora (z prywatnego albumu E. Walentynowicza)

Wzrastałam jako fizyk w otoczeniu pełnym opowiadań o hipotetycznych sytuacjach i przewidywaniach asystentów, moich nauczycieli, jakby zachował się Pan Profesor, gdyby... Już wtedy, w końcowych latach sześćdziesiątych, krążyły wokół legendy stawiające Pana Profesora na piedestał aurytetytu. Obserwowałam otoczenie z tylnych rzędów sali XXV, w której odbywały się słynne Seminarium Czwartkowe. Tylko raz byłam przy tablicy w obecności Profesora Jabłońskiego i to było w czasie mojej obrony pracy doktorskiej w 1979 roku, co zostało żartobliwie udokumentowane przez nieżyjącego Andrzeja Sadleja w Jego XV wykładzie Aleksandra Jabłońskiego. Wychowana byłam w atmosferze etosu Profesora, ale moje doświadczenia nikły jednak na gruncie wspomnień i doświadczeń starszego Kolegi, który był wiernym uczniem Profesora do końca Jego dni. Z wielkim więc napięciem czekałam na zapowiadaną biografię Profesora Jabłońskiego autorstwa Józefa Szudego. Spodziewałam się nowej charakte-

rystyki sylwetki Pana Profesora, takiej, jaka widziana była przez Jego ucznia/uczniów, sylwetki Nauczyciela; nauczyciela nie tylko fizyki, ale również etyki i moralności, jako reguł postępowania w dążeniu do poznania prawdy.

Z okazji mojego nagłego przejścia na emeryturę, po 40 latach pracy w IF UMK, na nową drogę życia i ku przypomnieniu moich korzeni naukowych, otrzymałam w prezencie od jednego z zaprzyjaźnionych ze mną uczniów Profesora Jabłońskiego książkę „**Aleksander Jabłoński (1898-1980), fizyk muzyk żołnierz**” Józefa Szudego i Andrzeja Bielskiego, wydaną przez Wydawnictwo Naukowe, UMK (Toruń 2010). Książka zawiera 18 rozdziałów, Prolog, Epilog, Spis Prac Aleksandra Jabłońskiego, 6 Załączników i na końcu Bibliografię i trzy Skorowidze, nie licząc Streszczenia w języku angielskim; w ramach tego, na 685 stronach umieszczonych jest...1109 przypisów! W mojej obszernej bibliotece prezent ten zajął drugie miejsce, jeśli chodzi o objętość; zaraz po opracowaniu Stevena Hawkinga „*On the Shoulders of Giants*” z pięcioma rozdziałami poświęconymi Kopernikowi, Galileuszowi, Keplerowi, Newtonowi i Einsteinowi, włączając w to przedruk głównych dzieł tych uczonych (1264 stron).

W tej nowej pozycji poświęconej twórcy Toruńskiej Szkoły Fizyki, autorstwa J. Szudego i A. Bielskiego, tło prezentacji przerosło zapowiedzianego w tytule bohatera. W książce, zwłaszcza biograficznej, poświęconej jednej osobie (podobnie zresztą jak w publikacji naukowej) obowiązują te same zasady proporcji, jak na namalowanym obrazie. To znaczy że im większe jest tło, tym mniejszy staje się przedstawiany bohater, czy obiekt. Dlatego, albo stosuje się perspektywę i oddalenie tła, albo rozmażaną kreską kreśli się tylko jego kontury skierowując ostre światło na bohatera. Efektu takiego nie uzyskuje się przez opowiadanie monotonnym głosem o wszyst-



Sala 26 IF UMK; w środku Pan Profesor Jabłoński, po bokach, moi nauczyciele, Jego Uczniowie: (od lewej) H. Łożykowski, S. Łęgowski, K. Antonowicz, Pan Profesor, E. Walentynowicz i E. Lisicki (z prywatnego albumu E. Walentynowicza)

kim, co miało miejsce na chronologicznej skali, zwłaszcza wtedy, kiedy dogłębna penetracja dostępnych archiwów, zapisów obrad i historycznych rozpraw dostarcza ogromu materiału. W taki sposób powstaje kronikarska praca, która dokumentuje wydarzenia i jednocześnie staje się bankiem informacji dla potencjalnych badaczy opracowanego tematu. Książka Szudego i Bielskiego świetnie spełnia właśnie rolę kroniki, choć jej tytuł nie jest adekwatny do treści (albo *vice versa*). W takim kronikarskim dziele, ze smutkiem muszę przyznać, sylwetka Profesora, jaką pamiętam z mojej młodości i ta, wykrystalizowana przez rozmowy z Panią Profesor Frąckowiak i z kilkoma uczniami i świadkami Jego życiowych pasji, po prostu umyka.

Zamiast rozdziału *Przeżycia Aleksandra Jabłońskiego na wojnach*, czytamy o szczegółach wojen przeżytych przez Aleksandra Jabłońskiego. Podobnie, na przykład informacja o różnych kalendarzach będących powodem rozbieżności dat urodzenia Profesora na zamieszczonych dokumentach, które przyciągają uwagę choćby pobieżnego czytelnika chcącego zobaczyć kopie oryginalnych dokumentów z życia Mistrza, zamiast w głównym nurcie prezentacji, znajduje się w jednym z 1109 przypisów. Żal mi jest też, że piękne i wzruszające listy Profesora pisane do Małżonki i Córek z obozu w Kozielsku i zaświadczące tragizm czasów tamtego pokolenia, zasłużyły tylko na prezentację na końcu książki. Widziałam te listy przekazane przez Córkę Profesora i przechowywane z pietyzmem w Archiwum UMK, a oglądając je czułam ich ładunek historyczny i emocjonalny; w książce niestety umknął on autorom w płaskiej i obojętnej kolekcji zebranej po prostu w kronikarskim stylu jako Załącznik numer 4.

Wymieniam tutaj tylko kilka przykładów niespełnionych oczekiwań czytelnika.

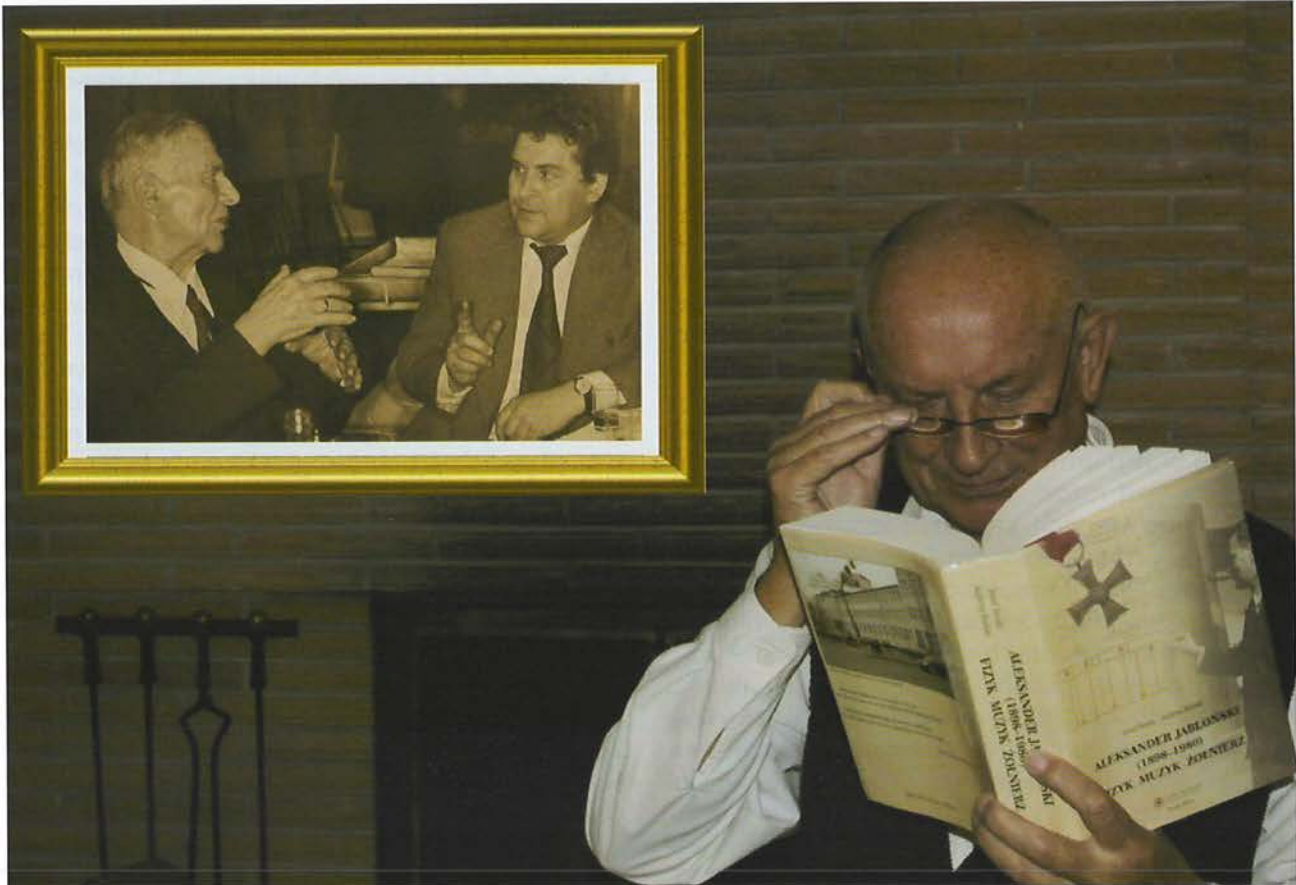
Lista nazwisk w skorowidzu na końcu książki obejmuje prawie 800 pozycji, bez tych, które występują tylko w Przypisach, jak zaznaczają autorzy. Wydaje się, że ten obszerny kalejdoskop osób mógłby być skrócony, choćby w celu zawężenia wspomnianego tła. W dobie Internetu nie ma potrzeby, żeby przedstawiać na przykład współczesnych miejscowych uczonych znajdujących się wiekowo (i nie tylko) w dalekiej perspektywie od Mistrza. W tzw. mgnieniu oka można przecież znaleźć ich wkład do nauki światowej w postaci opublikowanych prac. Zresztą, przygotowana przez autorów prezentacja uczonych obecnie tworzących Instytut jest raczej wybiórcza i tendencyjna, jako ograniczona do potomków naukowych Profesora z gałęzi doświadczalnej, z kilkoma wyjątkami tych zasłużonych na polu działalności organizacyjnej. W każdym jednak wypadku wymieniane w książce tzw. pokolenia uczniów Profesora dotyczą pokoleń z życia Instytutu Jabłońskiego i kolejnych roczników absolwentów, czy doktorantów, a nie generacji w powszechnie rozumianym znaczeniu prze-

kazywania doświadczeń z ojca na syna (choćby naukowego). Niemniej, z wielką przyjemnością czytałam informacje dotyczące moich nauczycieli i starszych kolegów, choć szczegóły ich karier i dokładne dane zamieszczone w książce ograniczają spektrum potencjalnych czytelników do tych, którzy część własnego życia spędzili na UMK. Oczywiście wyjątkami są te osobowości świata akademickiego, których nazwiska i naukowe dokonania znane są z podręczników i wybitnych publikacji, a ich sława i uznanie wybiegają poza ramy lokalnej szachownicy. Takie fakty poszerzają grono czytelników do tzw. przyrodników, choć powinien być mimo wszystko zachowany umiar w prezentowanych szczegółach znowu na korzyść przejrzystości obrazu głównego bohatera. Jednocześnie, duży ładunek fizyki zawarty w książce i tak jest progiem nie do przebycia, zwłaszcza dla czytelnika szukającego opowiadania o życiu Profesora Jabłońskiego, zasugerowanego tytułem tej pozycji.

Szkoda tylko, że koncepcja pokoleniowa przedstawiania fizyków toruńskich, przyjęta przez autorów, nie znalazła zastosowania w prezentacji drzewa genealogicznego Profesora. Istotnie, Nota Biograficzna na końcu sięga tylko pierwszego pokolenia, czyli Córek, mimo, że jedna z Nich opisała jak bliskie Panu Profesorowi było następne pokolenie.

Ilość informacji zawartych w książce Szudego i Bielskiego onieśmiela i obezwładnia nawet fizyka teoretyka przyzwyczajonego do koronkowych wypraw skomplikowanych wyrażeń matematycznych. Dzieło napisane z istic pedantyczną precyzją, godną fizyków z pierwszego pokolenia Mistrza Jabłońskiego (według standardowych definicji gałęzi naukowego drzewa genealogicznego) zasługuje na uznanie choćby za ogrom pracy wykonanej przez autorów, aczkolwiek pozycja ta, przez swoją wielowątkowość i chronologiczny układ wydarzeń, jest lekturą trudną. Żałuję, że książka nie istnieje w elektronicznej wersji zdefiniowanej w konwencji różnych czcionek zastosowanych do różnych wątków. W takiej sytuacji wybrałabym ten szlak, który wiedzie przez biograficzne dane, głównie poszukując wspomnień autorów o swoim Mistrzu. Szkoda, że J. Szudy i A. Bielski nie podzielili się skrywanymi nadal wspomnieniami o swoich doświadczeniach zdobytych w ciągu lat obcowania z Profesorem; a może przygotowują drugi tom tego dzieła oparty na własnych wspomnieniach?

Na stronie 183 autorzy przywołują cytaty z wywiadu z 1983 roku, udzielonego przez Leonarda Sosnowskiego o atmosferze badań na Hożej, w Warszawie, na początku jego kariery naukowej: ...*„Professor to było coś bardzo dalekiego. Jeśli się miało naprawdę problem naukowy, to się dyskutowało ze starszym kolegą. Z profesorem zaś, to trochę jak z papieżem; z nim się nie rozmawia, jego się słucha”*. Na fotografii poniżej Emanuel Walentyłowicz czyta świeżo opublikowaną książkę o swoim Mistrzu,



Emanuel Walentynowicz pogrążony w lekturze nowej książki autorstwa swoich Kolegów; w tle historyczna fotografia dokumentująca rozmowę Mistrza z Uczniem J. Szudym (z prywatnego albumu E. Walentynowicza)

a w tle nad kominkiem wisi historyczny portret w złotych ramach. Portret ten, jak się wydaje, dokumentuje kontakt młodego uczonego z profesorem w Instytucie na Grudziądzkiej w Toruniu jako odmienny swoim charakterem od tego na Hożej. Faktycznie, widać rozmowę Mistrza z Uczniem, J. Szudym, w której Uczeń nie tylko słucha, ale też zabiera głos i nawet gestykuje... niestety portret ten jest nadal niemy, bo w książce właśnie opublikowanej, częściowo napisanej przez tego samego młodego rozmówcę z historycznej fotografii, nie słychać żadnego echa odbytych w przeszłości rozmów i dyskusji...

Jedynie osobiste zabarwienie mają fragmenty z książek Pani Profesor Frąckowiak porzucane w różnych miejscach między suchymi kronikarskimi faktami. One się wyróżniają, ale niestety na przeciętnym tle też zatracają wartki tok słownego rysowania obrazów ze wspomnień w oryginale. Dlatego w celu odtworzenia emocjonalnego obrazu Profesora nadal pozostaje tylko lektura książek Jego Córkę, wspomaganych opublikowanymi wywiadami z tymi, którzy podzielili się już wspomnieniami o Mistrzu, Autorytecie, Fizyku, Muzyku i ...zwykłym człowieku.

Łatwo też zauważyć, że techniczne opracowanie książki odbiega od standardów i nie jest udosko-

nalone od 1998 roku, kiedy wydana została przez tę samą witynę książka Briana G. Wybourne'a, „*Physics as a journey*”; autora i kolegi przywołanego w tekście i zacytowanego na ostatnich stronach okładki i obwoluty. Właśnie opracowanie tylnej strony okładki książki Briana było źródłem jego największego niezadowolenia, ponieważ miejsce to było pozostawione puste. Brian uważał, że wzorem najlepszych wydawnictw książkowych, ostatnia strona okładki/obwoluty powinna być zarezerwowana na prezentację autorów dzieła, bądź fragmenty istniejących już recenzji wydawniczych. Znając tę opinię i będąc autorem przedniej okładki książki „*Physics as a journey*” (aczkolwiek bez mojej zgody prawa autorskie przypisane zostały komuś innemu), muszę powiedzieć, iż niesamowitym zbiegiem okoliczności dla mnie jest to, że właśnie słowa Briana, wypowiedziane w trakcie tzw. *after dinner speech* na Konferencji Luminescencji w Toruniu, są umieszczone w tym dokładnie miejscu, które było czułym punktem jego opinii o sztuce wydawniczej. W takiej sytuacji jednocześnie, nie ma żadnej informacji o autorach tej obszernej pozycji, co uważam za niedopatrzenie ze strony Wydawnictwa (nie wspominając pustych skrzydełek obwoluty¹). Jednocześnie,

¹ <http://pl.wikipedia.org/wiki/Obwoluta>: „Skrzydela są wykorzystywane na noty biograficzne, streszczenia, cytaty, recenzje, informacje o serii wydawniczej, zapowiedzi wydawnicze itp.”



„Lecą, lecą fizycy ze Szkoły Jabłońskiego,
Jedni wyżej, drudzy niżej.
Mam przyjemność być jednym z nich”

wzorowa precyzja autorów w podawaniu faktów zawiodła jednak w przygotowywaniu wspomnianego wykazu nazwisk osób występujących w opracowaniu. Przy większości nazwisk są wymienione pełne imiona, przy niektórych albo tylko inicjały, albo w ogóle brak informacji o imionach. Jest to drobiazg znikomej wagi, który nie powinien dziwić, biorąc pod uwagę ilość pozycji przygotowanych przez autorów, aczkolwiek brak jednolitości prezentacji powinien być zauważony przez redaktora wydania.

Emanuel Walentynowicz kończy poniższą fotografią i podpisem swoje osobiste wspomnienie o Profesorze Jabłońskim, jako Olbrzymie, na którego barkach stojąc, widział znacznie więcej (według słynnej sentencji Newtona z 1676 roku):

Jako fizyk wykształcony przez Emanuela Walentynowicza i innych Uczniów Profesora Jabłońskiego z pierwszego pokolenia, choćby tylko wymienionych z nazwiska w książce Szudego i Bielskiego, czuję się uczennicą Profesora Jabłońskiego z drugiego pokolenia. Dlatego dołączam do anonimowej rodziny wolnych ptaków przelatujących po bezchmurnym niebie na tej fotografii; nawet jeśli jest to klucz kanadyjskich gęsi, a nie tłum rodzimych orłów!... Być może jest to przelot tęsknych żurawi.

Jednocześnie dziękuję moim starszym Kolegom, J. Szudemu i A. Bielskiemu, za książkę, która pomogła mi na chwilę powrócić do wiosennej młodości, mimo przebywania od jesieni na wymuszonej przez lokalne uwarunkowania emeryturze; a może właśnie dlatego?

PS. Dokładnie dzisiaj, kiedy skończyłam pisanie tych refleksji, dotarła do mnie smutna wiadomość, że zmarła Pani Profesor Danuta Frąckowiak; właśnie dzisiaj planowałam przesać do Poznania wydrukowaną kopię tego, co napisałam i prosić o aprobatę, tak jak w przypadku moich poprzednich wspomnień o Profesorze Jabłońskim.



Tę legitymacyjną fotografię przysłała mi Pani Profesor ze zgodą na jej opublikowanie, kiedy pracowałam nad wspomnieniem wydrukowanym w Postęпах Fizyki; publikuję ją dopiero teraz – *In memoriam...* W podyktowanym liście 4 lutego 2008 roku Pani Profesor napisała między innymi sentencję, która nabrała dzisiaj dodatkowego wymiaru,

SZANOWNA I DROGA KOLEZANKO,
wskazywał miś bardzo Pani list i pamięć
o moim Ojcu, który jak Pani też odwodził
był wspomnianym człowiekiem.

„Teraz on odszedł [i ona odeszła] z tego dziwnego świata tylko chwilę przede mną. Nic to nie znaczy. Ludzie jak my, którzy wierzą w fizykę, wiedzą, że odróżnianie między przeszłością, teraźniejszością i przyszłością jest tylko trwającą uparciem iluzją”

A. Einstein

„Dokończenie” wywiadu z Profesorem Romanem Stanisławem Ingardenem

14 czerwca 2010 roku, gabinet Profesora Ingardena w Instytucie Fizyki UMK; pierwsza rozmowa z cyklu, jaki doprowadził do powstania wywiadu opublikowanego w Głosie Uczelni i Postępach Fizyki.

- W lipcu organizowana jest specjalna konferencja poświęcona zbliżającemu się jubileuszowi 90 urodzin Pana Profesora (1 października 2010); czy Pan Profesor wybiera się na tę konferencję?

Z pewnym zdziwieniem Pan Profesor odpowiedział:

„Nie pojadę w tym roku. Jestem zdrowy, ale nigdy nie wiadomo, co może się przydarzyć. Nie chodzi o to, że podróż jest męcząca, ale nikt nie jest wieczny i każdy musi kiedyś umrzeć; nie chcę robić nikomu kłopotu, gdyby coś się przytrafiło; lepiej umrzeć w domu niż na ulicy.”

- Nie wolno tak myśleć! Pan Profesor z uśmiechem podsumował:

„Prędzej czy później każdy przecież musi umrzeć; lepiej wcześniej niż później, bo jak jest zbyt późno, to człowiek zapada na demencję...”

Po tej uwadze zapewniłam Pana Profesora, że jeśli w taki sposób analizuje i wyciąga wnioski na ten temat, to na pewno JEMU demencja nie grozi!

Tak wyglądał wstęp do naszej pierwszej rozmowy.

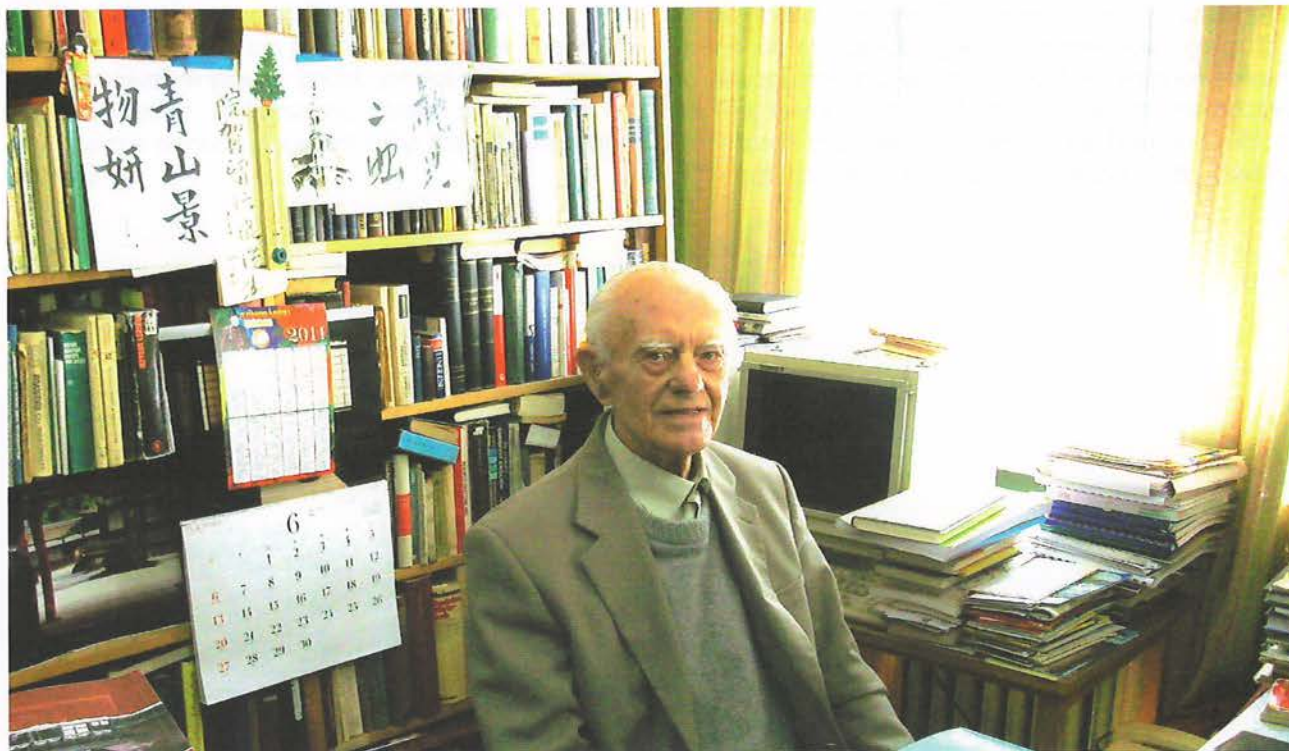
...A na końcu swojego „Ostatniego Wykładu” wygłoszonego z okazji przejścia na emeryturę Pan Profesor pisał:

„Istnienie otoczenia wyjaśnia dyssypację, tarcie, starzenie się, śmierć itp., ale także narodziny i rozwój. Obiektywnie więc w przyrodzie (w pełnym bycie) – śmierci nie ma.”

Dzisiaj, 12 lipca 2011 roku, kiedy dotarła do mnie wiadomość o śmierci Profesora Ingardena, okazuje się, że tytuł tego wykładu, przypomnianego w ostatnim wydaniu Postępów Fizyki, nabrał dodatkowego wymiaru: wymiaru ostatecznego.

Smutno kiedy odchodzą świadkowie naszej młodości.

Lidia Smentek
Vanderbilt University, 12 lipca 2011



Ta fotografia dokumentuje nasze rozmowy sprzed roku

O książce Hawkinga i Mlodinowa z emocjami na wodzy

Michał Heller

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Streszczenie: Dlaczego czytając tę książkę musimy trzymać na wodzy nasze emocje? Są ku temu dwa powody: Pierwszym jest arogancja filozoficzna autorów – rozwiązują oni trudne kwestie metafizyczne za pomocą czystych deklaracji i czynią to z wielką pewnością siebie. Drugim jest fakt, że oni przedstawiają modele fizyczne, na których opierają swoją argumentację, jako ostatnie słowo fizyki, podczas gdy modele te są w rzeczywistości wysoce spekulatywne i dalekie są od zaakceptowania przez każdego. Szkoda wielka, że tak jest, ponieważ mogłaby to być interesująca książka.

On a book by Hawking and Mlodinov with emotions under control

Abstract: Why, when reading this book, one must control one's emotions? There are two reasons: First is a philosophical arrogance of the authors – they solve difficult metaphysical issues by pure declarations, and do this with a great self-confidence. Second is that they present physical models, on which they base their case, as the last word of physics whereas these models are in fact highly speculative and far from being accepted by everybody. It is a pity because this could be an interesting book.

1. Trochę o emocjach

Po kilku przeczytanych stronicach¹ zaczęły mnie ogarniać niezdrowe emocje. Z dwu powodów: po pierwsze z racji ogromnej, filozoficznej pewności siebie autorów – kilkoma prostymi stwierdzeniami rozstrzygają oni trudne problemy, co do których do dziś najtęższe głowy mają zdania podzielone. W dodatku ironiczne uwagi i historyczne anegdotki, rzucone tu i ówdzie, redukują potencjalnych oponentów do rzędu półgłówek. Po drugie, z tego powodu, że autorzy przedstawiają fizyczne modele, na których opierają swoją argumentację (konceptcja wszechświata bez warunków brzegowych, M-teoria) jako niemal ostatnie słowo fizyki, podczas gdy w rzeczywistości są to koncepcje bardzo dyskusyjne i spoty-

kające się z ostrą krytyką wielu wybitnych fizyków. A dlaczego emocje? Bo trudno ze spokojem przyjąć fakt, że książka o tak niebywalej popularności po prostu mąci ludziom w głowach. A szkoda, bo gdyby autorzy, pod tymi dwoma względami powściągnęli swoje polemiczne zapędy, mogłaby to być książka ciekawa i pożyteczna, choć zapewne w wielu punktach dyskusyjna. A nazwisko Hawkinga i tak zapewniłoby jej popularność.

2. Modele i rzeczywistość

Odlóżmy jednak emocje na bok i oddajmy się lekturze tej książki, starając się wniknąć pod jej „populistyczną” warstwę. A pod tą warstwą kryje się interesująca treść. Autorzy przedstawiają w niej

¹ Książki: S. Hawking, L. Mlodinow, *The Grand Design. New Answers to the Ultimate Questions of Life*, Bantam Press, London-Toronto-Sidney-Auckland-Johannesburg, 2010; polski przekład: *Wielki Projekt*, Wyd. Albatros, Szczecin 2011.

bowiem swoją własną filozofię fizyki (można przypuszczać, że więcej w niej Hawkinga niż Młodinowa). Nie często zdarza się to w książkach popularno-naukowych, które najczęściej referują to, co wymyślili inni; tym bardziej, że autorzy przez cały czas starają się popularyzację utrzymać na bardzo elementarnym poziomie (co uważam za ich zasługę).

Każda filozofia fizyki winna rozpocząć się od refleksji, na czym polega poznanie w fizyce, lub inaczej, jak należy rozumieć to, co fizyka mówi o świecie. Hawking i Młodinow proponują własny pogląd w tej sprawie; nazywają go „realizmem zależnym od modelu” (*model-dependent realism*). Głosi on, że „fizyczna teoria lub obraz świata (ogólnie rzecz biorąc, o charakterze matematycznym) jest zbiorem reguł, które łączą elementy tego modelu z obserwacjami” (ss. 42-43). Jeżeli badany obszar ma dwa lub więcej modeli fizycznych (w powyższym sensie), nie ma sensu pytać, który z nich jest prawdziwy, o ile tylko wszystkie jednakowo dobrze zgadzają się z obserwacjami. Pogląd ten nie jest niczym zaskakującym. W ciągu ostatnich 150-ciu lat był on często głoszony w różnych wersjach i odmianach. Spotykamy go nawet w starożytności, w Szkole Aleksandryjskiej, gdzie był stosowany do sporów astronomicznych: systemy Ptolemeusza i Eudoksosa są jednakowo dobre; nie mówią one niczego o budowie świata, służą tylko do obliczania pozycji planet. Nawiązując do tej tradycji, można by mówić o zasadzie operacjonizmu. Oryginalność naszych dwóch autorów polega na tym, że swój „realizm zależny od modelu” traktują nie tylko jako zasadę metodologiczną, lecz również jako tezę ontologiczną, i to w mocnym sensie: rzeczywistość niezależna od modelu nie istnieje; to my ją powołujemy do istnienia przez akt obserwacji, my jesteśmy jej twórcami. Także istnieją poprzednicy tego poglądu, na przykład John Archibald Wheeler, jeszcze w latach 70-tych zeszłego stulecia, głosił podobne tezy. Hawking i Młodinow rozszerzają ten pogląd na cały wszechświat. To już nie konkretny akt obserwacji, np. zarejestrowanie fotonu w detektorze, „materializuje” foton w tym obszarze przestrzeni i czasu; fakt, że my dziś badamy wszechświat, dokonując ogromnej liczby obserwacji (i odpowiednio je interpretując), sprawiamy, że wszechświat zaistniał 13,7 miliardów lat temu i wybrał taką historię, która doprowadziła do tego, co dziś obserwujemy. Zgodnie z mechaniką kwantową ekstrapolowaną do całego wszechświata, jego historii mogło być wiele i to my jedną z nich dziś aktualizujemy. Wizja porywająca i otwierająca szerokie perspektywy. Wypadało jednak uprzedzić czytelników, że opiera się ona na wielu dyskusyjnych

założeniach, daleko idącej ekstrapolacji i że istnieją wizje konkurencyjne, z którymi warto dyskutować, np. wizja Rogera Penrose’a, obszernie omówiona w jego dziele *Droga do rzeczywistości*².

Jest prawdą, że poznanie w fizyce jest zawsze modelowe. Nie da się wyjść poza ten czy inny model, a jedynym sposobem uwiarygodnienia modelu jest stwierdzenie zgodności jego empirycznych przewidywań z wynikami doświadczenia. Istnieje jednak pewien sposób odniesienia się do rzeczywistości wychodzący poza pojedynczy model. Jeżeli ten sam obszar zjawisk ma kilka modeli i wszystkie one dają taką samą zgodność z doświadczeniem, to mamy prawo domniemywać, że rzeczywistości odpowiada to, co jest wspólne tym wszystkim modelom. Na przykład zwykła mechanika kwantowa może być opisywana przez kilka różnych formalizmów matematycznych (operatory na przestrzeni Hilberta, całki po drogach Feynmana, C^* -algebry). Możemy więc mówić o różnych modelach matematycznych tej samej teorii fizycznej. Gdy przechodzimy od jednego z tych modeli do drugiego, formalizm matematyczny ulega zmianie, ale pewne abstrakcyjne cechy strukturalne muszą być zachowane, choćby z tego powodu, że wszystkie te modele prowadzą do takich samych (w granicach błędów pomiarowych) przewidywań empirycznych. Sugeruje to, że właśnie te abstrakcyjne cechy strukturalne w jakimś sensie odpowiadają rzeczywistości³, co wcale nie znaczy, że muszą one dać się łatwo wyobrazić, lub w ogóle dać się wyobrazić. Rzeczywistość widzimy przez modele, ale sama rzeczywistość wymyka się naszej wyobraźni.

3. Model Hartlego-Hawkinga

Jest rzeczą zrozumiałą, dlaczego Hawking w swoich metafizycznych rozważaniach koncepcję wielu historii ekstrapoluje do całego wszechświata. Nawiązuje on do swojej znanej pracy z Jimem Hartle’em z 1983 r.⁴, w której metodę Feynmana całkowania po drogach przystosowali oni do pojęciowego środowiska ogólnej teorii względności i zastosowali do bardzo wczesnych etapów ewolucji wszechświata. W modelu tym znikła początkowa osobliwość, zastąpiona warunkiem nieistnienia brzegu (*no-boundary condition*), co stało się możliwe dzięki założeniu, że czas ma własności dodatkowego wymiaru przestrzeni. W modelu Feynmana, chcąc obliczyć prawdopodobieństwo przejścia kwantowo-mechanicznego układu od stanu A do stanu B, całkuje się odpowiednio po wszystkich drogach łączących stan A ze stanem B. W modelu Hartlego-Hawkinga stanu A nie ma, bo został on usunięty dzięki warunkowi nieistnienia brzegu. Można więc, całkując po odpowiednio rozumianych „drogach”,

² Prószyński Media, Warszawa 2010

³ Pisałem o tym obszerniej w książce: *Filozofia i Wszechświat*, Universitas, Kraków 2006, rozdz. 3

⁴ J. B. Hartle, S. W. Hawking, „Wave Function of the Universe”, *Phys. Rev. D* 28, 1983, 2960-2875

wyliczyć prawdopodobieństwo wyłonienia się stanu wszechświata B , gdy nie było stanu A , czyli prawdopodobieństwo powstania wszechświata z nicości.

Model ten wzbudził spore zainteresowanie, był rozwijany, zwłaszcza przez fizyków ze szkoły Hawkinga, ale miał też sporo przeciwników. Z pewnością nie był on oczekiwaną kwantową teorią grawitacji, lecz roboczym modelem, w najlepszym razie przybliżeniem przyszłej kwantowej teorii grawitacji. Dziś z pewnością nie znajduje się on w centrum uwagi większości fizyków, zajmujących się poszukiwaniem tej teorii.

Jak wspominałem, jest rzeczą zrozumiałą, że Hawking nawiązał do swojego modelu. Ale znacznie wyszedł poza jego pierwotne ramy. Model Hartlego-Hawkinga, tak jak został on opublikowany oryginalnie w *The Physical Review*, był niczym innym, jak tylko roboczym modelem w drodze ku kwantowej teorii grawitacji, teraz Hawking traktuje go jako uniwersalnie ważny schemat kosmologiczny. Co więcej, wyposaża go w silną interpretację ontologiczną. „Fizyka kwantowa uczy nas, że niezależnie od tego jak dokładna byłaby nasza obserwacja, (nieobserwowalna) przeszłość, podobnie jak przyszłość, jest nieokreślona i istnieje tylko jako spektrum możliwości” (s. 82). Jeżeli zastosuje się to do wszechświata, nie ma on jednej historii, czyli jednej przeszłości. Co więcej, nasze obecne obserwacje mogą zmieniać jego przeszłość. Hawking i Młodinow zdają się zapominać o swoim „realizmie zależnym od modelu”; istnieją przecież inne interpretacje (modele) fizyki kwantowej, które – ekstrapolowane do całego wszechświata – wcale nie implikują tak mocnej ontologii.

4. Wizja świata Hawkinga-Młodinowa

Inną, istotną dla rozważań Hawkinga i Młodinowa, ich myślową inwestycją jest umieszczenie modelu Hartlego-Hawkinga (zwłaszcza no-boundary condition) w środowisku M -teorii. Jest to teoria najbardziej dziś popularna jako kandydatka na „teorię wszystkiego”, tzn. taką teorię, która ma rozwiązać wszystkie podstawowe problemy fizyki z kwantowaniem grawitacji włącznie. Jest ona matematycznie bardzo rozbudowana, ale ciągle odległa od ostatecznego sukcesu. Jedną z jej poważnych trudności stanowi to, że przewiduje ona ogromną liczbę stanów podstawowych. Szacuje się ich na 10^{500} (co do rzędu wielkości). W zwykłej mechanice kwantowej stan podstawowy, np. stan podstawowy atomu wodoru, to stan o najniższym poziomie energetycznym. W M -teorii można mówić o stanie podstawowym wszechświata (ze wszystkimi jego charakterystykami fizycznymi: zestawem stałych fizycznych, geometrią

czasoprzestrzeni, a nawet własnymi prawami fizyki); rzecz jednak w tym, że stanów takich jest wiele, a powinien być jeden. Czemu jednak z tej trudności nie zrobić koronnego argumentu na rzecz teorii? Te wszystkie wszechświaty istnieją. A my istniejemy w tym a nie innym wszechświecie, bo nasz wszechświat należy do bardzo wyjątkowego podzbioru wszechświatów, w którym zestaw praw fizyki i innych charakterystyk fizycznych jest taki, że mógł doprowadzić do zawiązania się ewolucji biologicznej.

Hawking uzupełnia ten obraz swoją filozofią związaną z warunkami nieistnienia brzegu i wieloma historiami wszechświata – wszechświata, który sami tworzymy, przez to, że go obserwujemy, czyli poddajemy badaniom. A oto konkluzja: „Tworzymy mentalne pojęcia naszego domu, drzew, innych ludzi, elektryczności, która płynie z wtyczek umieszczonych w ścianach, atomów molekuł i innych wszechświatów. Te mentalne pojęcia są jedyną rzeczywistością, o jakiej możemy coś wiedzieć. Nie ma testu niezależnego od teorii, który by osiągał rzeczywistości. Wynika stąd, że dobrze skonstruowany model stwarza własną rzeczywistość” (s. 172).

Autorzy wymieniają trzy pytania, na które odpowiedź miałyby wykraczać poza kompetencje nauki: (1) Dlaczego istnieje raczej coś niż nic? (2) Dlaczego istniejemy? (3) Dlaczego jest ten szczególny zestaw praw a nie inny?” (s. 171). Ale teraz – ich zdaniem – właśnie mamy odpowiedź na te pytania: badanie wszechświata stwarza wszechświat, który stworzył nas.

Mamy więc jeszcze jedną heroiczną próbę odpowiedzi na ostateczne pytania. Załóżmy, że próba ta się powiodła (choć jest to z pewnością założenie „na wyrost”). Czy rzeczywiście nie ma już dalszych pytań? A dlaczego cały scenariusz proponowany przez Hawkinga i Młodinowa działa (jeżeli działa)? Jeżeli nawet scenariusz ten wyjaśnia, skąd biorą się prawa fizyki, to sam jest czymś w rodzaju super-prawa (lub nawet zestawem super-praw). Dlaczego właśnie takie, a nie inne super-prawo?

Końcowe zdania książki brzmią: „Fakt, że my ludzkie istoty – zwykłe zestawy fundamentalnych cząstek świata – byliśmy zdolni tak bardzo zbliżyć się do praw rządzących nami i naszym wszechświatem, jest wielkim triumfem. Ale być może prawdziwy cud kryje się w tym, że abstrakcyjne rozważania logiczne prowadzą do jednej teorii, która przewiduje i opisuje ogromny wszechświat pełen zadziwiającej różnorodności tego, co widzimy” (s. 181). Dobrze, że autorzy to dostrzegli – cud abstrakcyjnej myśli? I to jest kolejne pytanie, na które nie dają odpowiedzi.

Tarnów, 3 marca 2011 r.

Oblicza fizyki – między fascynacją a niepokojem. Rola fizyki w rozwoju naszej cywilizacji i kultury

Szósta Dyskusja Panelowa

Jerzy Warczewski
Postępy Fizyki

Streszczenie: Opisane są wszystkie wykłady znakomitych uczonych polskich a także przedstawione są tezy do Dyskusji i podkreślona jest ich uniwersalność.

Faces of physics – between fascination and anxiety.
The role of physics in the development of our civilization and culture.
The Sixth Panel Discussion

Abstract: All the lectures of the outstanding Polish scientists are described. The theses for the Discussion are presented and their universality is emphasized.

Szósta Dyskusja Panelowa "Oblicza fizyki – między fascynacją a niepokojem. Rola fizyki w rozwoju naszej cywilizacji i kultury", odbyła się w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego (ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice) w piątek 3 grudnia 2010 roku w godzinach 9⁰⁰–18³⁰. Miałem zaszczyt – tradycyjnie już – przewodniczyć Komitetowi Organizacyjnemu tej konferencji. A oto skład Komitetu Organizacyjnego:

Prof. dr hab. Karol Kołodziej (IF UŚ)
Prof. dr hab. Jerzy Łuczka (IF UŚ)
Prof. dr hab. Krystian Roleder (IF UŚ)
Prof. dr hab. Andrzej Ślebarski (IF UŚ)
Prof. dr hab. Jerzy Warczewski (IF UŚ)
– przewodniczący
Prof. dr hab. Wiktor Zipper (IF UŚ)
Prof. dr hab. Marek Zrałek (IF UŚ)

Szósta Dyskusja Panelowa miała swój temat przewodni, który brzmiał "Podstawy Matematyczne Fizyki – Emergentność Praw Przyrody – Filozoficzne Aspekty Historii Nauki", ale oczywiście – jak zwykle – nie obyło się bez różnych innych kontrapunktów tematycznych. Celem Dyskusji była – podobnie jak w pięciu poprzednich Dyskusjach – kolejna próba ukazania przedstawicielom innych nauk oraz sztuk, a także całemu społeczeństwu oraz władzom, roli fizyki jako fundamentu naszej cywilizacji i kultury. Chcemy jak zwykle ukazać rozmaite oblicza fizyki, która nie tylko fascynuje, lecz także może wywoływać niepokój. Pragniemy zasypać przynajmniej częściowo rów pojęciowy między fizykami a resztą społeczeństwa wynikający m. in. z tego, że społeczeństwo jest wciąż za mało świadome znaczenia



JM Rektor Prof. Wiesław Banyś Fot. Izabela Staszewska

i osiągnąć fizyki oraz tego, jak głęboko nasze życie i egzystencja są zanurzone w morzu pojęć fizyki i urządzeń technicznych wytworzonych w oparciu o jej idee. Proponowany punkt wyjścia do Dyskusji – oczywiście w żadnym wypadku nie ograniczający inwencji PT Uczestników – stanowią: po pierwsze jej **temat** a prócz tego **tezy** mego autorstwa (nieco zmienione i uzupełnione w porównaniu do ich pierwotnej wersji z pierwszych pięciu Dyskusji) oraz **rezolucja** Graz Forum on Physics and Society, której jestem współautorem oraz sygnatariuszem (patrz www.wyp2005.at **Graz Forum Physics and Society** – wybrać **resolution**). Dyskusja była także kolejnym, napędzającym optymistycznie etapem poszukiwań uniwersalnego języka nauki, który miałby być zrozumiały dla przedstawicieli różnych gałęzi nauki a także dla wszystkich myślących ludzi. Należy podkreślić udział znakomitych przedstawicieli nauk przyrodniczych i matematycznych, nauk humanistycznych, w tym nauk filozoficznych i teologicznych, artystów oraz przedstawicieli nauk technicznych, a także studentów, chociaż ze względu na klęskę żywiołową frekwencja była niższa.



Prof. Jerzy Warczewski

Fot. Izabela Staszewska

Program Dyskusji był następujący. Po powitaniu przez Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego słowo powitalne wygłosił Jego Magnificencja Rektor Uniwersytetu Śląskiego prof. dr hab. Wiesław Banyś chwaliąc bardzo dotychczasowe Dyskusje Panelowe i wyrażając życzenie, aby za rok odbyła się kolejna taka Dyskusja. Potem zaczęły się 30-minutowe wystąpienia traktowane również jako głosy w dyskusji. Ostatnie pięć minut każdego wystąpienia przeznaczone było na dyskusję dotyczącą tego wystąpienia. Wystąpienia były podzielone na cztery kolejne sesje, piąta zaś sesja była dyskusją podsumowującą. Cała konferencja była już tradycyjnie nagrywana na płyty DVD przez Instytucję Filmową Silesia-Film z pionu Marszałka Sejmiku Śląskiego. Nagranie to otrzymało już symbol ISBN, podobnie jak w przypadku dwóch poprzednich Dyskusji. A oto program i treść Dyskusji. Przy nazwisku



Prof. Bogdan Dembiński

Fot. Izabela Staszewska

każdego kolejnego mówcy podana jest zasadnicza idea zawarta w wykładzie.

Sesja I: Matematyka i...fizyka medyczna

Prowadzenie: Prof. dr hab. Jerzy Warczewski (UŚ)

Matematyczny kontekst Platońskiej teorii idei

Prof. dr hab. Bogdan Dembiński, Kierownik Zakładu Historii Filozofii Starożytnej i Średniowiecznej, Instytut Filozofii, Uniwersytet Śląski (UŚ), omówił postać platońskiej teorii idei, która przekształcona zostaje w teorię liczb idealnych i figur idealnych. Uzasadnił ostatecznie tak obszar idei, jak i przedmiotów matematycznych i struktur zjawiskowych. Dyskutował też Platońskie rozumienie matematycznego przyrodoznawstwa, które stało się podstawą prac naukowych prezentowanych przez filozofów Starej Akademii.

Wewnętrzne źródła matematyki

Prof. dr hab. Jerzy Mioduszewski, Instytut Matematyki, Uniwersytet Śląski (UŚ), przywołał eksperyment myślowy Dedekinda, który miał dowieść, że liczba może być rozumiana jako coś, co nie zależy od zjawisk, takich jak przestrzeń i czas, że jest wytworem „świata naszych myśli”, a zatem wytworem samej matematyki, wbudowanej w nas wewnętrznie.

Od Roentgena do... czyli promieniowanie jonizujące w radioterapii

Prof. dr hab. Krzysztof Ślosarek, Kierownik Zakładu Planowania Radioterapii i Brachyterapii, Centrum Onkologii – Instytut Marii Skłodowskiej-Curie, Gliwice, przedstawił techniki napromieniania, techniki zmiany rozkładów dawek związane z wprowadzaniem nowych rozwiązań konstrukcyjnych, a także formy współpracy medyków i fizyków oraz zmianę roli tych ostatnich w przygotowaniu chorych do leczenia. Pokazał, że aparat matematyczny głęboko przenika podstawy tych technik.



Od lewej: JM Rektor Prof. Wiesław Banyś, Prorektor Prof. Andrzej Kowalczyk, Dr Wojciech Zajac (IFJ PAN, Kraków)
Fot. Izabela Staszewska

Sesja II: Paradoxy i emergentność praw Przyrody

Prowadzenie: Prof. dr hab. Maciej Maśka (UŚ)

Koncepcje jakościowe a ilościowe w naukach przyrodniczych: emergentność praw Przyrody

Prof. dr hab. Józef Spatek, Kierownik Zakładu Teorii Materii Skondensowanej i Nanofizyki, Instytut Fizyki UJ, Wydział Fizyki i Informatyki AGH, wskazał, że emergentność (zdolność do pojawiania się, czy wyłaniania się) praw przyrody ujawnia się na każdym nowym stopniu komplikacji układu składającego się z bardzo dużej ilości elementów. Uwypuklił rolę konkurencji oddziaływań, w wyniku których powstają niestabilności i pojawiają się nowe stany kolektywne czy fazy.

Paradoxy ujemnej ruchliwości

Prof. dr hab. Jerzy Łuczka, Kierownik Zakładu Fizyki Teoretycznej, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski (UŚ), przedstawił najprostszy model ruchu cząstek mikroświata w kierunku przeciwnym do kierunku działania siły i przedstawił jego eksperymentalną weryfikację w układzie ze złączem Josephsona.



Prof. Krystian Roleder

Fot. Izabela Staszewska

Jeszcze bardziej paradoksalni bliźniacy

Dr Stanisław Bajtlik, Centrum Astronomiczne Mikołaja Kopernika (CAMK), Warszawa, miał przedstawić kilka nowych wersji paradoksu bliźniąt, w których argument o uleganiu przyspieszeniom, przez jednego z bliźniaków, nie działa. Stary jak świat paradoks jest związany z podstawowymi własnościami czasoprzestrzeni i jej symetrii. Wykład nie odbył się z powodu klęski żywiołowej nad Warszawą, skąd miał przyjechać mówca.

Sesja III: Czarne dziury jako silniki, związane splątanie i świetlana przyszłość

Prowadzenie: Prof. dr hab. Jan Kisiel (UŚ)

Czarne dziury i $E=mc^2$

Prof. dr hab. Marek Abramowicz, Professor of Astrophysics and Chair, Göteborg University, Physics Department, SE-412-96 Göteborg, Sweden, CAMK, Warszawa, miał pokazać jako główny punkt wykładu, że czarne dziury są najbardziej wydajnymi silnikami w całym znanym wszechświecie. Wykład nie odbył się z powodu klęski żywiołowej nad Warszawą, skąd miał przyjechać mówca.

Związane splątanie – tajemnicza inwencja Natury

Prof. dr hab. Ryszard Horodecki, Członek PAN, Dyrektor Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej, Gdańsk, Kierownik Zakładu Optyki i Informatyki Kwantowej, Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki, Uniwersytet Gdański (UG), pokazał, że zjawisko związanego (w odróżnieniu od tzw. swobodnego) splątania kwantowego nie da się wydestylować z szumu do czystej formy użytecznej do przeprowadzenia nieklasycznych zadań takich jak kwantowa teleportacja czy gęste kodowanie. Prezentacja historii odkrycia zjawiska i dramatycznych zmagania przy jego eksperymentalnej realizacji jest celem wystąpienia.

Nasza świetlana przyszłość, czyli jak naukowo zrobić sobie potomstwo

Prof. dr hab. Leszek M. Sokołowski, Obserwatorium Astronomiczne, Uniwersytet Jagielloński (UJ), przedstawił w postaci głębokiej satyry problem reprogenetyki, czyli działania rodziców, by ich dziecko dostało zestaw korzystnych genów i uniknęło genów szkodliwych. Działania takie, podejmowane w najlepszych intencjach, mogą dawać skutki niekorzystne dla tych dzieci i powiększać nierówności społeczne, zamiast je niwelować.

Sesja IV: Ewolucja historii nauki, kres fizyki i kres filozofii – czyżby?

Prowadzenie: Prof. dr hab. Bogusław Fugiel (UŚ)



Siedzą od lewej: I rząd: Prof. Jerzy Mioduszewski, Prof. Bogdan Dembiński, Ks. Prof. Janusz Mączka SDB, II rząd: Prof. Edward Kapuścik, Prof. Janusz Gluza, Prof. Jerzy Łuczka
Fot. Izabela Staszewska

Czy historia nauki ma swoją historię?

Ks. Prof. dr hab. Janusz Mączka SDB, Dziekan Wydziału Filozoficznego i Kierownik Katedry Filozofii Przyrody na tym Wydziale, Uniwersytet Papieski Jana Pawła II (UPJPII), Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków, pokazał, że to w starożytnym świecie zrodziła się refleksja nad historią i jej rozumieniem. Duży wpływ na kształtowanie się idei związanych z historią nauki miała koncepcja czasu. Zasadniczo pierwszymi historykami nauki byli ci, którzy tworzyli i naukę. Chodziło o wyodrębnienie profesjonalnej historii nauki ze swoimi koncepcjami i metodami. Dzisiaj historia nauki coraz częściej sięga nie tylko do nauki, lecz także do szeroko rozumianego kontekstu kulturowego. Historia nauki ma swoją historię.

Kosmologia – kres możliwości fizyki

Prof. dr hab. Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz, Kierownik Zakładu Fizyki Kwantowej, Wydział Fizyki, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu (UAM). W kosmologii wszechświat traktuje się jako największy układ fizyczny, poza którym nie istnieje żadna rzeczywistość fizyczna. Dla badań astrofizycznych dostępna jest teraz i będzie w przyszłości tylko znikoma część wszechświata. Z tego powodu zasadniczą strategię badań kosmologicznych stanowią daleko idące ekstrapolacje, zakreślające nieprzekraczalne granice dla matematyczno-empirycznej metodologii nauk fizycznych.

Jeszcze jeden koniec filozofii.

Złotróżbne wieszczanie Hawkinga

Prof. dr hab. Wiesław Sztumski, Instytut Filozofii, Uniwersytet Śląski (UŚ)

Ostatnio ukazała się książka S. Hawkinga i L. Mlodinova *The grand design*, gdzie zwiastuje się śmierć filozofii. Ma ją zastąpić fizyka, która daje bardziej wiarogodne, bo naukowe, odpowiedzi na pyta-

nia metafizyki. Na fizyce bazują inne nauki, które wyjaśniają problemy epistemologii, moralności i wiary. Niestety, żadna nauka ani sumaryczna wiedza naukowa nie zastąpi filozofii w próbach odpowiedzi na odwieczne pytania ludzkości. Dlatego nie należy przejmować się enuncjacją Hawkinga. Przed nim też głoszone koniec filozofii, a ona, jakby na przekór, ma się dobrze i nadal się rozwija.

Dyskusja podsumowująca

Prowadzenie: Prof. dr hab. Ryszard Horodecki, Prof. dr hab. Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz, Ks. Prof. dr hab. Janusz Mączka SDB

Zamknięcie Konferencji Dyrektor Instytutu Fizyki UŚ Prof. dr hab. Krystian Roleder

Poniżej są mojego autorstwa tezy do Dyskusji, które ukazują fundamentalną rolę fizyki w rozwoju naszej cywilizacji i kultury.

Tezy do Dyskusji Panelowej

(Poniższe 12 tez oraz towarzyszące im szczegółowe hasła, nie stanowią listy zamkniętej.)

1. Definicja cywilizacji i kultury

Cywilizacja jako kultura materialna. Kultura jako cywilizacja ducha.

Na czym polega ich rozwój? Bliskoznaczność obu tych pojęć.

2. Czym jest fizyka?

Przedmiot fizyki. Hierarchia praw fizyki. Fundamentalne prawa fizyki. Teoria i eksperyment. Eksperymenty myślowe. Kanon (współczesnej) wiedzy fizycznej. Niekompatybilność dwóch fundamentalnych teorii: mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności. GPS – najbardziej zdumiewający przyrząd naszych czasów, którego działanie wymaga precyzyjnego zastosowania obu tych teorii a także szczególnej teorii względności!



Prof. Jerzy Mioduszewski

Fot. Izabela Staszewska



Studenci

Fot. Izabela Staszewska

Informacja i informatyka klasyczna oraz kwantowa!

Nanotechnologia.

Energia i energetyka.

Przekaz wiedzy (fizycznej) jest tak samo ważny jak sama wiedza. W związku z tym właściwa dydaktyka na każdym szczeblu edukacji (popularyzacji) jest nie do przecenienia.

3. Etyczny wymiar zastosowań fizyki

Liczne idee i wynalazki fizyki mogą być użyte zarówno dla dobra człowieka jak też i dla jego zagłady, podobnie jak – jeden z najstarszych wynalazków – nóż może służyć nie tylko do krojenia chleba w celu podzielenia się nim z bliźnim, lecz także do wbicia bliźniemu w plecy. W poczynaniach zatem fizyków (i wszelkich uczonych) **potrzebna jest etyka**.

4. Fizyka a nauki przyrodnicze

Nauki przyrodnicze, w szczególności **medycyna**, jako **działy fizyki**.

Tak pojęta fizyka stanowi najbardziej ogólną **naukę o przyrodzie**. Dwa aspekty medycyny: przyrodniczy i humanistyczny.

Metody fizyczne badania genomu i proteomu.

Metody fizyczne badania morfologii, skorupy i wnętrza Ziemi.

5. Fizyka a nauki techniczne

Fizyka fundamentem nauk technicznych.

Nauki techniczne fundamentem naszej cywilizacji.

Kultura przenika całą tę konstrukcję i wyrasta ponad nią.

6. Fizyka a kosmologia

Wielki Wybuch i ekspansja Wszechświata. Astrofizyka.

Teoria kosmologicznej inflacji. Teoria strun i Wszechświat przed Wielkim Wybuchem. Wszechświaty równoległe. „Atomy” czasu i przestrzeni.

7. Fizyka a filozofia

Filozofia przyrody. Rola matematyki w opisie i rozumieniu przyrody.

Człowiek jako podmiot i przedmiot fizyki (nauki). Ewulcjonizm teistyczny (kreacjonizm) i ateistyczny.

Zdolności poznawcze człowieka a ewolucja. Zasada antropiczna i podobne koncepcje.

Istniejący obiektywnie świat.

Sześć cytatów (z wielu możliwych) jako punkty odniesienia:

„Pierwsza mowa szatana do rodu ludzkiego zaczęła się najskromniej od słowa: dlaczego?” (Adam Mickiewicz),

„Jest pięć tysięcy pytań gdzie, siedem tysięcy pytań jak i sto tysięcy pytań *dlaczego*.” (Rudyard Kipling),

„Dla nich, powiedziałem, prawda nie byłaby niczym innym, tylko cieniami obrazów.” (Platon, Rzeczpospolita),

„Jest tylko jedno dobro, mianowicie wiedza, i tylko jedno zło, mianowicie ignorancja.” (Sokrates),

„Tej małej części ignorancji, którą porządkujemy i klasyfikujemy, nadajemy imię wiedzy.” (Ambrose Bierce),

„Wiem, że nic nie wiem” (Sokrates).

8. Fizyka (nauka) a wiara (religia)

Przedmiot fizyki i przedmiot wiary są różne.

Dwa cytaty (z wielu możliwych) jako punkty odniesienia:

„Nauka bez religii jest ułomna, religia zaś bez nauki ślepa.” (Albert Einstein),

„Wiara i rozum są jak dwa skrzydła, na których duch ludzki unosi się ku kontemplacji prawdy.” (Jan Paweł II).

9. Fizyka a sztuka

Fizyka jako opis stanów Przyrody. Sztuka jako przedstawienie stanów Ducha. Symetria i jej łamanie w Przyrodzie i w Sztuce.

10. Uczony a artysta

Co ich łączy? Co ich odróżnia? Co mają sobie nawzajem do zaoferowania?

11. Różnice i podobieństwa sensu poszukiwań twórczych

Różnice i podobieństwa sensu poszukiwań twórczych w fizyce oraz innych naukach przyrodniczych, a także w naukach technicznych, w naukach humanistycznych i w sztuce.

12. Zastosowania aparatu myślowego fizyki w innych dziedzinach

Na przykład w socjologii, ekonomii (ekonofizyka), grach rynkowych etc.

Jeszcze jeden koniec filozofii. Złowróźbne wieszczczenie Hawkinga

Wiesław Sztumski
Instytut Filozofii, Uniwersytet Śląski

*Najbardziej niezrozumiałą sprawą dotyczącą
wszechświata jest to, że jest on zrozumiały.*

(Einstein)¹

Streszczenie: W książce *The grand design* S. Hawking i L. Mlodinow zwiastują śmierć filozofii. Ma ją zastąpić fizyka, która daje bardziej wiarogodne, bo naukowe, odpowiedzi na pytania metafizyki. Na fizyce bazują inne nauki, które wyjaśniają problemy epistemologii, moralności i wiary. Niestety, żadna nauka ani sumaryczna wiedza naukowa nie zastąpi filozofii w próbach odpowiedzi na odwieczne pytania ludzkości. Dlatego nie należy przejmować się enuncjacją Hawkinga. Przed nim też głoszone koniec filozofii, a ona, jakby na przekór, ma się dobrze i nadal będzie się rozwijać, chociaż będzie musiała bardziej zwrócić się ku człowiekowi.

End of philosophy, once again. Hawking's ominous forebodings

Abstract: Hawking and L. Mlodinow announce the death of philosophy in their book *The grand design*. It has to be replaced by physics which gives more reliable, because scientific answers to the questions of metaphysics. Other science based on physics, explain the problems of epistemology, morals and faith. Unfortunately, no science or the summary of scientific knowledge does not replace philosophy in attempting to answer the eternal questions of mankind. Therefore, do not worry about Hawking's pronouncements. Before him also proclaimed the end of philosophy, but in spite of this it is well and will continue to develop. But it must focus more on the people.

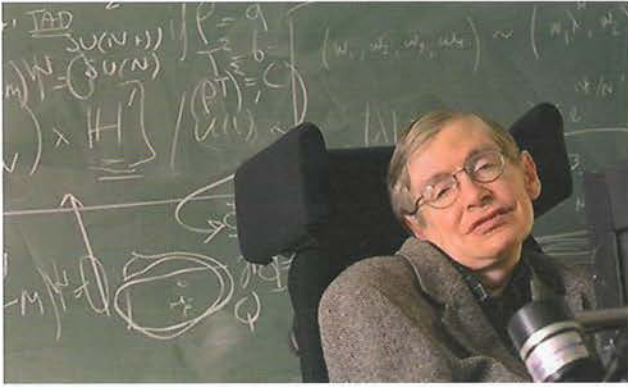
Steven Hawking uchodzi za wybitnego uczonego w dziedzinie fizyki, astrofizyki i kosmologii. Z pewnością jest on o wiele lepszy w swoim fachu niż w obszarach spekulacji filozoficznej i światopoglądowej, które, niestety, coraz więcej miejsca zajmują w jego książkach i budzą liczne kontrowersje. Można spotkać o nim nawet taką opinię: „Fizyk szlagierowy, Stephen Hawking, sprzedaje naukę jako surrogat religii, co uczyniło go sławnym w całym świecie”. [1] Ale - jak pisał Einstein - świat jest domem wariatów, a o wszystkim decyduje rozgłos.²

Właściwie można by nie zwracać uwagi na jego deklaracje filozoficzne zawarte w książce napisanej wspólnie z Leonardem Mlodinowem „*The Grand Design*” i nie zajmować się nimi na serio, gdyby nie fakt, że jest on znanym i wziętym popula-

ryzатorem nauki, a jego publikacje cieszą się ogromną poczytnością. Ich czytelnicy, pełni szacunku dla ufundowanego na rzetelnej wiedzy naukowej autorytetu Hawkinga, dają wiarę wszystkim jego enuncjacjom. Także tym, które dotyczą kwestii spoza fizyki. Niestety, często ma się do czynienia z dość powszechnym zjawiskiem *nadużywania autorytetu*. (Zob. [2]) Polega ono na swoistej ekstrapolacji autorytetu, czyli na przenoszeniu go z jednego obszaru wiedzy na inne. Bowiern ludzie sądzą, że jak ktoś zna się na jednej rzeczy, to z pewnością zna się na wszystkim innym. Hawking chyba świadomie nadużywa swego autorytetu fizyka, jeśli sam uważa się za wyrocznię w innych sprawach, odległych od fizyki. A ludzie wierzą w prawdziwość tego, co pisze nie tylko na temat fizyki. Wskutek tego bezkrytycznie

¹ „The most incomprehensible thing about the universe is that it is comprehensible.”

² „Die Welt ist ein Narrenhaus. Renommee macht alles.”



S. Hawking



Leonard Mlodin

akceptują jego poglądy, również światopogląd, i naśladują jego postrzeganie świata. A odnośnie do światopoglądu Hawkinga można mieć różne zastrzeżenia: jedni zarzucają mu ateizm, inni scjentyzm, nie wiadomo, w jakim stopniu zasadnie. Tak czy inaczej, jego światopogląd wydaje się być zbyt mocno ograniczony, tak jak uproszczone jest postrzeganie świata wyłącznie przez pryzmat fizyki lub każdej innej dyscypliny naukowej z osobna. Istnieje więc obawa o upowszechnienie się takiego schematycznego światopoglądu wskutek lektury wspomnianej książki Hawkinga, czyli o przesadne zawężanie sposobu widzenia świata przez wielu czytelników jego książek będących laikami w dziedzinie fizyki. Świat jest o wiele bardziej złożony, wielowymiarowy i wielobarwny, aby go można było wyrazić jakimś okrojonym światopoglądem, zredukowanym alternatywnie do nauki, racjonalności, religii itp. Liczba czytelników książek Hawkinga sięga milionów. Jeśli dodać do tego ich wpływ na świadomość innych ludzi, to stanowi to już problem społeczny, który dotyczy kształtowania okrojonego światopoglądu w skali masowej. Dlatego nie powinno się lekceważyć wypowiedzi Hawkinga adresowanych do wielomilionowych mas społecznych, jeśli nie chce się dopuścić do tego, by

ich światopogląd był tak ograniczony, jak u cyborgów.

Hawking przekracza swoje kompetencje naukowe, uważając się za filozofa, gdy nader odważnie stwierdza w książce poświęconej „wspaniałemu projektowi”, napisanej ostatnio wspólnie z L. Mlodinowem,³ że „filozofia umarła”, gdyż nie nadążyła za rozwojem współczesnej nauki. Śmierć filozofii obwieszcza autorytatywnie już na pierwszej stronie: *Philosophy is dead, because it has not kept up with developments in modern science, particularly physics.* [3] Enuncjacja Hawkinga o końcu filozofii nie jest czymś nowym. Wcześniej głosili go np.: Abu l-Hasan al-Asz’ari, Nietzsche, Heidegger i Wittgenstein. Hawking przeciwstawia filozofię nauce Chyba i chyba w ogóle nie uznaje filozofii za naukę rozumiejąc przez nią tylko zbiór nauk przyrodniczych (ściśłych) w rozumieniu angielskiego science. Na pierwszy rzut oka można odnieść wrażenie, jakoby miał on rację. Faktycznie, wiele wskazuje nie tyle na koniec filozofii, co na jej kryzys. Przede wszystkim de-tronizuje ją fizyka, która coraz bardziej zawłaszcza królestwo filozofii (już dawno filozofia przestała być „królową nauk”), a oprócz tego można mieć wrażenie, jakoby współczesna sumaryczna wiedza naukowa z różnych dziedzin była w stanie w pełni zastąpić wiedzę filozoficzną. Bo rzeczywiście: fizyka dostarcza wiarygodnych odpowiedzi na wiele pytań metafizycznych, neuronauki; neuronauki, u których podstaw także leży fizyka, coraz skuteczniej zastępują epistemologię; niektóre kwestie moralne wciąż lepiej wyjaśnia neurobiologia mózgu; a do wyjaśniania problemów etyki pretenduje religia. Co w tej sytuacji pozostaje obiektem badań filozofii? Chyba nic innego, jak tylko być czymś w rodzaju *historii sztuki w odniesieniu do myśli ludzkiej*. Obwieszczenie śmierci filozofii nie jest żadnym novum w jej historii. W różnych czasach głoszono już koniec filozofii, ponieważ uważano ją za naukę niepotrzebną, którą z powodzeniem może zastąpić całokształt wiedzy dostarczanej przez inne dyscypliny naukowe. Na szczęście dla filozofów i naukowców nigdy się tak nie stało. Wręcz przeciwnie, zagrożenie filozofii ze strony nauki inspirowało filozofię do dalszego rozwoju, nie mniej burzliwego niż rozwój nauki. Jest bowiem w filozofii coś, czego nauka nigdy nie wyjaśni. Owe „coś” skrywa się w ponadhistorycznych, a więc niezależnych od ewolucji nauki pytaniach fundamentalnych odnoszących się do genezy i sensu życia człowieka, dziejów ludzkich oraz wszechświata: *skąd, jak, dlaczego i po co?* Wieszcząc koniec filozofii Hawking wykazuje świetnie wyczucie rynku i wpisuje się w aktualną modę na straszenie ludzi. W świecie poddanym *terrorizmowi strachu*, w którym rozmaici profeci nauki straszą końcem historii, człowieka, cy-

³ Leonard Mlodinow, wykładowca w *California Institute of Technology*, ma polsko-żydowskie korzenie; jego ojciec był przywódcą żydowskiego ruchu oporu w częstochowskim getcie.

wilizacji, kultury, świata i jeszcze czegoś, straszy on końcem filozofii. To wieszczanie Hawkinga jest bardziej złowróźbne od wcześniejszych (koniec filozofii ogłaszany był nieraz), ponieważ z śmiercią filozofii łączy on koniec nauki i - co gorsze - nie widzi sensu dalszej aktywności poznawczej ludzi, gdyż jej efektem może być co najwyżej wiedza wyłącznie o jednym, naszym wszechświecie albo - parafrazując Kanta - o wszechświecie *dla nas*. A odwołując się do M-teorii twierdzi, że wszechświatów jest prawdopodobnie niezliczenie wiele⁴, tylko są one absolutnie niedostępne dla ludzi, a więc są to wszechświaty *dla siebie*. W każdym z nich mogą obowiązywać inne prawa fizyki i inne stałe fizyczne i dlatego wiedzy o naszym wszechświecie nie wolno rozciągać na inne. Twierdzą, że warunki potrzebne do powstania życia mogły być również w innych wszechświatach. Zwieńczeniem wysiłków badawczych fizyków byłoby znalezienie *teorii wszystkiego*, ważnej tylko dla tego jedyne naszego wszechświata. Zdaniem Hawkinga, znalezienie takiej teorii, która byłaby kresem poznania naszego wszechświata, jest jednak niemożliwe. Tym samym pozbawia on badaczy nadziei na sukces badawczy, tzn. proklamuje *defetyzm naukowy*. Rozpościera wręcz apokaliptyczną wizję przyszłości filozofii i nauki. Chociaż z drugiej strony, jakąś nadzieję wiąże z M-teorią. Upatruje w niej teorii unifikacji, którą Einstein spodziewał się znaleźć. Mogłaby ona dać naukową odpowiedź na pytanie, dlaczego jest „coś” (byt), a nie „nic” (niebyt), a gdyby została ona potwierdzona przez obserwację, to znaleźlibyśmy już ów „Wielki Projekt”. [4] „Gdybyśmy odkryli kompletną teorię, to - jak pisze Prof. Herb Silverman - byłoby to ostatecznym triumfem rozumu ludzkiego, bo wtedy znalazłbyśmy myśl Boga”⁵ Jest to naiwna wypowiedź, w której myśl Boga sprowadza się do ustanowienia porządku we wszechświecie w postaci praw fizyki.

Hawking z Mlodinovem w jakimś stopniu uśmiercają też Boga. Po pierwsze, wypędzają Go z raju nauki, tak, jak kiedyś Bóg wypędził człowieka z raju nieba: „Nie trzeba odwoływać się do Boga, żeby wyjaśnić niebieskość papieru albo wielość wszechświatów.”⁶ To także nic nowego; wcześniej robili to Nietzsche, Laplace i Engels i Lenin. Po drugie, twierdzą, że nowe teorie (np. M-teoria) pokazują, że stwórca nie jest konieczny: „Istnieje solidne wyjaśnienie zrobienia naszego świata - żadnych Bogów nie potrzeba.”⁷ Po trzecie, oświadczają, że nie ma potrzeby zakładać jakiegoś Pierwszego Poruszyciela ani boskiego stwórcy skrywającego się za przyczyną Wielkiego Wybuchu, ponieważ dzięki prawu grawitacji ten wybuch musiał dokonać się sa-

morzutnie a wszechświat może i chce stwarzać się z niczego. Nie ma jednoznacznego werdyktu o słuszności tych stwierdzeń ani w filozofii, ani w nauce, chyba, że stoi się na pozycji takiego lub innego dogmatyzmu. Zależy ono od przyjęcia jednego z wielu wariantów wykładni relacji między nauką i religią albo wiedzą i wiarą. Dlatego kwestie słuszności tych oświadczeń należy pozostawić na uboczu.

Nazbyt ostro sformułowana, przesadna i złowieszca jest enuncjacja zbyt pewnego siebie Hawkinga o końcu filozofii. Trudno sobie wyobrazić trzy anihilacje na raz: filozofii, nauki i Boga (religii). A gdyby nawet do tego doszło, to co w zamian - fizyka, na której wspiera się cały gmach nauki? Czy możliwa jest redukcja wiedzy do fizyki, poglądów tylko do naukowo uzasadnionych, a religii i filozofii do nauki? Chyba wówczas, gdyby ludzie przekształcili się w istoty w pełni maszynopodobne i indyferentne, jednowymiarowe, bez czucia i wiary. Dla Hawkinga filozofia przeżyła się, gdyż nauka zdoła ją zastąpić i nie ma z niej wielkiego pożytku. Więc lepiej byłoby się jej pozbyć - przepędzić z nauki jak zbędny balast, tak jak Boga. Prawdopodobnie Hawking czyni wyraźną dystynkcję między filozofią a nauką, skoro przeciwstawia je sobie nawzajem i głosi możliwość wchłonięcia filozofii przez naukę. Nie wiadomo tylko, dlaczego nie mogłoby być na odwrót, żeby filozofia wchłonęła albo zastąpiła naukę, żeby było tak, jak dawniej, kiedy każdy absolwent uniwersytetu z dziedziny nauk przyrodniczych otrzymywał dyplom z filozofii.

Hawking z Mlodinovem popełnili błąd niedopuszczalnego wnioskowania z szczegółów na ogół. Stąd, że pewna subdziedzina filozofii może być zastąpiona przez naukę (co zresztą nie jest pewne), wyprowadzili wniosek o zmierzchu filozofii w ogóle. Możliwe, że wywiedli go z postrzegania niezbyt dobrej kondycji filozofii w naszych czasach. Nie da się przecież zaprzeczyć, że filozofia utraciła dawną rangę, przede wszystkim dlatego, że teraz, kiedy najważniejsze są kryteria ekonomiczne, w większości wypadków rezultaty badań filozofów nie dają wymiernego zysku, tak, jak np. wyniki badań fizyków. Żeby przetrwać i rozwijać się pod naporem burzliwie rozwijającej się nauki, filozofia będzie musiała z czasem rezygnować z wyręczania nauk szczegółowych w uzupełnianiu brakującej wiedzy o świecie. Dotychczas, luki wiedzy naukowej zapełniały spekulacje mitologiczne, filozoficzne albo religijne. To spowoduje redukcję spekulacji w filozofii. Będzie też musiał zmienić się sposób jej uprawiania oraz ukierunkowanie badań. Przepuszczalnie filozofia naukowa, rozumiana jako całokształt filozofii różnych nauk

⁴ Z matematycznych wyliczeń wynika, że może istnieć 10^{500} wszechświatów podobnych do naszego, a w niektórych nie da się wykluczyć istnienia życia.

⁵ "If we discover a complete theory, it would be the ultimate triumph of human reason - for then we should know the mind of God,"

⁶ "It is not necessary to invoke God to light the blue touch paper and set the universe going."

⁷ "There is a sound scientific explanation for the making of our world - no Gods required."

przyrodniczych (filozofia fizyki, matematyki, chemii, geologii itd.) straci rację bytu, ponieważ zastąpi ją nauka. W związku z tym zdominują ją nauki humanistyczne, a badania filozofów w większym stopniu będą skierowane na człowieka oraz jego społeczne i kulturowe środowisko życia. Chodzi o to, by podejmowali badania nad istotnymi sprawami dla życia człowieka w skomplikowanym i pełnym zagrożeń współczesnym środowisku życia. Będzie to wymagać oczyszczenia filozofii z niepotrzebnych wtrętów scjentyistycznych i religijnych. A zatem, potrzebna będzie ostrzejsza demarkacja pola badawczego filozofii, by ograniczyć jej dyfuzję do innych dziedzin wiedzy i życia. Wskutek tego relacja filozofia-nauka upodobniać się będzie do relacji religia-nauka albo sztuka-nauka - każda dziedzina będzie zajmować się czymś

innym, mieć swoje odrębne cele i posługiwać się różnymi metodami. To może być punktem zwrotnym w ewolucji filozofii, ale nie jej kryzysem, a tym bardziej symptomem agonii wieszczony przez Hawkinga i Mlodinova.

Bibliografia:

- [1] *Physik aus der Gottesperspektive*, w: „Die Zeit - Wochenzeitung für Politik, Wirtschaft, Wissen und Kultur”, 30.12.2010
- [2] W. Sztumski, *Frymarczenie autorytetem*, w: „Sprawy Nauki”, Nr 12, 2009
- [3] S. Hawking, L. Mlodinow, *The grand design*, Bantam Books, New York, 2010
- [4] H. Silverman, „The Washington Post”, September 8, 2010

KRONIKA

Magdalena Staszal

■ Tytuły profesorskie

W dniach 23.02.2011, 18.04.2011 i 12.05.2011 Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej nadał tytuł naukowy profesora nauk fizycznych łącznie 10 osobom. Są to: Mariusz Franciszek Gajda (IF PAN i UKSW), Jacek Jezierski (UW), Janusz Andrzej Karpiński (ETH Zurych), Ryszard Kutner (UW), Stanisław Andrzej Zoła (UJ i UP im. KEN), Tadeusz Balcerzak (UŁ), Maciej Marcin Maśka (UŚ), Hans Torsten Rickman (CBK PAN), Janusz Stefan Toboła (AGH) i Andrzej Wiśniewski (IF PAN).

isap.sejm.gov.pl

■ Nagroda Templetona

Laureatem tegorocznej nagrody Templetona został Martin Rees, astrofizyk i kosmolog brytyjski. Jest on członkiem Royal Society, Mistrzem Trinity College, a od roku 1995 nosi honorowy tytuł Astronoma Królewskiego. Jest autorem i współautorem ponad 500 publikacji naukowych, a także laureatem wielu innych prestiżowych nagród. Jego obecne zainteresowania badawcze dotyczą m.in. tworzenia się czarnych dziur, wielkoskalowej struktury wszechświata i ogólnych problemów kosmologicznych. W ostatniej dekadzie Rees zajął się również globalnymi problemami etyki naukowej i zagrożeń dla ludzkości związanych z działalnością samych ludzi. Jedną z jego najnowszych książek nosi tytuł „Nasze ostatnie stulecie”

Nagroda Templetona przyznawana jest co roku za działania związane z pokonywaniem barier między nauką a religią. Wśród laureatów jest wielu fizyków i kosmologów – m.in. Paul Davies,

Freeman Dyson, John Polkinghorne, John D. Barrow. i Bernard d'Espagnat; w roku 2008 otrzymał ją, jako jedyny dotychczas Polak, ks. prof. Michał Heller.

www.templetonprize.org

■ Pożegnanie z Tevatronem

Z końcem roku budżetowego USA, we wrześniu, zostanie zamknięty Tevatron – legendarny zderzacz proton-antyproton w Laboratorium Fermiego w Batavii. Decyzja ta, przy ograniczeniach finansowych czekających Laboratorium Fermiego, i przy jego ambicjach i planach na przyszłość, wydaje się właściwa, choć część środowiska fizyków częstokroć uważa, że rola Tevatronu nie musiałaby się jeszcze skończyć. Począwszy od uruchomienia w roku 1985, Tevatron się nieustannie rozwijał; jego świetność wzrosła 20 mln razy, a detektory rejestrowały rosnącą wykładniczo ilość danych. Najważniejsze odkrycia dokonane przy Tevatronie to odkrycie kwarka t w roku 1995 i neutrino taonowego w roku 2000. Fizycy doceniają nie tylko olbrzymią liczbę przypadków produkowanych w Tevatronie, ale przede wszystkim wysoką precyzję pomiarów, na ogół bardzo trudnych. Jednak roczny koszt operacji Tevatronu wynosi 35 mln dolarów – 10% rocznego budżetu Laboratorium Fermiego. Przeważał pogląd, że lepiej wykorzystać te pieniądze do rozwijania nowego programu w dziedzinie fizyki neutrin, który może zapewnić pracę tamtejszym fizykom na wiele lat.

Jedną ze spodziewanych konsekwencji zamknięcia Tevatronu będzie wzmożona współpraca fizyków amerykańskich z CERN-em.

<http://physicsworld.com>

Zastosowanie zjawisk kwantowych w metrologii

Krzysztof Szymaniec

National Physical Laboratory, Teddington, Wielka Brytania

Streszczenie: W artykule omówiono zjawiska kwantowe obserwowane w materiałach w fazie skondensowanej, które mają praktyczne znaczenie w metrologii wielkości elektrycznych. Powszechne stosowanie metod wzorcowania w oparciu o te zjawiska spowodowało, że obowiązujące definicje (np. ampera i wolta) nie są już realizowane. Ponadto, ogromny postęp w dziedzinie pomiaru czasu i częstotliwości – a także w innych dziedzinach metrologii – sprawił, że zaistniała potrzeba zmiany definicji niektórych jednostek podstawowych układu SI. Nowe definicje polegałyby na ustaleniu wartości liczbowych pewnych stałych fizycznych, w tym w szczególności uniwersalnych stałych kwantowych jak stała Plancka i ładunek elementarny.

Quantum effects used in metrology

Abstract: In the paper, described are solid-state quantum effects, which are of practical meaning in electrical metrology. Calibration methods based on these effects are now commonly used in the official SI definitions of the electrical units (e.g. ampere and volt) are no longer realized. Moreover, there has been recently significant progress in time and frequency measurement – as well as in other branches of metrology. As a result, there is a need to change definitions of some of the SI base units. In the new definitions, the numerical values of certain physical constants would be fixed. In particular, the values of fundamental constants of quantum physics, that is the Planck constant and the elementary charge, would be fixed.

Wprowadzenie

Metrologia, a zwłaszcza metrologia stosowana i prawna stanowią podstawę rozwoju technologicznego i uczciwego handlu, co ma szczególne znaczenie w czasach globalnej konsumpcji i produkcji. Jednocześnie metrologia, jako nauka, zajmuje się wszelkimi aspektami pomiarów, w tym wyznaczeniem niepewności i błędów pomiarowych, zarówno na drodze eksperymentalnej, jak i teoretycznej. Jednym z zadań metrologii naukowej są badania nad nowymi definicjami jednostek fizycznych oraz sposobami fizycznej realizacji wzorców. Opracowanie nowych, dokładniejszych, stabilniejszych i bardziej powtarzalnych wzorców jednostek otwiera nowe możliwości zastosowań praktycznych i w konsekwencji przekłada się na wartość ekonomiczną. Badania nad nowymi wzorcami pozwalają również zmierzyć się z podstawowymi problemami fizyki takimi jak, na przykład kwestia niezmienności w czasie stałych fizycznych.

Dziś powszechnie stosowanym układem jednostek jest układ SI¹, którego półwiecze obchodzono w 2010 roku. Podstawą układu SI jest siedem jednostek podstawowych: kilogram, metr, sekunda, amper, kelwin, kandela i mol, które odnoszą się do odpowiednich podstawowych wielkości fizycznych. Jednostki pochodne, czyli iloczyny jednostek podstawowych w odpowiednich potęgach, stosuje się do pozostałych mierzalnych wielkości fizycznych. Często używane wielokrotności (i podwielokrotności) jednostek tworzy się przez dodanie przedrostków, które są również uzgodnione w ramach układu SI. W metrologii stosowanej, w procesie kalibracji instrumentów pomiarowych, kluczowa jest możliwość udokumentowanego odniesienia do wzorca głównego danej jednostki (*traceability*). Definicje podstawowych jednostek układu SI opierają się na różnych metodologiach, które można ująć w trzech grupach. Historycznie najstarsze podejście polega na wykonaniu artefaktu, który uznaje się za wzorzec główny

¹ franc. *Système Internationale d'Unités* (w międzynarodowych organizacjach metrologicznych język francuski ma status języka urzędowego).

i względem którego dokonuje się kalibracji całego łańcucha wtórnych wzorców aż do urzędzenia pomiarowego użytkownika. Przykładem jest obowiązujący do dziś wzorec kilograma, którym jest bryła ze stopu platyny i irydu, bądź dawny wzorec metra, który stanowiła sztaba (wykonana z takiego samego stopu) z zaznaczonymi liniami w odpowiedniej odległości. Inny sposób definicji jednostki fizycznej to uzgodnienie pewnej właściwości fizycznej lub metody, którą następnie można odtworzyć w laboratorium. Uniwersalność tego sposobu wiąże się z odwołaniem do zjawiska fizycznego, które jest z natury powtarzalne. Na przykład, absorpcja lub emisja promieniowania mikrofalowego o ściśle określonej częstotliwości przez atomy cezu 133 (definicja sekundy), albo współistnienie trzech faz termodynamicznych w próbce wody o najwyższej czystości dla ściśle określonej temperatury (definicja kelwina). Wreszcie, trzecie podejście polega na przyjęciu numerycznej wartości pewnej uniwersalnej stałej fizycznej wyrażonej w jednostkach SI. W ten sposób każdy eksperyment, w którym możliwe jest wyznaczenie tej stałej fizycznej, niezależnie od użytej metody, staje się realizacją definicji jednostki. Tu przykładem jest obecnie obowiązująca definicja metra jako odległości, którą światło przebywa w próżni w czasie $1/299792458$ sekundy (jest to równoważne przyjęciu, że prędkość światła w próżni jest dokładnie równa $c = 299792458$ m/s).

Śledząc rozwój układu jednostek i ich definicji, można dostrzec tendencję polegającą na odchodzeniu od artefaktów (a także „metod”, jak w przypadku metra, gdzie poprzednio obowiązująca definicja polegała na ustaleniu długości fali promieniowania rezonansowego atomów kryptonu) a przyjmowaniu definicji opartych o stałe fizyczne. W tym kontekście, niektóre zjawiska kwantowe odkryte w drugiej połowie XX w. wydają się doskonale nadawać do realizacji nowych definicji jednostek, zwłaszcza jednostek elektrycznych (amper, wolt, om). Wielu zwolenników zyskuje pogląd, że nadchodzi już czas, aby międzynarodowy układ jednostek w pełni oprzeć na zdefiniowaniu numerycznych wartości odpowiednich uniwersalnych stałych fizycznych. Tak radykalna zmiana układu SI wymaga zgody sygnatariuszy Konwencji Metrycznej² i z pewnością nie nastąpi od razu. Ponadto nadal toczy się dyskusja czy za tą zmianą przemawiają wystarczające argumenty naukowe i praktyczne.

W dalszej części artykułu, przedstawione zostanie zastosowanie zjawisk kwantowych, takich jak zjawisko Josephsona, czy kwantowe zjawisko Halla, w nowoczesnej metrologii elektrycznej. Będzie również pokazane, jak ustalenie wartości stałej Plancka może zostać wykorzystane w nowej „elektrodyna-

micznej” definicji kilograma. Ponieważ sukces metrologii kwantowej i jej dalszy rozwój opiera się w dużej mierze na niebywalej dokładności dzisiejszych wzorców częstotliwości, w ostatniej części omówiony będzie postęp, jaki nastąpił również w tej dziedzinie w ostatnich latach.

Wolt kwantowy (zjawisko Josephsona)

W 1962 roku walijski fizyk Brian Josephson przewidział teoretycznie zjawisko tunelowania par Coopera przez cienką warstwę izolatora umieszczonego pomiędzy dwoma nadprzewodnikami (układ taki nazywa się złączem Josephsona, rys. 1a). Kilka lat później zjawisko to zostało zademonstrowane eksperymentalnie [1]. Tunelujące pary Coopera podtrzymywały prąd nadprzewodzący (czyli bez spadku napięcia) aż do pewnej wartości granicznej jego natężenia. Powyżej tej wartości charakterystyka prądowo-napięciowa ($I-U$, rys. 1b) zbliża się do zwykłej, liniowej zależności; jest to tzw. *stało-prądowe* zjawisko Josephsona. Dla metrologii kwantowej ważniejsze jest zjawisko *zmiennoprądowe*, które obserwuje się, kiedy do złącza dodatkowo przyłożone jest zmienne napięcie o wysokiej częstotliwości. Wówczas na charakterystyce $I-U$ pojawiają się typowe schodki, tzw. stopnie Shapiro (rys. 1c). Zgodnie z przewidywaniami Josephsona wartości napięcia na stopniach Shapiro są równe:

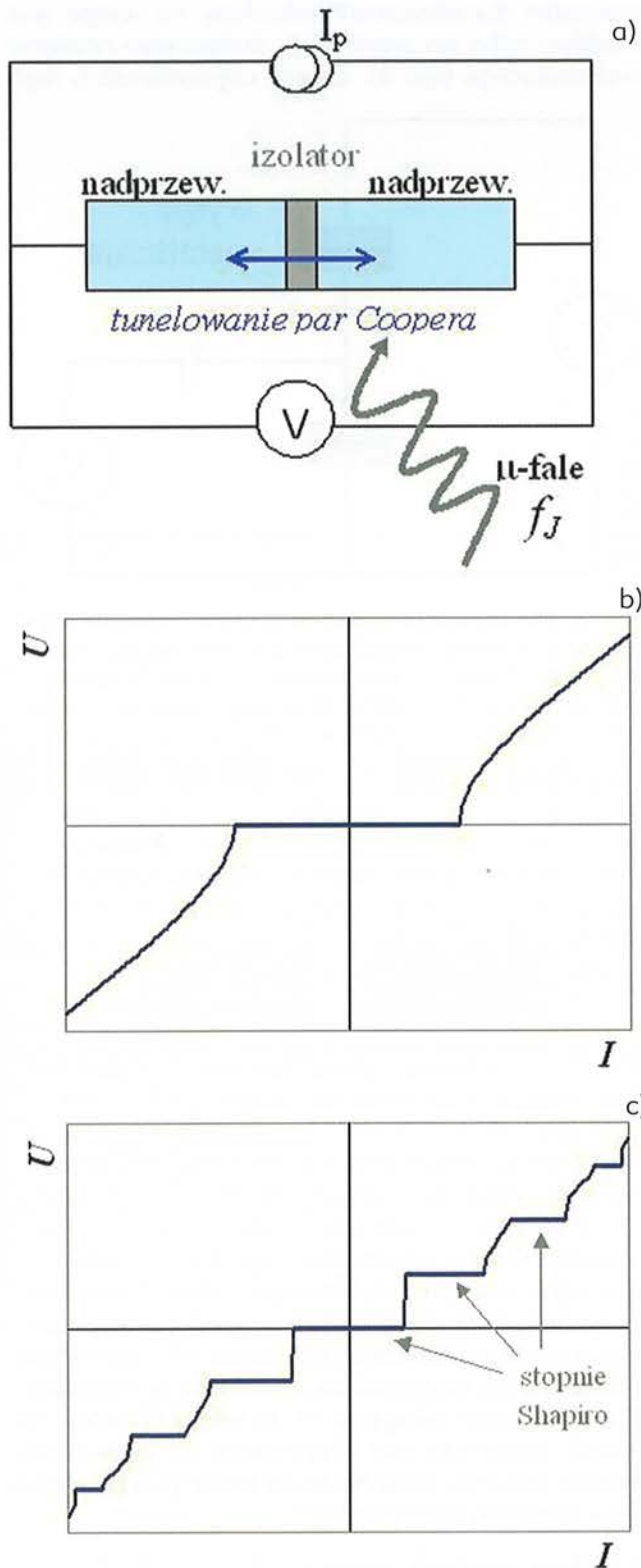
$$U_n = n \frac{f_J}{K_J}, \quad (1)$$

gdzie n jest liczbą całkowitą, f_J częstotliwością sygnału wysokiej częstotliwości (zwykle ok. 70 GHz); K_J to tzw. stała Josephsona, którą można wyrazić jako $K_J = 2e/h$, gdzie e jest wartością ładunku elementarnego a h to stała Plancka. Wielkość $1/K_J$ odpowiada kwantowi strumienia magnetycznego związanego z tunelowaniem pojedynczej pary Coopera. Zmiennoprądowe zjawisko Josephsona można zatem rozumieć jako tunelowanie par, które zachodzi „w takt” zmian napięcia wysokiej częstotliwości. Możliwość zastosowania skwantowanych poziomów napięć obserwowanych na złączu Josephsona jako metrologicznych wzorców napięcia została szybko dostrzeżona. Co więcej, pokazano empirycznie, z dokładnością do 10^{-9} , że wartość stałej K_J nie zależy od rodzaju materiałów, z których składa się złącze (dla złącz wykonanych na tym samym podłożu taką zgodność pokazano nawet na poziomie 10^{-16}). Dla porównania, dokładność wzorców elektrochemicznych, szeroko stosowanych w latach 1960-tych, była na poziomie 10^{-6} . Pojawienie się tak stabilnych i powtarzalnych wzorców napięcia jak złącza Josephsona zbiegło się z potrzebą przeprowadzania coraz dokładniejszych kalibracji dla po-

² franc. *Convention du Metre*, podpisana w 1875 roku przez 17 krajów (przez Polskę w 1925 roku), dziś zrzesza 51 sygnatariuszy i 27 państw stowarzyszonych.

trzeb przemysłu elektronicznego. Ostatecznie w 1990 roku Międzynarodowa Konferencja Miar i Wag (CGPM) uzgodniła wartość stałej K_J na podstawie najlepszych pomiarów h i e przyjmując w ten

sposób nową „roboczą” definicję wolta, nie zmieniając jednocześnie oficjalnej starej definicji. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że relacja $K_J = 2e/h$ ma charakter fenomenologiczny. Teoria zjawiska Josephaona nie daje wystarczających podstaw by uznać ją za relację absolutną, np. niezależną od stosowanych materiałów złącza.

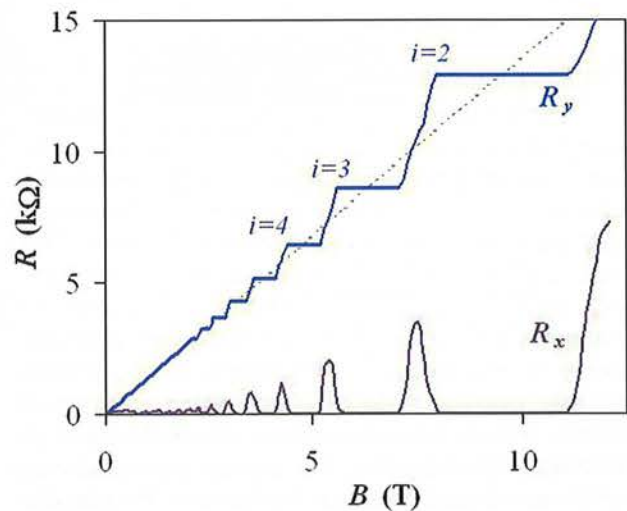


Rys. 1. Schematyczne przedstawienie złącza Josephsona (a); charakterystyka prądowo-napięciowa dla zjawiska stało-prądowego (b) i zmiennoprądowego (c)

Kwantowe zjawisko Halla

W przewodniku z prądem umieszczonym w prostopadłym polu magnetycznym dochodzi do rozdzielania nośników prądu w kierunku poprzecznym. Zjawisko to – skutek działania siły Lorentza – zostało zaobserwowane i opisane na gruncie fizyki klasycznej przez Edwina Halla w 1879 roku. W eksperymencie mierzy się poprzeczny spadek napięcia, a ponieważ jego wartość zależy wprost proporcjonalnie od wartości prądu płynącego w przewodniku, wygodnie jest podać stosunek obu wartości, czyli tzw. opór Halla. Opór ten w dość szerokim zakresie zależy liniowo od natężenia pola magnetycznego, dlatego też sondy działające w oparciu o zjawisko Halla stosuje się często jako magnetometry.

Kwantowe zjawisko Halla odkrył w 1980 roku Klaus von Klitzing badając zachowanie się struktur typu MOS-FET w niskich temperaturach ($< 1\text{ K}$) i w bardzo silnych polach magnetycznych ($> 10\text{ T}$) [2]. Stwierdził on, że opór Halla w funkcji pola magnetycznego nie wykazywał klasycznej, liniowej zależności, ale posiadał charakterystyczne poziome plateau (rys. 2). Okazało się, że wartości oporu na tych poziomach odpowiadają następującej prostej zależności:



Rys. 2. Zależność oporu Halla (poprzecznego) R_y oraz oporu podłużnego R_x w funkcji pola magnetycznego, dla złącz półprzewodnikowych, w pobliżu których tworzy się dwuwymiarowy gaz elektronowy. Poziome plateau dla oporu Halla odpowiada zerowaniu się zwykłego oporu podłużnego. Własność ta jest wykorzystywana w praktyce laboratoryjnej (zero oporu podłużnego jest łatwiejsze do stwierdzenia niż plateau oporu Halla)

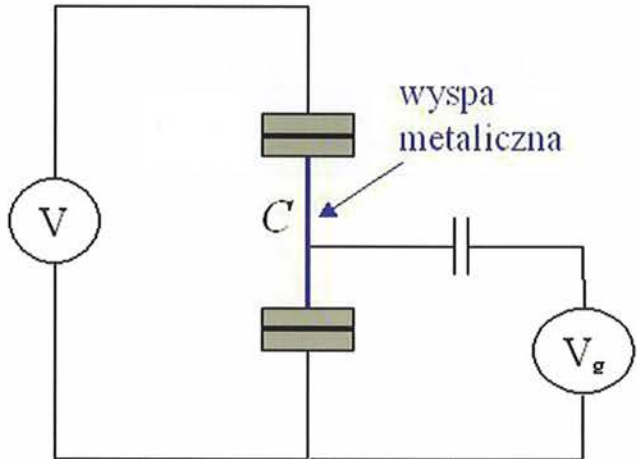
$$R_i = \frac{1}{i} \frac{h}{e^2}, \quad (2)$$

gdzie i jest liczbą naturalną; stosunek h/e^2 określa się często mianem stałej von Klitzinga R_K . Wyjaśnienie tego zjawiska odwołuje się do tego, że w niektórych przypadkach w pobliżu heterozłącza (takiego jak w strukturach MOS-FET lub As-GaAs) tworzy się niezwykle cienka warstwa nośników prądu – efektywny dwu-wymiarowy gaz elektronowy. W takich warunkach ruch elektronów w polu magnetycznym (ruch cyklotronowy) i jego energia są skwantowane. W silnym polu magnetycznym częstość cyklotronowa jest duża, a zatem i rozdzielenie poziomów energetycznych (poziomów Landaua) jest duże. W rezultacie, poniżej granicy energii Fermiego mieści się liczba poziomów, która odpowiada liczbie naturalnej i we wzorze (2). Trzeba jednak stwierdzić, że zależność (2) ma charakter fenomenologiczny i jej wyjaśnienie teoretyczne jest również niekompletne [3], podobnie jak w przypadku zjawiska Josephsona (wzór 1). Niemniej została ona potwierdzona w licznych eksperymentach i z użyciem różnych materiałów, w tym, ostatnio, grafenu [4]. Podobnie jak w przypadku złącz Josephsona, obserwacja skwantowanego oporu Halla stała się popularną i dokładną metodą kalibracji oporników wzorcowych. Jednocześnie jej powszechne stosowanie w ciągu prawie dwóch dekad pokazało niestabilność i dryfty używanych wcześniej artefaktów na poziomie powyżej 10^{-7} na rok. Dla potrzeb metrologii stosowanej, bazując na pomiarach h i e , przyjęto uzgodnioną wartość R_K , ale nadal bez zmiany oficjalnej definicji elektrycznych jednostek SI.

Pompa elektronów

Opóźnienie w przyjęciu nowych, „kwantowych” jednostek układu SI wiąże się ze wspomnianym wyżej fenomenologicznym charakterem zależności (1) i (2). Eksperymentalny test na dokładność tych zależności zaproponowano w latach 1990-tych. Zauważmy, że pomiar napięcia Josephsona oraz oporu Halla pozwala wyznaczyć ładunek elementarny $e = 2/K_J R_K$. Wspomniany test polegałby zatem na niezależnym wyznaczeniu e – na przykład poprzez pomiar prądu związanego z przepływem dobrze znanej liczby ładunków elementarnych [5]. Możliwą techniką jest tu tzw. pompa elektronów czyli tunelowanie pojedynczych elektronów. Pompa elektronów to kondensator utworzony przez wyspę metaliczną umieszczoną między dwoma złączami Josephsona (w temperaturze ciekłego helu). Układ taki musi posiadać energię ładowania przez pojedyncze elektrony znacznie większą niż ich energia termiczna ($k_B T \ll e^2/2C$; T i C to odpowiednio temperatura i pojemność układu). Energia ładowania musi być także większa niż nieokreśloność energii

związana z tunelowaniem ($h/2 \sqrt{\Delta t} \ll e^2/2C$; Δt to czas życia elektronów na wyspie ze względu na tunelowanie). Spełnienie obu tych warunków (tzw. blokady kulombowskiej) zapewnia utrzymanie stałej liczby elektronów na wyspie. Z kolei, kontrolowany transport (tunelowanie) ładunków na wyspę jest możliwy tylko po przyłożeniu zmiennego napięcia bramkującego (rys. 3). Znając częstość f_p tego



Rys. 3. Pompa pojedynczych elektronów. Napięcie bramkujące V_g pozwala obniżyć barierę kulombowską i dopuszczać na wyspę kontrolowaną liczbę ładunków elementarnych. Przyłożenie zmiennego napięcia V_g o znanej częstości f powoduje przepływ prądu o wartości $I = fe$

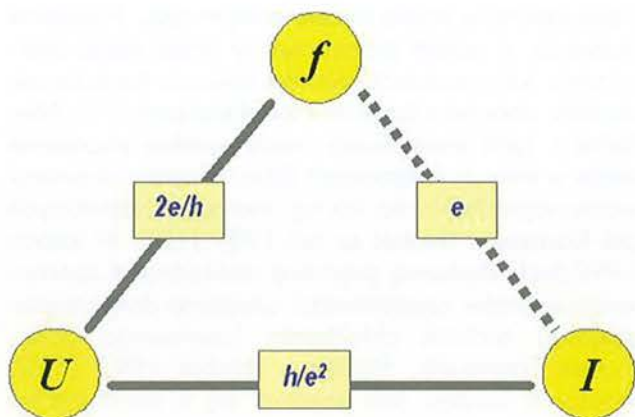
napięcia i minimalizując błędy tunelowania (tzn. zapewniając, że w takt zmian napięcia transportowany jest dokładnie jeden elektron) można określić wartość płynącego prądu I (np. w jednostkach e na sekundę):

$$I = f_p e. \quad (3)$$

W najbardziej zaawansowanych eksperymentach stosuje się częstości rzędu kilku GHz, co daje prąd około 0.5 nA – już stosunkowo łatwy do dokładnego porównania z praktycznie stosowanymi źródłami prądowymi [6]. Stosowanie nanostruktur w eksperymentach z pompami elektronowymi i obserwowany rozwój nanotechnologii daje nadzieję na znacząca poprawę dokładności takich urządzeń. Obecnie jednak dokładność ta (określona przez resztkowe błędy tunelowania) jest rzędu 10^{-6} , czyli ciagle gorsza od tej, która miałaby znaczenie w metrologii. Zwróćmy także uwagę na to, że relacji (3) także nie należy automatycznie przyjmować za prawdziwą; kwanty ładunku przechodzące przez pompę mogą się w zasadzie różnić od e [7].

Trójkąt metrologiczny

Każdy z trzech opisanych powyżej pomiarów, czyli napięcia Josephsona, oporu Halla i prądu pojedynczych elektronów jest komplementarny w sto-



Rys. 4. Tzw. „trójkąt metrologiczny” ilustruje zależności pomiędzy triadą wielkości fizycznych U , I , f . Boki trójkąta odpowiadają zjawiskom, które pozwalają wyznaczyć wartości kwantowych stałych fizycznych. W przypadku ustalenia ich wartości liczbowej, odpowiadają one metodom realizacji definicji odpowiednich jednostek. Linia przerywana na jednym z boków (odpowiadającym pompie elektronów) oznacza, że dokładność tej metody na razie ustępuje dokładności pozostałych dwu metod (wolt i om kwantowy) i wymogom zastosowań metrologicznych

sunku do dwóch pozostałych. Można to zilustrować na diagramie tzw. trójkąta metrologicznego (rys. 4). Podstawiając wyrażenia na U , R i I z (1-3) do równania prawa Ohma otrzymujemy:

$$\frac{ni}{2} \frac{f_J}{f_p} = 1. \quad (4)$$

Wykonanie tych trzech pomiarów dawałoby, z kolei:

$$\frac{ni}{2} \frac{f_J}{f_p} = 1 + \Delta_{\text{exp}} \pm u_{\text{exp}}, \quad (5)$$

gdzie Δ_{exp} jest mierzonym odstępstwem od jedności, a u_{exp} łączną niepewnością pomiarów. Pokazanie, że Δ_{exp} jest mniejsze od u_{exp} na odpowiednim poziomie dokładności (w praktyce wymaga się, by co najmniej $u_{\text{exp}} < 10^{-8}$) dawałoby „zamknięcie” trójkąta metrologicznego czyli potwierdzenie słuszności relacji (1), (2) i (3). W przeciwnym wypadku, tzn. gdyby eksperymenty pokazały, że Δ_{exp} jest większe od u_{exp} , mielibyśmy dowód na to, że któraś z tych relacji (choć nie wiadomo która) wymaga znaczącej poprawki. Zwróćmy uwagę na to, że „bok” trójkąta związany z pomiarem prądu pojedynczych elektronów ma mniejszą dokładność w porównaniu z pozostałymi „bokami”. W praktyce metrologicznej nie stanowi to problemu, ponieważ do kalibracji źródeł prądowych używa się artefaktów ostatecznie wzorco-

wanych do standardów kwantowych (złącz Josepha i oporu Halla). Ma to jednak istotne znaczenie w kwestii zmiany definicji jednostek SI.

Nowa definicja kilograma?

Przyjęcie „nowego” układu SI, którego szkieletem byłyby uniwersalne stałe fizyczne, w tym stałe kwantowe h i e jest rozważane i możliwe już w niezbyt odległej przyszłości. W tym kontekście dużo uwagi poświęca się proponowanej nowej definicji kilograma. Obecna, jako jedyna z definicji jednostek SI, odwołuje się jeszcze do artefaktu przechowywanego w sejfie w Międzynarodowym Biurze Miar i Wąg w Sevres. Międzynarodowy prototyp kilograma jest umieszczony w powietrzu (nie w próżni) i raz na 50 lat wyjmowany z sejfu i myty z zachowaniem ściśle określonej procedury. Podobnie postępuje się z oficjalnymi kopiami wykonanymi jednocześnie z wzorcem głównym w 1889 roku, a będącymi w posiadaniu kilku narodowych instytutów metrologicznych na świecie. Porównania oficjalnych kopii pokazują długoczasowe dryfty ich mas na poziomie 10^{-8} i pośrednio sugerują podobny dryft masy głównego wzorca.

Realizacja nowej definicji polegałaby na pomiarze ciężaru odważnika przy pomocy tzw. wagi elektrodynamicznej (*watt balance*). Waga elektrodynamiczna to udoskonalona wersja wagi prądowej używanej dawniej do realizacji ampera³. Aby uniknąć głównej bolączki wag prądowych, czyli konieczności dokładnego wyznaczenia parametrów geometrycznych używanych cewek, waga elektrodynamiczna pracuje w dwóch fazach. W fazie pierwszej (*ważenia*), ciężar odważnika Mg (M – masa, g – lokalne przyspieszenie ziemskie) jest równoważony siłą elektrodynamiczną działającą na cewkę z prądem I umieszczoną w polu magnetycznym B :

$$Mg = aBI, \quad (6)$$

gdzie a opisuje geometrię użytej cewki. W drugiej fazie (*przesuwania*) ta sama cewka porusza się w tym samym polu magnetycznym ze znaną prędkością v i generowane jest napięcie U :

$$U = aBv. \quad (7)$$

Eliminując czynnik geometryczny a i pole B :

$$Mgv = UI = U^2 / R. \quad (8)$$

W ten sposób można wyrazić moc „mechaniczną” przez moc „elektryczną” określoną przez napięcie indukowane w cewce i jej rezystancję zmierzone przy pomocy urządzeń kalibrowanych do

³ Dziś waga prądowa ma jedynie znaczenie historyczne z uwagi na to, że jej dokładność znacznie ustępuje opisanym tu kwantowym realizacjom jednostek elektrycznych.

wzorców kwantowych; otrzymuje się wielkość proporcjonalną do hf^2 , gdzie f jest dokładnie zmierzona częstotliwością złącza Josephsona. Następnie, znając dokładnie g i v , uzyskuje się masę odważnika wzorcowego. Dokładna znajomość masy odważnika jest zatem równoważna z dokładną znajomością liczbowej wartości stałej Plancka [8]. Nowa definicja kilograma mogłaby zatem brzmieć następująco⁴: „Kilogram to jednostka masy taka, że stała Plancka jest równa $h = 6.62606X \times 10^{-34} \text{ Js}$ ” (X oznacza nie-uzgodnione, jak dotąd cyfry znaczące).

Precyzyjne pomiary częstotliwości

Metody metrologii kwantowej opisane powyżej wymagają bardzo dokładnego pomiaru częstotliwości (np. częstotliwości sygnału mikrofalowego przyłożonego do złącza Josephsona). Użycie tych metod nie byłoby więc tak atrakcyjne i szeroko stosowane, gdyby nie fakt, że częstotliwość – czy to w zakresie mikrofal, czy nawet w zakresie optycznym – można zmierzyć z niepewnością zaniedbywalną w stosunku do innych pomiarów. Rzeczywiście, częstotliwość promieniowania elektromagnetycznego związanego z niektórymi przejściami rezonansowymi w atomach lub jonach można wyznaczyć z bezprecedensową dokładnością. Obecnie obowiązująca definicja sekundy w oparciu o promieniowanie mikrofalowe odpowiadające przejściu nadsubtelnemu w stanie podstawowym cezu 133 jest realizowana z niepewnością rzędu kilku części na 10^{16} (dwa zegary sprzężone z takimi wzorcami częstotliwości różniłyby się wskazaniami o sekundę dopiero po upływie 80 mln lat, albo – co łatwiej zmierzyć – o 1 ns po miesiącu!). Precyzja pomiaru czasu wymaga długoczasowej stabilności częstotliwości oscylatora użytego w danym zegarze. Oscylatory wykonane „ludzka ręką” takiej własności nie mają, gdyż ich częstotliwość własna zależy od warunków otoczenia (np. temperatury), które są zmienne. Dotyczy to zarówno dawnych wahadeł mechanicznych, jak i bardziej współczesnych oscylatorów kwarcowych (choć na innym poziomie stabilności). Pierwsza, jeszcze niezbyt jasna, sugestia, aby jako wzorców używać drgań własnych atomów pochodziła od Williama Thomsona (lorda Kelvina). Praktyczną ideę zegara atomowego krótko po wojnie przedstawił I. I. Rabi opierając się na rozwiniętej przez siebie metodzie rezonansu magnetycznego [10]. Sugerował on, aby wzorcem częstotliwości było mikrofalowe przejście

nadsubtelne w stanie podstawowym cezu. Podejście Rabiego, a nawet proponowany przez niego pierwiastek, jako realizacja definicji sekundy funkcjonuje do dziś, chociaż z licznymi modyfikacjami [11]. Niektóre z tych modyfikacji miały wielkie znaczenie także w innych dziedzinach fizyki i zostały uhonorowane nagrodą Nobla, jak np. metoda rozdzielonych pól Ramsey’a (Nobel za rok 1989 [12]). W latach 1990-tych skokową poprawę dokładności atomowych wzorców częstotliwości uzyskano dzięki zastosowaniu technik chłodzenia laserowego (Chu, Cohen-Tannoudji, Phillips – Nobel 1997 [13]). Wreszcie, postęp, jaki dokonał się w ostatnich latach, wiąże się z użyciem jako wzorców atomowych przejść rezonansowych w dziedzinie optycznej. Niezwykle ważna jest tu możliwość dokładnego i stosunkowo łatwego pomiaru częstotliwości optycznych w stosunku do częstotliwości radiowych bądź mikrofalowych przy pomocy tzw. grzebieni częstotliwości (Hänsch, Hall – Nobel 2005 [14]). Tworzą one jakby przymiar do częstotliwości a generuje się je za pomocą femtosekundowych laserów ze sprzężeniem modów. Ciąg równoodległych w czasie, spójnych impulsów laserowych daje w domenie częstotliwości cały szereg składowych fourierowskich (grzebień częstości). Nieco upraszczając można przyjąć, że częstotliwości poszczególnych „zębów” grzebienia są wielokrotnościami częstości repetycji impulsów (rzędu 0.1-1 GHz). W eksperymencie, laser dostrojony do rezonansu optycznego zdudnia się z grzebieniem częstotliwości. Najmniejsza z obserwowanych częstości różnicowych daje odległość od najbliższego zęba grzebienia [14]. Mierząc tę częstość oraz częstość repetycji można dokładnie wyznaczyć częstość lasera (w zakresie optycznym) w doniesieniu do częstości radiowych lub mikrofalowych. W niektórych nowych zegarach „optycznych” niepewności systematyczne wyznaczenia częstości własnej są na poziomie poniżej 10^{-17} , czyli o ponad rząd wielkości mniejsze niż niepewności wzorców cezowych. Rodzi to pytania, czy należy zmienić także definicję sekundy, np. w oparciu o wąskie spektralnie przejście optyczne w wybranym atomie lub jonie⁵. W kontekście proponowanych zmian definicji jednostek elektrycznych w oparciu o kwantowe stałe fizyczne, być może właściwsze byłoby zdefiniowanie sekundy (herca) poprzez ustalenie wartości liczbowej stałej Rydberga⁶. Na pewno byłoby to rozwiązanie eleganckie, ale mało praktyczne; teoretyczne obli-

⁴ Zaawansowane są również prace nad alternatywną definicją kilograma przy pomocy sfery o dokładnie znanym promieniu wykonanej z czystego izotopowo monokryształu krzemu o dokładnie znanej stałej sieci krystalicznej. W tym przypadku definicja jednostki masy sprowadzałaby się do ustalenia masy atomu krzemu w kryształach. Alternatywnie, ten sam eksperyment można wykorzystać do bardzo dokładnego wyznaczenia liczby Avogadro N_A ; nową definicję mola można by wtedy oprzeć o ustaloną wartość liczbową N_A [9].

⁵ Rozważane są liczne kandydatury, m. in. jonów Hg^+ , Al^+ i Yb^+ lub neutralnych atomów Sr , Yb , Hg i inne; brak zdecydowanego lidera w tej grupie może utrudnić konsensus co do ewentualnej zmiany definicji sekundy SI.

⁶ W spektroskopii atomowej, stała Rydberga określa graniczną wartość liczby falowej fotonu o najmniejszej energii, który może zjonizować atom wodoru ze stanu podstawowego. Jest to obecnie najdokładniej zmierzona uniwersalna stała fizyczna.

czenie częstotliwości rezonansowych atomów jest ciągle o wiele mniej dokładne niż pomiar doświadczalny. Tak jest nawet dla atomu wodoru, a tym bardziej dla bardziej złożonych układów.

Podsumowanie

Od początków systemu metrycznego, kiedy metr był zdefiniowany jako ułamek łuku południka przechodzącego przez Paryż, a kilogram, jako masa decymetra sześciennego wody, jego twórcom przyświecała myśl, by system jednostek oprzeć na niezmiennych wielkościach w przyrodzie. Dziś metr jest już zdefiniowany przez stałą c a sekunda przez uniwersalną wartość częstotliwości przejścia atomowego. Obowiązująca definicja ampera także odwołuje się do ustalonej wartości stałej fizycznej – przenikalności elektrycznej próżni, jednak jej praktyczna realizacja nie daje wymaganej dokładności. Wykorzystanie zjawisk kwantowych tj. zjawiska Josephsona i kwantowego zjawiska Halla pozwoliło na znaczną poprawę dokładności wzorcowania urządzeń elektrycznych i elektronicznych a także otworzyło drogę do przyjęcia nowej definicji ampera w oparciu o zafikowaną wartość ładunku elementarnego. Ponadto stała się możliwa redefinicja kilograma poprzez ustalenie numerycznej wartości h . Podobnie można by postąpić z nową definicją kelwina i mola przez ustalenie wartości stałej Boltzmana k_B i liczby Avogadro N_A (tabela 1). W ten sposób zbliżylibyśmy się do ideału jaki XVIII-wieczni uczeni mieli przed oczyma tworząc układ jednostek, z którego wywodzi się dzisiejszy system SI. Stałoby się to możliwe dzięki niezwykle postępowi technik eksperymentalnych, zwłaszcza tych, które pozwalają obserwować wielkości kwantowe i mierzyć je w odniesieniu do wielkości makroskopowych właściwych dla większości zagadnień technicznych.

Tabela 1. Proponowane zmiany definicji jednostek podstawowych Układu SI. Wartości liczbowe odpowiednich stałych fizycznych, wyrażone w jednostkach SI byłyby absolutnie dokładne. X oznacza dodatkowe cyfry do uzgodnienia przed przyjęciem nowych definicji, np. na podstawie najnowszych poprawek publikowanych przez komitet CODATA [15]

wielkość fizyczna	jednostka, symbol	definiująca stała fizyczna
długość	metr, m	prędkość światła w próżni, $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$
czas	sekunda, s	częstotliwość odpowiadająca rozszczepieniu nadsubtelnemu w stanie podstawowym atomu cezu 133, $\Delta\nu(^{133}\text{Cs}) = 9\,192\,631\,770\text{ Hz}$
masa	kilogram, kg	stała Plancka, $h = 6.626\,06X \times 10^{-34}\text{ Js}$
natężenie prądu elektrycznego	amper, A	ładunek elementarny, $e = 1.602\,17X \times 10^{-19}\text{ C}$
temperatura	kelwin, K	stała Boltzmana, $k_B = 1.380\,6X \times 10^{-23}\text{ J/K}$
liczność substancji	mol, mol	stała Avogadro, $N_A = 6.022\,14X \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$

Bibliografia

- [1] R. Poepel, "The Josephson Effect and Voltage Standards", *Metrologia*, 29 (1992) 153-174 (1992).
- [2] K. von Klitzing, "The Quantized Hall Effect" (Wykład Noblowski), *Rev. Mod. Phys.* 58 (1986) 519-531.
- [3] J. Flowers, "The Route to Atomic and Quantum Standards", *Science*, 306 (2004) 1324.
- [4] A. Tzalenchuk, S. Lara-Avila, A. Kalaboukhov, S. Paolillo, M. Syvajarvi, R. Yakimova, O. Kazakova, T.J.B.M. Janssen, V. Fal'ko, S. Kubatkin, "Towards a Quantum Resistance Standard Based on Epitaxial Graphene", *Nature Nanotechnology*, 5 (2010) 186-189.
- [5] K. Flensberg, A.A. Odintsov, F. Liefvink, P. Teunissen, "Towards Single-Electron Metrology" *Int. J. Mod. Phys. B*, 13 (1999) 2651.
- [6] M.D. Blumenthal, B. Kaestner, L. Li, S. Giblin, T.J.B.M. Janssen, M. Pepper, D. Anderson, G. Jones, D.A. Ritchie, "Gigahertz Quantized Charge Pumping", *Nature Physics*, 3 (2007) 343.
- [7] M. W. Keller, "Current Status of the Quantum Metrology Triangle", *Metrologia*, 45 (2008) 102-109.
- [8] B. P. Kibble, I. A. Robinson, J. H. Belliss, "A Realization of the SI Watt by the NPL Moving-coil Balance", *Metrologia*, 27 (1990) 173-192.
- [9] P. Becker, H. Bettin, H-U. Danzebrink, M. Glaser, U. Kuetgens, A. Nicolaus, D. Schiel, P. De Bievre, S. Valkiers, P. Taylor, "Determination of the Avogadro Constant via the Silicon Route", *Metrologia*, 40 (2003) 271-287.
- [10] N.F. Ramsey, "History of Atomic Clocks", *Natl. Bur. Stand.*, 88 (1983) 301.
- [11] W. Chałupczak, K. Szymaniec, "Czas Atomów", *Świat Techniki* (grudzień 2005).
- [12] N.F. Ramsey, "Experiments with Separated Oscillatory Fields and Hydrogen Masers" (Wykład Noblowski), http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1989/ramsey-lecture.pdf
- [13] W.D. Phillips, "Laserowe chłodzenie i pułapkowanie atomów obojętnych", *Postępy Fizyki*, 49 (1998) 310.
- [14] J. Mostowski, "Nobel z fizyki za teorię i praktykę w optyce", *Postępy Fizyki*, 57 (2006).
- [15] P.J. Mohr, B.N. Taylor, "CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 2006", *Rev. Mod. Phys.*, 80 (2008) 633-730.

Dr inż. Małgorzata Jasiurkowska laureatką nagrody H. Niewodniczańskiego

Od 2005 roku w kolejnych latach jest obchodzone święto Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w drugi poniedziałek grudnia, czyli w terminie ostatniego przed rocznicą śmierci prof. Henryka Niewodniczańskiego posiedzenia rady naukowej. Podczas tej uroczystości odbywają się laudacje habilitacyjne, promocje doktorskie i wręczenia nominacji profesorskich. Ważnym punktem programu uroczystości jest również wręczenie nagrody im. Henryka Niewodniczańskiego i referat laureata.

Nagroda H. Niewodniczańskiego przeznaczona jest dla młodych (poniżej 35 roku życia) pracowników Instytutu i studentów Międzynarodowego Studium Doktoranckiego IFJ PAN. Kandydatów do nagrody mogą zgłaszać kierownicy naukowych komórek organizacyjnych oraz członkowie Rady Naukowej IFJ PAN. Wnioski rozpatruje Kapituła Nagrody złożona z pięciu osób, powoływana każdorazowo przez Radę Naukową Instytutu. Członkami Kapituły nie mogą być wnioskodawcy, przewodniczący Rady Naukowej i Dyrektor Instytutu.

W 2010 roku Kapituła pod przewodnictwem prof. Jerzego Janika przyznała nagrodę im. H. Niewodniczańskiego dr inż. Małgorzacie Jasiurkowskiej za cykl trzech publikacji¹ przedstawiający studium własności strukturalnych wysoko uporządkowanej fazy smektycznej E w substancjach szeregu homologicznego nBT, (*n* oznacza liczbę atomów węgla w łańcuchu molekularnym, w nagrodzonych pracach $n = 2 - 12$) a także opis dynamiki wibracyjnej i przejścia szklistego tej fazy.

Laureatka w lutym 2010 obroniła pracę doktorską napisaną pod kierunkiem prof. dr hab. Marii Massalskiej-Arodź. Recenzenci rozprawy (prof. dr hab. Antoni Kocot i prof. dr hab. Krzysztof Czupryński) wnioskowali o jej wyróżnienie ze względu na ogrom pracy doświadczalnej oraz dogłębną analizę uzyskanych wyników. Praca otrzymała także drugą nagrodę Polskiego Towarzystwa Ciekłokrystalicznego.

Wyjaśnienie natury układów szklistych zostało uznane przez redakcję czasopisma Science za jedno z sześciu najważniejszych problemów badawczych współczesnej fizyki.

Zarówno w rozprawie doktorskiej jak i w przedstawionych do nagrody publikacjach dr M. Jasiurkowska wykorzystała komplementarne metody badawcze, a mianowicie: dyfrakcję promieni X, spektroskopię w podczerwieni i spektroskopię dielektryczną, metody kalorymetryczne oraz kwantowo-mechaniczne metody obliczeniowe.

Na podstawie uzyskanych wyników ustalono, że faza smektyczna E badanego szeregu homologicznego nBT ma strukturę rombowa. Przeprowadzone badania pozwoliły na dyskusję relacji pomiędzy parametrami molekuł i parametrami komórki elementarnej fazy SmE. Oszacowano parametry komórki elementarnej tej fazy. Obliczono zmiany gęstości w zależności od długości molekuly w kolejnych substancjach szeregu oraz jej zależność od temperatury. Dla kilku substancji szeregu nBT pojawiła się tendencja do przechłodzenia fazy smektycznej E oraz przejście szkliste. Przebadano zmiany grubości warstwy z temperaturą w fazie smektycznej i w szkle oraz wyjaśniono zmiany obrazu dyfrakcyjnego pod wpływem przejścia szklistego.

Obserwacje strukturalne substancji 3BT wykazały bogaty polimorfizm fazy stałej. Zidentyfikowano szkło fazy smektycznej E i pięć faz krystalicznych. Opisano ich strukturę. Uzyskane wartości temperatury przejść fazowych, zostały potwierdzone w zakresie środkowej podczerwieni. Wartości zmian entropii i entalpii w temperaturach przejść fazowych uzyskane z wcześniejszych badań pojemności cieplnej w warunkach adiabatyczności porównano ze sformułowanymi wnioskami z badań spektroskopowych. W oparciu o obliczenia przeprowadzone dla izolowanej molekuly metodą DFT, poszczególnym drganiom wewnątrz molekularnym przypisano częstości pasm absorpcyjnych.

¹ 1. M.Jasiurkowska, A.Budziak, J.Czub, S.Urban, Dielectric and X-ray Studies of Eleventh and Twelfth Members of Two Isothiocyanato Mesogenic-Compounds, Acta Phys.Polonica A 110 (2006) 795-805

2. M.Jasiurkowska, A.Budziak, J.Czub, M.Massalska-Arodź, S.Urban, X-ray studies on the crystalline E phase of the 4-n-alkyl-4'-isothiocyanobiphenyl homologous series (nBT, n = 2-10), Liquid Crystals 35 (2008) 513-518.

3. M.Jasiurkowska, J.Ściesiński, J.Czub, M.Massalska-Arodź, R.Pełka, E.Juszyńska, Y.Yamamura, K.Saito, Infrared Spectroscopic and X-ray Studies of the 4-propyl-4'-isothiocyanatobiphenyl (3TCB)", J.Phys.Chem. B 113 (2009) 7435-7442.



Laureatka na wieży Eiffla na tle nocnej panoramy Paryża

Analizowano również współzależności własności dynamicznych molekuł od ich budowy oraz upakowania w warstwach smektycznych.

W badaniach dielektrycznych fazy smektycznej E o wysokim uporządkowaniu molekuł zaobserwowano ruchy rotacyjne wokół osi krótkiej dla wydłużonych molekuł nBT. Jest to typowe dla fazy plastyczno-kryształicznej, gdyż wynika z małej wartości współczynnika upakowania p molekuł oraz ze sprzężenia rotacji z ruchami translacyjnymi molekuł wychylających się poza węzły sieci kryształicznej. Dla kilku substancji badanego szeregu wykryto korelacje pomiędzy wartościami współczynnika upakowania p a wysokością bariery hamującej reorientację molekuł. W przejściu fazowym pomiędzy cieczą izotropową a fazą smektyczną E stwierdzono spowolnienie reorientacji o pięć rzędów wielkości. Przebadano dynamikę przejścia szklistego. Oprócz relaksacji strukturalnej zauważono szybszy proces tzw. relaksacji beta. W przeciwieństwie do przypadku zeszklenia fazy izotropowej tu oba procesy miały arrheniusowski charakter zależności od temperatury.

Stwierdzono istnienie sprzężenia translacyjno-rotacyjnego pozwalającego na przeskok rotacyjny wokół osi krótkiej w fazie SmE.

Za najważniejszy wynik laureatka uważa stwierdzenie analogii pomiędzy fazą szklistą SmE, a szkłem faz plastycznych o molekułach globularnych, polegającej na zachowaniu ułożenia przestrzennego molekuł i zamrożeniu ich nieporządku orientacyjnego poniżej przejścia szklistego. Szczególnie interesujące wydaje się jej poznanie charakteru szkieł faz struktur uporządkowanych w sieć krystaliczną.

Dr inż. Małgorzata Jasiurkowska pochodzi z miejscowości Łącko koło Nowego Sącza. Jest absolwentką fizyki technicznej na Akademii Górniczo-Hutniczej. Obecnie, w ramach stypendium Fundacji Humboldta na Uniwersytecie w Lipsku, prowadzi badania dynamiki ciekłych kryształów w ultra cienkich warstwach oraz w nanoporach. Jest osobą bardzo tajemniczą: nie chce mówić o sobie, ani o swoim życiu prywatnym. Z trudem udało mi się dowiedzieć, że bardzo lubi podróże. W przyszłości chciałaby zwiedzić Maroko. Zawsze chętnie wraca w rodzinne strony. Najlepiej wypoczywa spacerując po górskich szlakach.

Małgorzata Nowina Konopka
Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków

Andrzej Eskreys (1938–2011)

Leszek Turczynowicz-Suszycki

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Prof. dr hab. Andrzej Eskreys urodził się 15 lutego 1938 roku w Tarnowie. Ojciec jego, Arpad, był z pochodzenia Węgrem, który przybył do Lwowa, aby wstąpić na Politechnikę Lwowską, gdzie ukończył studia uzyskując dyplom inżyniera chemika. Polubił to miasto z jego folklorem, co znajdowało nierzadko wyraz w śpiewanych przez niego lwowskich piosenkach. Opanował zresztą perfekcyjnie język polski, czym odznaczał się nawet wiele lat później, już na emigracji. Po studiach podjął pracę w zakładach azotowych w Mościcach pod Tarnowem i zamieszkał ostatecznie w Tarnowie. W roku 1937 Arpad Eskreys zrobił doktorat z chemii na Uniwersytecie Jagiellońskim. Pojął za żonę Marię Jarosz, córkę nauczyciela historii, która urodziła mu córkę Ewę i syna Andrzeja. Walczył w kampanii wrześniowej 39 roku i po klęsce armii polskiej zbiegł, jak wielu innych wojskowych, do Anglii, gdzie pozostał już na stałe.

Andrzej Eskreys lata okupacji niemieckiej spędził w Mikołajowicach koło Tarnowa, gdzie matka miała majątek ziemski. Początkowo do szkoły uczęszczał w Mikołajowicach, a po przeprowadzce, w Krakowie. Egzamin dojrzałości złożył w II Liceum Ogólnokształcącym w Krakowie, a następnie odbył studia fizyki na Wydziale Matematyki Fizyki i Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego uzyskując stopień magistra fizyki w roku 1961. Pracę w krakowskim oddziale Zakładu VI Instytutu Badań Jądrowych kierowanym przez prof. Mariana Mięśowicza rozpoczął jeszcze na V roku studiów w Pracowni Komór Pęcherzykowych kierowanej przez doc. Olega Czyżewskiego. W latach 1964–1965 Andrzej Eskreys czasowo zwolnił się z pracy, aby odbyć staż w Imperial College of Science and Technology w Londynie, gdzie miał



W Szczyrku po nartach z kolegą ze studiów Józkiem Pytkowiczem (leży), 1963 r.



W Tatrach, z żoną i autorem wspomnienia, 1964 r.

okazać zgłębić wiedzę o technice komór pęcherzykowych i zebrać materiał doświadczalny do swojej pracy doktorskiej pt „Dwuśladowe interakcje mezonów K o pędzie 6 GeV/c w wodorowej komorze pęcherzykowej z produkcją jednej neutralnej cząstki dziwnej”.

Stopień doktora nauk fizycznych nadała mu Rada Naukowa Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie w 1966 r. W latach 1968–1970 przebywał na stażu naukowym w CERN, gdzie pracował nad analizą oddziaływań mezonów π i mezonów K z protonami w wodorowych komorach pęcherzykowych. Wtedy to Andrzej Eskreys zaczął uczestniczyć w wielkich, wielonarodowych współpracach, tak charakterystycznych dla współczesnej fizyki wysokich energii, i zdobywać nieocenione doświadczenia na przyszłość. Ciekawym eksperymentem, którego pomysłodawcą był Andrzej Eskreys, było badanie oddziaływań mezonów π o energii 21 GeV w 2-metrowej komorze pęcherzykowej wypełnionej ciekłym deuterem na synchrotronie PS w CERN. W eksperymencie tym zaobserwowano podwójne rozpraszanie na nukleonach jądra deuteru. Badanie oddziaływań jądrowych w deuterze było następnie kontynuowane przy energiach 205 i 360 GeV w Fermilab (USA).

W roku 1970 zespół prof. Mięśowicza został włączony do Instytutu Fizyki Jądrowej jako Zakład V, w którym Andrzej Eskreys dalej pozostawał na stanowisku adiunkta. W roku 1972 Rada Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego nadała mu stopień doktora habilitowanego na podstawie oceny dorobku i rozprawy habilitacyjnej pod tytułem „Procesy produkcji dyfrakcyjnej w oddziaływaniach K^+p ”. Następne lata, 1973–



W Oxford, z profesorem Marianem Danyszem (współodkrywcą hiperjader), 1975 r.

1975, przebywał w Instytucie Maxa Plancka w Monachium, a po powrocie do Polski objął w Instytucie Fizyki Jądrowej stanowisko docenta. Kierował przez 2 lata Pracownią Komór Pęcherzykowych zastępując ówczesnego kierownika prof. Kacpra Zalewskiego na czas jego wyjazdu. W roku 1979 prof. Zalewski zrezygnował z funkcji kierownika tej pracowni przekazując jej prowadzenie osobie najbardziej kompetentnej – Andrzejowi Eskreysowi.

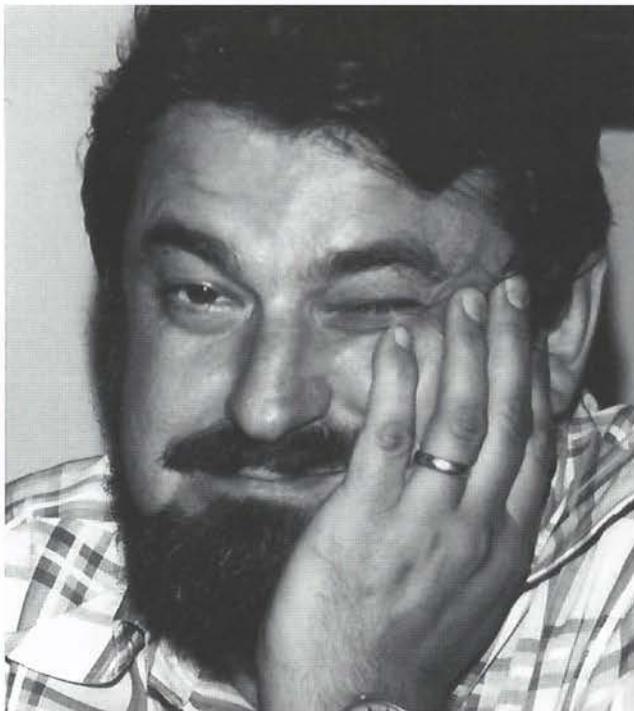
W roku 1979 Andrzej Eskreys nawiązuje kontakty z ośrodkiem DESY w Hamburgu i przebywa tam przez 2 lata biorąc udział w eksperymencie PLUTO na akceleratorze PETRA. W 1979 r. Rada Państwa nadała mu tytuł profesora nadzwyczajnego i takie stanowisko objął w Instytucie Fizyki Jądrowej.

Lata 1980–1985 wypełniły liczne wyjazdy zagraniczne związane z zaangażowaniem Andrzeja Eskreysa w eksperymencie TASSO na akceleratorze PETRA w DESY. Zyskane w tym eksperymencie doświadczenia i osobiste kontakty w DESY zaowocowały w następnym przedsięwzięciu. Wobec budowy w DESY nowego wielkiego zderzacza HERA i otwierających się w związku z tym perspektyw współpracy, Andrzej Eskreys zainicjował przystąpienie do eksperymentu ZEUS silną grupą złożoną z pracowników Instytutu Fizyki Jądrowej i Akademii Górniczo-Hutniczej. Brawurowe wejście do tego eksperymentu zostało zaakcentowane przyjęciem zobowiązania przygotowania i opracowania wykonania ważnej czę-

ści detektora ZEUS jaką jest monitor świetlności (ang. Luminosity Monitor).

Należy tu podkreślić, że zderzacz HERA był (i jest, jak dotąd) jedynym na świecie zderzaczem elektron-proton i ani konstrukcja, ani zasada działania monitora świetlności nie mogły być wzorowane na istniejących rozwiązaniach, stąd decyzja przyjęcia odpowiedzialności za ten fragment eksperymentu ZEUS była decyzją odważną, zważywszy jeszcze, że grupa pracowników przystępujących do tego zadania miała nikłe lub żadne doświadczenie w budowie detektorów na taką skalę. Ponadto, eksperymenty na zderzaczu HERA miały być prowadzone zupełnie innymi, czysto elektronicznymi, technikami w przeciwieństwie do dotychczasowej, dobrze znanej techniki komór pęcherzykowych. Przyszłość pokazała, że podjęta decyzja była trafna, a przedsięwzięcie to skończyło się zasłużonym sukcesem – dostarczając nie tylko licznych publikacji uczestnikom, ale też umożliwiając zrobienie doktoratów i habilitacji.

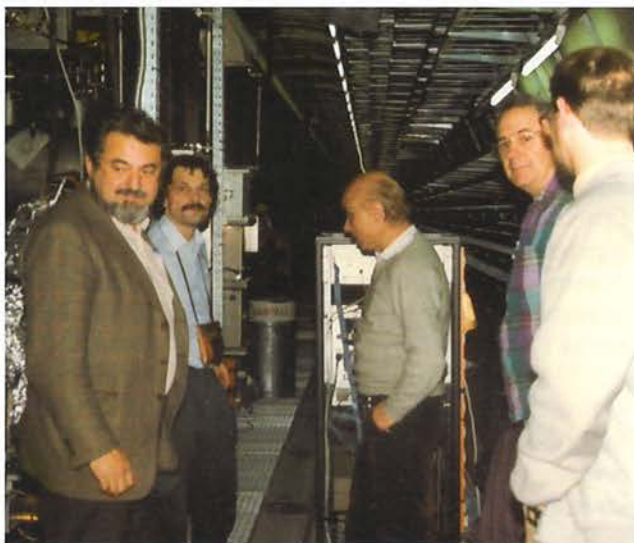
Monitor świetlności został zbudowany w Krakowie w 1991 r. i rozpoczął prawidłowe działanie od momentu uruchomienia zderzacza HERA, a następnie był zmodernizowany przez zespół krakowski w 2001 r. Służył on nie tylko do pomiaru świetlności, ale oddawał też nieocenione usługi w znakowaniu (ang. tagging) reakcji typu fotoprodukcja i dyfrakcja. Precyzyjny pomiar przekrojów czynnych uzyskany dzięki krakowskiemu monitorowi



Andrzej Eskreys, lata 1981-1983

świetności był podstawowym warunkiem ważnego dokonania eksperymentu ZEUS – wyznaczenia rozlicznych funkcji struktury protonu. Andrzej Eskreys był odpowiedzialny za bezawaryjne działanie monitora świetności w ciągu kilkunastu lat jego pracy.

W następnych latach Andrzej Eskreys uczestniczył jeszcze w eksperymentach w NA22 (CERN) i w E665 (Fermilab). W roku 1990 Prezydent RP nadał mu tytuł profesora zwyczajnego nauk fizycznych i takie stanowisko z kolei objął w Instytucie Fizyki Jądrowej. W roku 1997 Zakład V został podzielony na mniejsze zakłady, a Andrzej Eskreys objął kierownictwo Zakładu Struktury Hadronów,



W tunelu zderzacza HERA, przy monitorze świetności eksperymentu ZEUS; od lewej: Andrzej Eskreys, Leszek Zawiejski, Antoni Dwurażny, 1991 r.



Z żoną Kingą, córką Marysią oraz wujostwem Kingi, Bożę Narodzenie, 1996 r.

które pełnił do przejścia na emeryturę w 2008 roku, kiedy to pogarszający się stan zdrowia zmusił go do ograniczenia aktywności.

Spuścizna naukowa, dydaktyczna i organizacyjna Andrzeja Eskreysa jest nad wyraz bogata. Jest autorem ponad 300 publikacji w prestiżowych czasopismach. Podczas licznych krótszych pobytów w czołowych ośrodkach wygłaszał proszone referaty, a na międzynarodowych konferencjach referaty przeglądowe. Trzykrotnie, tj. w latach 1967, 1974, 1985, otrzymał nagrodę Państwowej Rady ds. Wykorzystania Energii Atomowej i Rady ds. Atomistyki. Od 1985 r. był członkiem kierownictwa eksperymentu ZEUS (ang. ZEUS Collaboration Board), a od 1987 wszedł do „egzekutywy” (ang. ZEUS Executive Committee), opiniującej kandydatów na stanowiska kierownicze w eksperymencie ZEUS. Od roku 2000 wszedł do Rady projektu przyszłościowego zderzacza liniowego elektron-pozyton.

Andrzej Eskreys przez wiele lat prowadził wykłady, ćwiczenia i seminaria dla studentów wyższych lat fizyki UJ. Jest wychowawcą 10 doktorów i 5 doktorów habilitowanych. W 1999 r. zorganizował spotkanie współpracy ZEUS w Krakowie, a w 2002 r. zorganizował konferencję International Workshop on Deep Inelastic Scattering w Krakowie. Został odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi w roku 1989, a następnie otrzymał w roku 2005 Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski.

Andrzej Eskreys był wielkim miłośnikiem gór, w szczególności Tatr i Podhala, za młodu turysta i świetny narciarz. Odznaczał się wielkim poczuciem humoru. Niezrównany był w opowiadaniu dowcipów o góralach, znakomicie przy tym naśladowąc specy-

ficzną gwarę góralską. Będąc w dobrym nastroju wcielał się w rolę bacy doglądającego swojego stada i zagadywał żartobliwie w spotkaniu ze współpracownikami: „a jak tam nasze barany?”. Do jego zainteresowań należała muzyka klasyczna, a ulubionym kompozytorem był Beethoven.

W ostatnich latach ciężko chorował. Odszedł 8 lutego 2011 r., pozostawiając w smutku żonę

Kingę oraz córki Teresę i Marię. Jego śmierć to wielka strata nie tylko dla jego najbliższych i przyjaciół, ale także dla całego środowiska fizyków, w szczególności dla fizyki wysokich energii i cząstek elementarnych. Obdarzony pasją badawczą i intuicją fizyczną, energiczny i pełen werwy organizator, otwarty na pomoc dla kolegów i współpracowników – takim go zapamiętamy.

Jan Gaj (1943-2011)

Marian Grynberg, Michał Nawrocki,
Instytut Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Warszawski

19 lutego 2011 r. po krótkiej, ciężkiej chorobie odszedł prof. dr hab. Jan Gaj. Urodził się 28 kwietnia 1943 r. w Krakowie w rodzinie farmaceutów. Już od dzieciństwa poznawał pracę chemiczną rodziców, która Go fascynowała. W 1960 roku był laureatem Olimpiady Fizycznej. Studiował na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Tam też po ukończeniu studiów rozpoczął pracę naukową. Cała Jego kariera naukowa związana była z tym Wydziałem. Był fizykiem eksperymentatorem. Zajmował się fizyką półprzewodników. Większość swojego czasu i energii poświęcił fizyce półprzewodników półmagnetycznych, których badania metodami optycznymi zainicjował. Początkowo były to materiały objętościowe (3D). Dzięki pionierskim pracom eksperymentalnym z zakresu magnetoptyki, w szczególności badaniu zjawiska Faradaya, połączonym z głębokim rozumieniem zachodzących w tych materiałach zjawisk prof. Jan Gaj stał się niekwestionowanym światowym autorytetem, a ośrodek warszawski był jednym z wiodących centrów badań tej dziedziny. Był współautorem (wraz J. Ginterem i R. Gałqzką) modelu zwanego „modelem 3G” (od nazwisk autorów), który wyjaśniał wyniki doświadczalne z zakresu magnetoptyki, poprzez analizę wpływu pola magnetycznego na strukturę pasmową. Wraz z R. Planelem i G. Fishmanem zaproponował powszechnie wykorzystywaną do dzisiaj funkcję, opisującą temperaturową zależność namagnesowania półprzewodników półmagnetycznych. Pojawienie się struktur quasadwymiarowych (2D) z domieszkami Mn i innych pierwiastków magnetycznych skierowały zainteresowania prof. J. Gaja na badanie struktur kwantowych tych materiałów.

W ostatnich latach, gdy rozwinęła się metodyka otrzymywania kropek kwantowych (0D) materiałów II-VI, szeroko rozwinął badania tych układów. Poszukując metod badawczych pozwalających wnioskować o procesach zachodzących w pojedynczych

kropkach rozwijał wraz z zespołem metodę korelacji czasowych. Pozwoliło to wprowadzić badania grupy warszawskiej do czołówki światowej. Zajmował się: badaniami kropek kwantowych zawierających pojedyncze atomy Mn, badaniami właściwości kropek kwantowych jako nieklasycznych źródeł światła, zjawiskami związanymi ze spinem nośników ładunku, ekscytonów i umieszczonych wewnątrz kropek jonów manganu, oraz oddziaływaniami między bliskimi kropkami. Interesował Go zarówno aspekt poznawczy tych badań jak i ewentualne zastosowania, na przykład emisja pojedynczych fotonów na żądanie – zjawisko niezwykle ważne dla współczesnej kryptografii, czy też sterowanie stanem spinowym kropki – zjawisko obiecujące z punktu widzenia budowy układów pamięci. Był autorem lub współautorem około 170 oryginalnych prac naukowych. Wraz z J. Kossutem wydał fundamentalną monografię „Introduction to the Physics of Diluted Magnetic Semiconductors” (Springer, 2010 r.). Był autorem podręcznika akademickiego „Elektryczność i magnetyzm”, współautorem dwóch podręczników dla licealistów. Był edytorem „Central European Journal of Physics”.

Prowadził szeroką współpracę międzynarodową. Pracował w kilku znakomitych zagranicznych laboratoriach fizyki półprzewodników: na Uniwersytecie Stanforda USA (łącznie przez 2 lata), Uniwersytecie Paryż VII (łącznie przez 2,5 roku), Uniwersytecie J. Fouriera w Grenoble (przez 5 miesięcy), Uniwersytecie J. Keplera w Linzu (przez 4 miesiące).

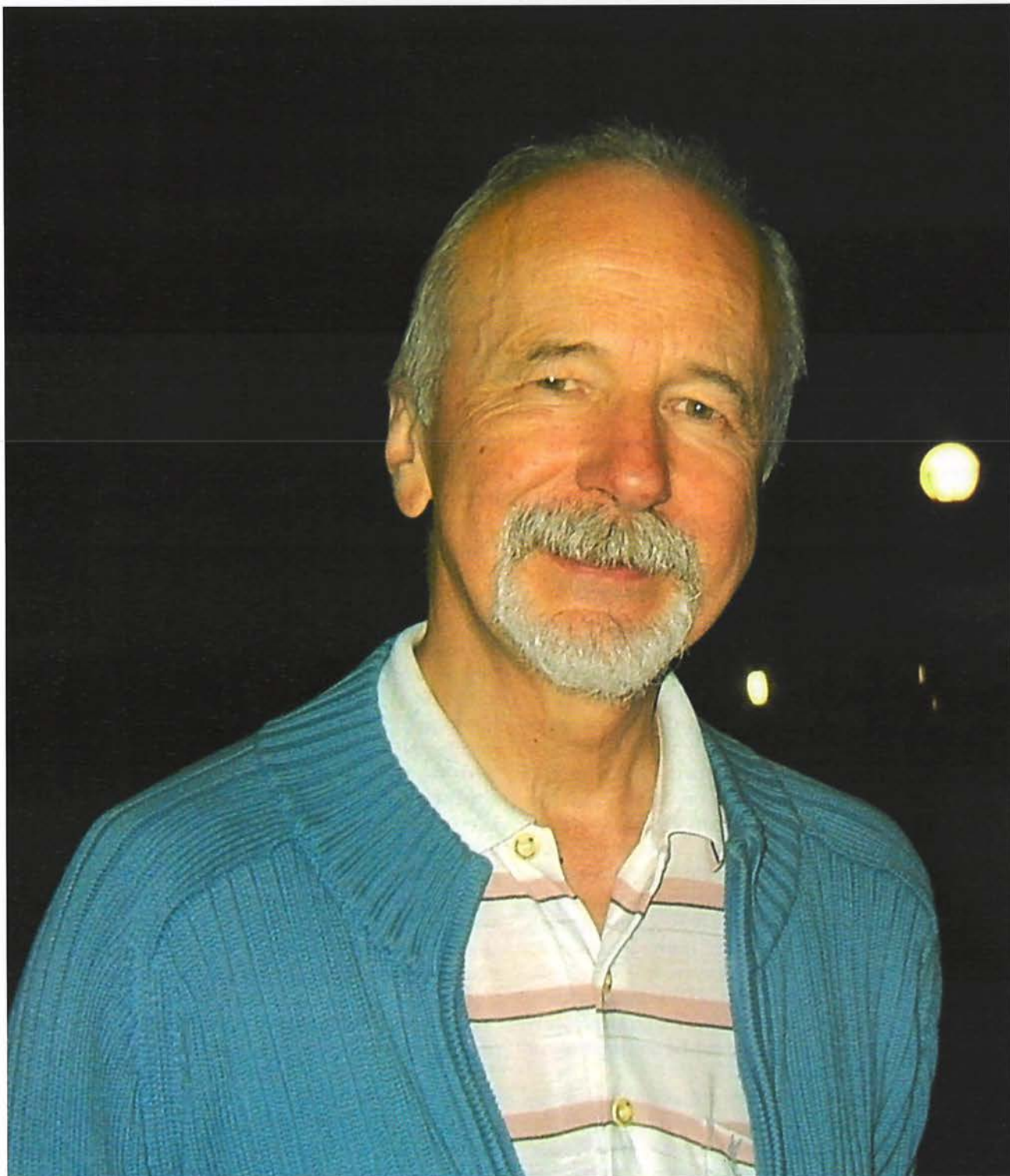
Wszędzie był niezwykle cenionym i chętnie zapraszonym współpracownikiem.

Jeszcze krótko przed śmiercią mówił nam, że dla Niego najważniejszym jest, aby „zrozumieć jak najwięcej, a potem przekazać to innym”. Dlatego w pracy na Uniwersytecie, poza pracą badawczą pochłaniało Go całkowicie nauczanie. Wykładał wiele i na różnych poziomach nauczania. Stworzył wiele

oryginalnych, autorskich wykładów zarówno dla studentów fizyki jak i innych wydziałów Uniwersytetu. Jego wykłady zawsze były bogato ilustrowane przemyślanymi pokazami, do czego przywiązywał ogromną wagę.

Był jednym z najwybitniejszych współczesnych popularyzatorów fizyki w Polsce. Upowszechnianie fizyki wśród młodzieży było Jego pasją i uważał je za ważny element swojej powinności naukowej. Wygła-

szał wykłady w szkołach. Wiele osób pamięta Jego wykłady i pokazy w telewizji. Od wielu lat regularnie wykładał i prowadził warsztaty naukowe dla szczególnie uzdolnionej młodzieży będącej pod opieką Krajowego Funduszu Na Rzecz Dzieci. Był wiceprzewodniczącym Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej oraz przewodniczącym Komitetu Redakcyjnego miesięcznika DELTA, a także autorem książki „Laboratorium fizyczne w domu”.



Prof. dr hab. Jan Gaj

Prof. Jan Gaj był człowiekiem wielkiej kultury osobistej i życzliwości dla ludzi. Kontakt z Nim był zawsze wielką przyjemnością. Zafascynowany był muzyką, w młodości grywał na flecie, również w laboratorium, gdzie zapraszał kolegów na wspólne muzykowanie. Bardzo dużo wiedział o fizyce i budowie instrumentów muzycznych. Chętnie o tym mówił i wykladał o tym uczniom szkół średnich.

Nie szczędził swojego czasu dla zajęć mających znaczenie dla nauki, również poza fizyką. Przez kilka lat działał we władzach Towarzystwa Popierania i Krzewienia Nauk. Był sekretarzem Wydziału III Nauk Matematycznych i Fizycznych Towarzystwa Naukowego Warszawskiego.

Odszedł wspaniały fizyk i nadzwyczajny człowiek – pamięć o nim pozostanie na zawsze.

Instytucje wspierające (Członkowie Wspierający) Polskie Towarzystwo Fizyczne (stan na dzień 11.01.2011)

Wydział Fizyki UW

Instytut Fizyki PAN

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN

Instytut Fizyki Jądrowej PAN
im. H. Niewodniczańskiego

Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Instytut Fizyki Molekularnej PAN

Międzynarodowe Laboratorium
Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur

Wydział Fizyki PW

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH

Uniwersytet Szczeciński

Uniwersytet Śląski

Wydział Fizyki i Astronomii
Uniwersytet Wrocławski

Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Uniwersytet Jagielloński

Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

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 Koshiha, 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**
Wiktor Niedzicki, *SZTUKA PREZENTACJI W NAUCZANIU BIZNESIE POLITYCE*
Wydawnictwo poltext, Warszawa 2010

Jan Klamut, „aby nie obtłuściła się dusza.Twoja”
Dom Wydawniczy ELIPSA
ul. Inflancka 15/198, 00-189 Warszawa
Warszawa 2010

Władysław Błasiak, *ROZWAŻANIA O NAUCZANIU PRZYRODY*
Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego
Kraków 2011

WKRÓTCE W POSTĘPACH

- *Zygmunt M. Galasiewicz przedstawi fragment swoich wspomnień „Dwadzieścia lat wolności. Historia fizyka z Kresów”*
- *Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz przedstawi kosmologię jako kres możliwości fizyki*
- *Eryk Infeld przedstawi wspomnienia o Ojcu*
- *Andrzej Wysmołek, Jakub Tworzydło i Aneta Drabińska przedstawią rozważania „Dlaczego grafen? Nagroda Nobla 2010”*

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: *Postępow 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

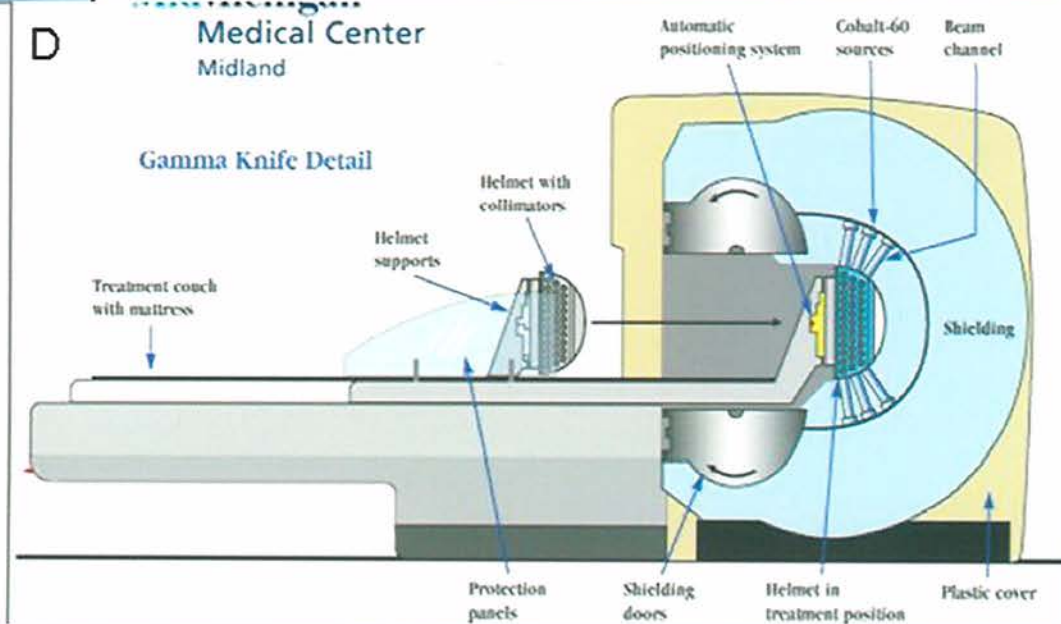
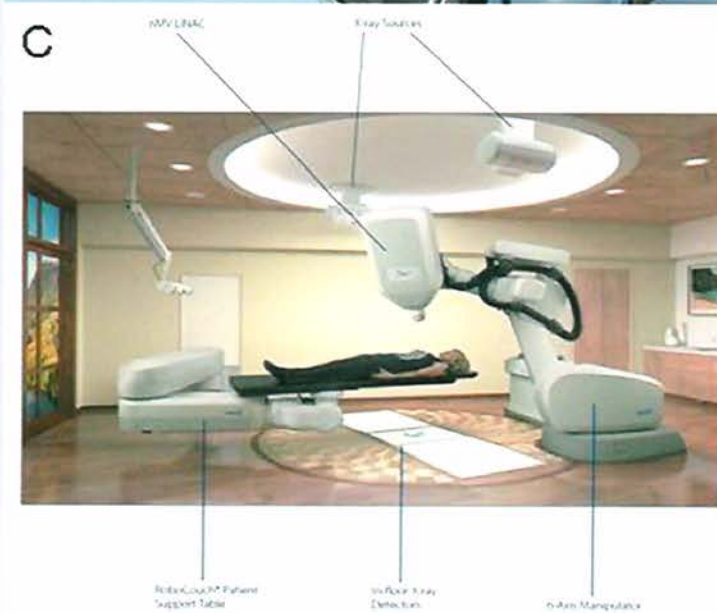
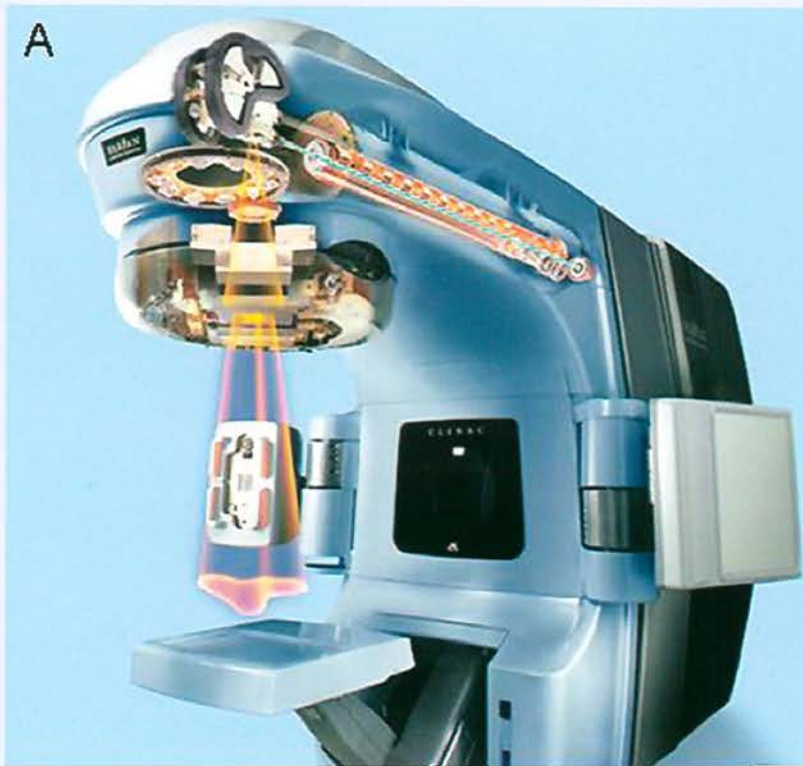
Zapraszamy – szczególnie przedstawicieli producentów aparatury oraz sprzętu i oprogramowania komputerowego, wydawców podręczników i książek naukowych oraz popularyzatorów – do zamieszczania ogłoszeń reklamowych w *Postęпах Fizyki*. Nasze czasopismo dociera do większości polskich fizyków, z których wielu decyduje o bieżących zakupach uczelni, instytutów i szkół. Zainteresowanych prosimy o kontakt e-mailowy równocześnie na dwa adresy: *Postępow 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>).



Aparaty radioterapeutyczne, które wykorzystują wysokoenergetyczne promieniowanie fotonowe (str. 52)

Andrzej Eskreys (1938-2011)
i Marian Danysz (1909-1983)
– znakomici fizycy polscy
po obfitej dyskusji w Oxfordzie
w roku 1975 (str. 86)

