

RADA REDAKCYJNA

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

REDAKTOR HONOROWY

Adam Sobieczewski

KOMITET REDAKCYJNY

Jerzy Gronkowski (redaktor naczelny), Mirosław Łukaszewski, Magdalena Staszal, Marek Więckowski, Barbara Wojtowicz

Adres Redakcji:

ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, e-mail: postepy@fuw.edu.pl, Internet: postepy.fuw.edu.pl

KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Maciej Piętka (Białystok), Aleksandra Wronowska (Bydgoszcz), Marian Głowacki (Częstochowa), Ryszard Drozdowski (Gdańsk), Roman Bukowski (Gliwice), Jerzy Warczewski (Katowice), Małgorzata Wysocka-Kunisz (Kielce), Małgorzata Nowina Konopka (Kraków), Elżbieta Jartych (Lublin), Michał Szanecki (Łódź), Halina Pięta (Opole), Maria Połomska (Poznań), Małgorzata Pociąg (Rzeszów), Małgorzata Kuzio (Stupsk), Janusz Typek (Szczecin), Winićjusz Drozdowski (Toruń), Aleksandra Miłosz (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), Joanna Borgensztajn (Zielona Góra)

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Reinhard Kulesa (prezes), Krystyna Ławniczak-Jabłońska (sekretarz generalny), Roman Puźniak (skarbnik), Jacek M. Baranowski, Przemysław Dereń, Mirosław Trociuk i Jerzy Warczewski (członkowie wykonawczy), Bolesław Augustyniak, Maria Dobkowska, Stanisław Dubiel, Henryk Figiel, Jacek Przemysław Goc, Zofia Gołąb-Meyer, Bernard Jancewicz i Ewa Kurek (członkowie)

Adres Zarządu:

ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax: 022-6212668, e-mail: ptf@fuw.edu.pl, Internet: ptf.fuw.edu.pl

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Eugeniusz Żukowski (Białystok), Stefan Kruszewski (Bydgoszcz), Michał Piasecki (Częstochowa), Bolesław Augustyniak (Gdańsk), Andrzej Klimasek (Gliwice), Maciej Maśka (Katowice), Aldona Kubala-Kukuś (Kielce), Zbigniew Majka (Kraków), Jerzy Żuk (Lublin), Bogusław Broda (Łódź), Stanisław Waga (Opole), Roman Świetlik (Poznań), Małgorzata Klisowska (Rzeszów), Grzegorz Karwasz (Stupsk), Adam Bechler (Szczecin), Ryszard S. Trawiński (Toruń), Jerzy Garbarczyk (Warszawa), Zbigniew Kietowski (Wrocław), Paweł B. Szczaniecki (Zielona Góra)

REDAKTORZY NACZELNI INNYCH CZASOPISM

WYDAWANYCH POD EGIDĄ PTF

Witold D. Dobrowolski – *Acta Physica Polonica A*, Kacper Zalewski – *Acta Physica Polonica B*, Andrzej Jamiołkowski – *Reports on Mathematical Physics*, Marek Kordos – *Delta*, Zofia Gołąb-Meyer – *Foton*, Zbigniew Wiśniewski (redaktor prowadzący) – *Fizyka w Szkole*

Czasopismo ukazuje się od 1949 r.

Wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne

Dofinansowanie: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Patronat: Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Skład komputerowy w redakcji

Opracowanie okładki: Studio Graficzne etNova Piotr Zen-dak i Wspólnicy sp.j., tel.: 022-8735520, e-mail: etnova@etnova.pl

Druk i oprawa: „UNI-DRUK”, Warszawa, ul. Buńczuk 7b

ISSN 0032-5430

SPIS TREŚCI

Z. Jaworowski – Entropia, źródła energii i Czarnobyl	146
W. Gawlik, W. Jastrzębski, A. Noga, J. Zachorowski, M. Zawada – Pierwszy polski kondensat Bosego–Einsteina	156
Moje pierwsze 50 lat na Hożej – rozmowa z Andrzejem Trautmanem	164
RECENZJE	180
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	II s. okładki, 184
PTF	185
WSPOMNIENIA: Theodor Kaluza – gwiazda światowej fizyki z opolskiej wyspy Pasieki	186
KRONIKA	188

Drodzy Czytelnicy,

Zachęcamy do lektury kolejnego zeszytu *Postępów*. Znajdą w nim Państwo obszerny artykuł Zbigniewa Jaworowskiego o entropii, źródłach energii i Czarnobylu. Autor z wielką swadą i zapalem przedstawia swój punkt widzenia na sprawy związane z ochroną środowiska i problemy energetyczne świata, odnoszące się w szczególności do energetyki jądrowej (tekst powstał w 20. rocznicę awarii w elektrowni czarnobylskiej). Być może nie zgodzimy się ze wszystkimi tezami Autora, lecz pozostaniemy chyba zgodni co do tego, że widok elektrowni jądrowej (jedną pokazujemy na okładce) powinien budzić nadzieję, a nie irracjonalny lęk.

Pisaliśmy już o otrzymaniu w tym roku w toruńskim Laboratorium FAMO pierwszego polskiego kondensatu Bosego–Einsteina, a dziś przedstawiamy relację twórców tego sukcesu polskiej optyki o tym, jak do tego doszło i jak to się w szczegółach odbyło. Dziękujemy Autorom za szybkie przygotowanie tego tekstu.

Zapraszamy też do lektury bardzo ciekawej rozmowy z profesorem Andrzejem Trautmanem, wybitnym warszawskim teoretykiem, o jego „pierwszych 50 latach na Hożej”. Warto ją uważnie przeczytać, by sobie jeszcze raz uprzytomnić, w jak skomplikowanych i zmiennych czasach przyszło żyć i działać nestorom dzisiejszej polskiej fizyki.

Wydanie tego zeszytu zaplanowaliśmy tak, by ukazał się na krótko przed tegorocznym szczytnym Zjazdem Fizyków Polskich. Tak więc do zobaczenia w Szczecinie, gdzie szczególnie polecamy – po kumotersku – wykłady naszych dzisiejszych autorów, Zbigniewa Jaworowskiego i Michała Zawady.

Mirek Łukaszewski

Na okładce:

Elektrownia jądrowa w Gösgen nad rzeką Aare (na zachód od Zurychu), uruchomiona w 1979 r., wytwarza obecnie ok. 8 mld kWh energii elektrycznej rocznie, co stanowi 15% potrzeb całej Szwajcarii. Dzięki wysokim standardom bezpieczeństwa i ochrony środowiska jest w pełni akceptowana przez lokalną społeczność (fot. www.nagra.ch).

Entropia, źródła energii i Czarnobyl*

Zbigniew Jaworowski

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa

Entropy, sources of energy, and Chernobyl

Abstract: The Club of Rome idea of limited resources, anthropogenic global warming, and popular faith that industry pollutes the global environment and population are criticized. Hormetic (beneficial) effects of low doses of ionizing radiation are discussed in view of health risks from nuclear wastes and Chernobyl fallout.

Wstęp

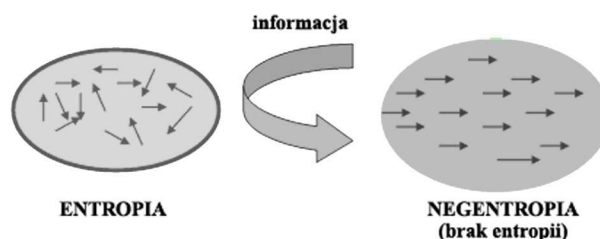
Nauka i technika uczyniła nas nowym czynnikiem w biosferze, który zwiększa jej bezpieczeństwo oraz szanse przetrwania i może życie ponieść poza Ziemię. Jest to zmiana rewolucyjna. Po miliardach lat rozwoju dopiero teraz pewne procesy na Ziemi i w jej otoczeniu zaczynają być rządzone nie tylko przez grę praw przyrody i nieświadome mechanizmy ewolucji, lecz także intelekt. Nauka, technika i nasz intelekt nie są ciałami obcymi na Ziemi, lecz naturalnymi skutkami ewolucji, pełnoprawnymi częściami biosfery. Przestajemy być jej biernym składnikiem, a przejmujemy rolę jej gospodarza i obrońcy. Ta perspektywa wcale nie wzbudza powszechnego entuzjazmu intelektualistów, ani nie staje się natchnieniem nowych proroków, którzy wskazałoby drogi, cele, moralne podstawy oraz sens życia na miarę naszej wiedzy i nowej roli w przyrodzie. Wręcz odwrotnie – jest źródłem pesymizmu, strachu przed zniszczeniem biosfery przez człowieka, mody na negatywną ocenę ludzkości i głoszenia rzekomego kryzysu cywilizacji [1]. Boimy się tego, co jest naturalnym i nieuchronnym następstwem ewolucji: humanizacji biosfery.

Entropia i maltuzjanizm

Cywilizacja, tak jak życie, jest negentropią (negatywną entropią), pogwałceniem drugiego prawa termodynamiki, które głosi, że w układzie zamkniętym wszystkie procesy dążą do maksymalnej entropii – nieuporządkowania, dezorganizacji, degradacji energii.

Koncepcja entropii, powstała na początku XIX w. i matematycznie sformalizowana w latach pięćdziesiątych XIX w., odzwierciedlała fascynację możliwościami i mocą silników parowych oraz innych maszyn. Prowadziła jednak do pesymistycznych wniosków, nawiązujących do dawnych mitów Końca Świata i upadku od rajskiej doskonałości do zatrącenia z winy człowieka. Idee „nieuchronnej śmierci

cieplnej Wszechświata”, „nieuchronnego dążenia do rozpadu i wyczerpania wszystkiego” czy wreszcie „anihilacji ludzkości i jej dzieł” jak wirus przeniknęły całą naszą kulturę.



Rys. 1. Życie i cywilizacja zmierzają ku uporządkowaniu i coraz bardziej skomplikowanej organizacji w otwartym układzie Wszechświata. Informacja zapisana jest w prawach natury, DNA, neuronach, tradycji, książkach, internecie, jest stale tworzona przez intelekt.

Wcześniej jednak już Thomas Robert Malthus (1766–1834), tak jak i jego „ekologiczni” następcy, głosił, że Ziemia jest układem zamkniętym, a jej zasoby naturalne są ograniczone [2]. Współczesną biblią maltuzjańskiego myślenia stał się raport Klubu Rzymskiego *Granice wzrostu* [3], wydany w trzech milionach egzemplarzy i malujący ponurą przyszłość świata do roku 2100. Winą za całe zło przyszłości obciążał on ludzkość i cywilizację. Raport ten wpłynął na myślenie intelektualistów, ich pesymizm i mizantropię, spowodował zalew restrykcyjnych aktów legislacyjnych, wzbudził iluzoryczne lęki i poczucie winy ogarniające cały świat oraz uzasadnił ideę „zerowego wzrostu” i demontażu przemysłu. Upowszechnił fałszywą wiarę, że skazaliśmy cały świat i chyba tylko jakiejś magii zawdzięczamy to, że żyjemy dwukrotnie dłużej niż 100 lat temu, a dzieci są z reguły wyższe i zdrowsze od swych rodziców czy dziadków.

*Rozszerzony tekst wykładu wygłoszonego podczas uroczystości zakończenia LV Olimpiady Fizycznej w Warszawie w dniu 4 kwietnia 2006 r.

Drugi raport Klubu Rzymskiego, wydany dwa lata później, nosił tytuł *Ludzkość w punkcie zwrotnym* [4]. Rozpoczął go motto „Świat ma raka, a tym rakiem jest człowiek”, które oddaje ducha twórców raportów, a także ich prekursora i następców – całego ruchu Zielonych.

W szóstym wydaniu (z 1826 r.) swego dzieła Thomas Malthus, prekursor Klubu Rzymskiego, proponował:

Wszystkie dzieci urodzone ponad liczbę potrzebną do utrzymania poziomu populacji muszą koniecznie ginąć, chyba że śmierć dorosłych opróżni dla nich miejsce. (...) Dlatego winniśmy ułatwiać naturze zwiększenie śmiertelności, zamiast głupio i nieskutecznie usiłować jej przeciwdziałać. (...) Zamiast zalecać biedocie czystość, powinniśmy popierać przeciwne obyczaje. W naszych miastach winniśmy budować węższe ulice, stłaczać w domach więcej ludzi i zabiegać o powrót zarazy. Osady na wsi winniśmy budować blisko stojących bajor, a szczególnie zachęcać do osiedlania się na wszelkich bagnach i miejscach niezdrowych. Ponad wszystko jednak winniśmy przeciwstawić się zwalczaniu wyniszczających chorób i potępiać ludzi wprowadzając dobrej woli, lecz błędnie myślących, którzy sądzą, że zasługują się ludzkości, działając w kierunku całkowitego wykorzenienia poszczególnych schorzeń.

Współcześni maltuzjaniści idą dalej, np. książkę Filip stwierdził w 1988 r.: „Gdybym mógł być reinkarnowany, chciałbym powrócić jako morderczy wirus, by zmniejszyć ludzką populację”. Christopher Manes proponował w książce *Green Rage: Radical Environmentalism and the Unmaking of Civilization* (1990): „Należy zredukować populację ludzką, wyeliminować całkowicie spalanie paliw kopalnych, skończyć z hodowlą bydła, odbudować puszcze na polach uprawnych, odtworzyć populację wielkich drapieżników, takich jak niedźwiedzie i wilki, oraz odindustrializować Zachód”. Podobnych stwierdzeń opublikowano dziesiątki.

Na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. w Stanach Zjednoczonych powstało stowarzyszenie Voluntary Human Extinction Movement (VHEMT, Ruch Dobrowolnego Zakończenia Rasy Ludzkiej, www.vhmt.org). Jedno z głoszonych przez nie haseł brzmiało: „Dającą nadzieję alternatywą wymarcia milionów gatunków roślin i zwierząt jest dobrowolne wymarcie jednego gatunku: *Homo sapiens* – nas samych”.

To są wypowiedzi pojedynczych osób, ale podobnym tonem pobrzmiwają stwierdzenia oficjalne. W czasie międzynarodowej konferencji „Szczyt Świata” w 1992 r. w Rio de Janeiro (30 tys. uczestników ze 183 państw), która była wstępem do „Protokołu z Kioto” w sprawie klimatu¹, Maurice Strong, sekretarz generalny tego „szczytu świata” i specjalny asystent sekretarza generalnego ONZ Kofiego Annana, otwierając konferencję stwierdził: „Aby uratować planetę, (...) jedyną nadzieją jest upadek krajów uprzemysłowionych. Czyż nie jest naszym obowiązkiem do tego doprowadzić? (...) Jedyną drogą ocalenia świata będzie doprowadzenie do zagłady cywilizacji. Zrównoważony rozwój można osiągnąć przez dobrowolne dążenie do

nęędzy, (...) redukcję zużycia zasobów (...) i wstrzymanie zmniejszania umieralności”. Uczestniczący w tej konferencji podsekretarz stanu Timothy Wirth stwierdził: „Winniśmy propagować sprawę ocieplania się klimatu. Nawet jeśli teoria tego ocieplania nie jest prawdziwa, będzie to właściwe działanie”. Ideologia prezentowana w tych cytatach jest bardziej niebezpieczna niż wszystkie poprzednie aberracje intelektualne ludzkości.

Malthus twierdził, że ludność świata wzrastałaby do nieskończoności, gdyby nie hamował jej ograniczony zasób humusu, z którego rzekomo miała pochodzić cała żywność. Fałsz tego twierdzenia udowodnił Emil Godlewski, wykazując jako pierwszy, że węgiel, podstawowy składnik wszystkich organizmów, pochodzi nie z humusu, lecz z atmosferycznego CO₂, którego emisja z wnętrza Ziemi jest niewyczerpalna [5]. Dwutlenek węgla jest więc „gazem życia”, choć ostatnio uznano go za najgroźniejsze skażenie biosfery, a Sąd Najwyższy Stanów Zjednoczonych ma orzec, czy jest to prawda. Podstawy do oceny sprawy przedstawiam w tab. 1.

Tabela 1. Emisja CO₂ do atmosfery a efekt cieplarniany [6]

Emisja [mld ton C/rok]		Efekt cieplarniany	
naturalna: oceany	106	H ₂ O	> 95%
lądy	63	CO ₂ naturalny	3%
antropogeniczna	6	CO ₂ antropogeniczny	0,12%

Zalecenia raportu *Granice wzrostu* są nadal realizowane w skali globu, choć został on uznany za niedorzeczny – w *Nature* [7] określono go jako „ludicrous study” (śmieszne studium) – i żadne z jego apokaliptycznych przewidywań się nie sprawdziło. Na przykład, do 2000 r. miały nastąpić następujące klęski: katastrofalne skażenie środowiska całej planety, światowy kryzys żywnościowy, woda w Bałtyku miała mieć zerowe stężenie tlenu i brak życia, wyczerpać się miały zasoby miedzi, złota, srebra, ołowiu, rtęci, cynku, cyny, gazu i ropy naftowej, dla zapewnienia wyżywienia ludzkości zabraknąć miało 500 mln hektarów ziemi ornej. Dziś mamy więcej żywności i innych zasobów niż kiedykolwiek (tab. 2).

Tabela 2. Ludność świata (w mld) i światowa produkcja żywności (w mln ton) [8,9]

Lata	przed 1939	2000	przyrost 1939–2000
Ludność	2,1	6,1	2,9 ×
Pszenica	167	576	3,5 ×
Kukurydza	115	590	5,1 ×
Ryż	152	596	3,9 ×
Mięso	37	322	6,3 ×

¹ Obecnie promotorzy Protokołu z Kioto proponują zmniejszenie do 2050 r. emisji CO₂ o 80%, co wiązałoby się z podobnym zmniejszeniem produkcji energii i doprowadziłoby do destrukcji światowego systemu ekonomicznego. W wyniku tego działania średnia globalna temperatura zmniejszyłaby się o niezauważalne 0,05 °C.

W roku 1980 mieszkańiec Ziemi mógł kupić za swoje zarobki średnio ok. 30 razy więcej pszenicy niż w 1800 r.

Rzekome skażenie globu

Na dowód katastrofalnego skażenia biosfery w *Granicach wzrostu* cytowano wyniki badania starego lodu z Grenlandii, które wskazywały, że industrializacja podniosła zawartość ołowiu w biosferze 500 razy ponad poziom naturalny. Podobnie mieliby być skażeni i ludzie. W pracy tej powoływano się na moją publikację w *Nature* [10]. Przedstawiłem w niej pomiary zawartości Pb w lodowcu nad Morskim Okiem w Tatrach, wskazujące, że jego poziom w warstwach lodu, które odłożyły się w latach 1960–65 był 16 razy wyższy niż w warstwach z lat 1861–66. Jak się okazało po wielu latach, tak duży wzrost poziomu Pb był zjawiskiem lokalnym, spowodowanym ruchem samochodowym, docierającym w linii prostej na odległość ok. 1600 m od lodowca. W latach 1972–80 zbadałem, jak w ubiegłych kilkuset latach zmieniała się zawartość Pb, Cd, V, Hg, U i Ra oraz sztucznych radionuklidów w 14 lodowcach między Spitsbergenem a Antarktydą [11]. Było to możliwe dzięki szczodremu finansowaniu tych badań przez państwo polskie oraz przez pierwsze (i największe) w świecie ministerstwo środowiska, czyli US Environmental Protection Agency (EPA), powołane w grudniu 1970 r. (w roku 1973 US EPA liczyła 380 pracowników, a w 2003 r. już 17 648).

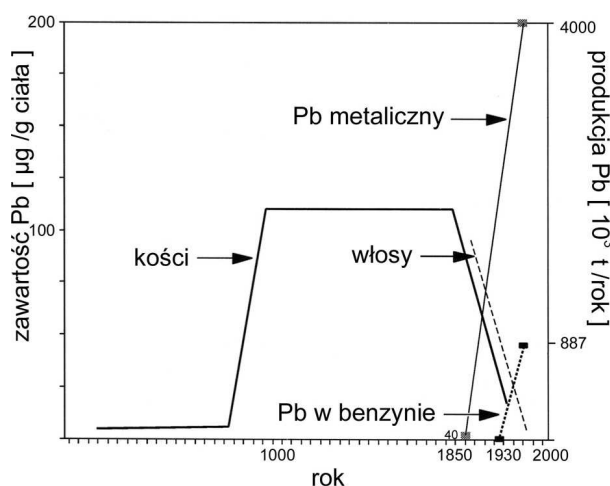
EPA oczekiwała, że kontynuując badania lodowcowe w innych regionach świata, wykazemy to samo co w Polsce, czyli silny wzrost skażeń środowiska całego globu spowodowany rozwojem przemysłu. Jest to główna *raison d'être* tego i podobnych ministerstw, które w ślad za Agencją powstały niemal we wszystkich krajach. Wbrew oczekiwaniom EPA i moim własnym, wyniki naszych 10 wypraw mówiły, że w skali globu tak się nie stało. Na przykład, średnie „światowe” stężenie ołowiu w lodzie z lat 1300–1880 wynosiło 7 $\mu\text{g/kg}$, a w latach 1950–1978 trochę mniej: 5 $\mu\text{g/kg}$. Ku mojemu zdziwieniu, najwyższe stężenia Pb znaleźliśmy nie w lodowcach Europy, w Alpach i Norwegii, lecz daleko od centrów przemysłowych, na samym równiku w górach Ruwenzori w Afryce oraz w Andach Peruwiańskich, gdzie zawartość Pb w lodzie zmieniała się w rytm lokalnych emisji wulkanicznych. Używając jako znacznika cezu-137 z wybuchów jądrowych, zmierzaliśmy (jako pierwsi w świecie) całkowite (tj. naturalne + sztuczne) globalne strumienie metali emitowane do atmosfery i porównaliśmy je ze strumieniami antropogenicznymi. W przypadku Pb ludzkie źródła dodają około 7,3% tego metalu do jego całkowitego strumienia do atmosfery, a sztuczny strumień U, Ra, Cd, V oraz Hg wynosił w czasie naszych badań od 0,11% do 62% (tab. 3). Nie wskazywało to na jakiegokolwiek zagrożenie biosfery w skali globu. Oczywiście było to politycznie niepoprawne.

Jeszcze bardziej niepoprawne okazały się wyniki naszych (także pierwszych w świecie) badań nad skażeniami ludzi ołowiem w ciągu poprzednich kilku tysięcy lat. W kościach ludzi żyjących w Polsce przed 1800 laty stężenie Pb wynosiło ok. 3 μg na gram kości, a w XX w. ok.

Tabela 3. Roczne strumienie U, V, Pb, Cd oraz Hg do atmosfery [11]

Metal	U	V	Pb	Cd	Hg
Źródła naturalne + antropogeniczne [tys. ton]	12	180	4870	590	190
Udział źródeł antropogenicznych [%]	11,9	62	7,3	0,11	5,8

5 μg . Natomiast poczynając od XI w. do końca wieku XIX stężenie Pb w kościach Polaków sięgało 93–374 $\mu\text{g/g}$. Nadejście epoki przemysłowej radykalnie podwyższyło poziom higieny i zlikwidowało pandemię podostrych zatrueń ołowiem powodowaną powszechnym używaniem w gospodarstwach domowych ołowiu i jego stopów oraz stosowaniem związków Pb w lecznictwie. Podobne badania, obejmujące okres ubiegłych 5000 lat, wykonałem we Francji, w Gruzji, Peru i Egipcie, a inni przeprowadzili je również w Wlk. Brytanii, Niemczech, Szwajcarii, Danii, Szwecji, Japonii i Stanach Zjednoczonych [10,12,13]. Dały one podobny obraz jak w Polsce (rys. 2).



Rys. 2. Zmiany zawartości ołowiu w kościach i włosach ludzkich od średniowiecza do końca XIX w. oraz światowa produkcja Pb. Spadek poziomu Pb w kościach i we włosach ludzkich wystąpił w tym samym czasie, gdy produkcja metalicznego Pb wzrosła 100 razy, a ołowiu do benzyny – od zera do 887 tys. ton rocznie.

Niewyczerpalne zasoby

Poza pierwiastkami promieniotwórczymi: uranem, torrem, potasem-40 itp., oraz paliwami biogenicznymi: węglem, ropą i gazem, zasoby nie giną na Ziemi. Ani przyroda, ani człowiek ich nie anihilują, lecz jedynie rozpraszają lub koncentrują w trwających od miliardów lat cyklach przemian geochemicznych. W tabeli 4 przedstawiono przewidywany przez *Granice wzrostu* oraz inne źródła bibliograficzne czas wyczerpania zasobów metali,

a także opłacalnych obecnie w eksploatacji zasobów fosforu i siarki w porównaniu z ich średnią zawartością w skorupie ziemskiej. Wedle tego opracowania zasoby wszystkich wymienionych metali z wyjątkiem żelaza powinny wyczerpać się już do roku 2004. Natomiast dane geochemiczne wskazują, że pierwiastki znajdujące się w skorupie ziemskiej mogłyby wystarczyć nam na miliony, a nawet miliardy lat, przy założeniu zużycia na obecnym poziomie i bez recyklingu. Niektóre z nich (aluminium i siarka) wystarczyłyby na znacznie dłużej niż przyszły czas życia Słońca, czyli ok. 7 mld lat. Wszystkich tych pierwiastków wystarczyłoby nam więc do końca istnienia biosfery. Do ich pozyskiwania potrzebna jest tylko energia, której nie zabraknie nam nigdy, i wiedza.

Tabela 4. Światowe zasoby pierwiastków najważniejszych dla przemysłu [9,14,15]

Pierwiastek	Rok wyczerpania zasobów [3]	Wystarczalność zasobów w skorupie ziemskiej [mln lat]
Miedź	1991	242
Żelazo	2063	1815
Cynk	1991	409
Ołów	1988	85
Aluminium	2001	38 500
Złoto	1980	57
Molibden	2004	422
Czas do wyczerpania zasobów opłacalnych, w latach [15]		
Fosfor	481	870
Siarka	30	500 000

Źródła energii

Homo erectus odkrył ogień ok. 500 tys. lat temu. Przedtem miał do dyspozycji tylko swoją własną moc, czyli mniej niż 0,1 kW. Udomowienie zwierząt i wiele wspianych wynalazków zwiększyło moc człowieka ponad 15 mln razy (nie licząc wybuchów jądrowych, tab. 5). Warto dodać, że w roku 1870 inżynier polskiego pochodzenia Ludwik Mękowski (1843–1923) wynalazł silnik na sprężone powietrze, używany masowo przez dziesiątki lat, a potem zapomniany. Do 1900 r. silniki Mękowskiego napędzały tramwaje w Paryżu, Nantes i Nowym Jorku, a jeszcze w latach trzydziestych XX w. pojazdy w kopalniach. W roku 2005 francuskie konsorcjum MDI rozpoczęło produkcję trzech typów aut z silnikiem o pojemności 800 cm³, o zasięgu 300 km i prędkości 110 km/h. Całkowite przestawienie samochodów na silniki pneumatyczne (zasilane energią jądrową) w znacznym stopniu uniezależniłoby gospodarkę świata od dostaw ropy, a także pozwoliłoby uniknąć niebezpieczeństwa wybuchów samochodów w przypadku przejścia na napęd wodorowy, związanych ze zjawiskiem Joule’a–Thomsona [18]. Dobroczynny wpływ uniezależnienia transportu samochodowego od dostaw ropy na polityczną sytuację świata byłby trudny do przecenienia.

Tabela 5. Moc różnych źródeł energii [16,17]

Źródło	Moc [kW], rok
Człowiek	0,09
Wół	0,3
Koń	0,8
Wiatrak	18 (1700), 1000 (1950)
Koło wodne	240 (1800)
Maszyna parowa	1 (1700), 1400 (1875)
Silnik spalinowy	5 (1875), 10 100 (1970)
Turbina wodna	700 (1850), 200 000 (1970)
Turbina gazowa	90 000 (1900), 12 000 000 (1970)
Energetyczny reaktor jądrowy	4 500 000 (2003)

Mając dowolnie wielkie źródła energii, będziemy mogli zawsze pozyskiwać pierwiastki rozproszone przez nas samych lub przyrodę. A więc nie należy spodziewać się kryzysu podstawowych zasobów nawet w najodleglejszej przyszłości. Przyjrzyjmy się tym źródłom (tab. 6).

Tabela 6. Światowe zasoby paliw [14,19–21]

Paliwo	Opłacalna eksploatacja wg dzisiejszego stanu [lata]	Zasoby w skorupie ziemskiej [mld lat]
Ropa	30	?
Gaz	60	?
Węgiel	200	?
Uran	50	1,855
Uran (powielanie)	3000	110
Tor (powielanie)	6300	230
Lit	60 mln	?
Deuter	150 mln	6 (∞ z asteroid)
Hel-3	∞: ze skał Księżyca (5,7 mln \$ za kg wg cen energii z ropy + koszt transportu 50 tys. \$ za kg) lub wprost z wiatru słonecznego	

Jak widać, aż do końca istnienia biosfery, który nadejdzie, gdy Słońce zamieni się w białego karła, nie grozi nam kryzys energetyczny. Możliwości pokrycia obecnego zapotrzebowania na energię elektryczną z różnych źródeł (na przykładzie Europy Zachodniej) przedstawia tab. 7.

Pozyskiwanie energii wiąże się z ryzykiem zawodowym, a także z narażeniem ludności. Rozważmy te zagrożenia.

Tabela 8 wskazuje, że zagrożenie zawodowe dla najbardziej i najmniej niebezpiecznej formy produkcji energii różni się tylko ok. trzykrotnie. Natomiast ogromne są różnice w zagrożeniu ludności: produkcja energii elektrycznej z gazu ziemnego jest kilkaset razy mniej niebezpieczna niż w elektrowniach wodnych, a elektrownie jądrowe nie spowodowały nigdy żadnych strat śmiertelnych wśród ludności (patrz tab. 9 oraz dyskusja katastrofy w Czarnobylu poniżej).

Tabela 7. Warunki pokrycia rocznego zapotrzebowania Europy Zachodniej na energię elektryczną (4,8 kW/rok na osobę) [21]; w nawiasach cena wyprodukowanej energii w eurocentach/kWh [22–24]

Źródło energii	Warunki pokrycia potrzeb
Ogniwa fotowoltaiczne (22–40)	260 tys. km ² (powierzchnia Polski: 313 tys. km ²)
Wiatraki (20)	7 mln wiatraków o 20-metrowych skrzydłach rotorów, co 200 m, 280 tys. km ²
Biogaz	15,6 mld świń lub 200 mld kur
Bio-alkohol	2 mln km ² upraw ziemniaków lub 7 mln km ² upraw pszenicy
Bio-olej	6 mln km ² upraw rzepaku
Biomasa (8)	7,8 mln km ² lasów
Węgiel (7,0)	700 mln ton (pociąg o długości 140 tys. km)
Ropa (6,0)	490 mln ton
Gaz ziemny (3,9)	–
Uran bez powielania (3,5)	7300 ton
Deuter	65 ton

Tabela 8. Narażenia zawodowe przy produkcji energii (liczba zgonów na $2,2 \cdot 10^{16}$ J) [25]

Źródło energii	Liczba zgonów
Metanol	10,5
Węgiel	9,5
Słoneczna (ogrzewanie)	8
Wiatraki	7,4
Hydroelektrownie	7,2
Słoneczna (fotowoltaiczna)	7
Ropa naftowa	6,9
Uran (reaktor lekkowodny)	6,7
Gaz ziemny	5,1
Uran (reaktor powielający)	3,3

Tabela 9. Liczba przedwczesnych zgonów wśród ludności wskutek ciężkich awarii w elektroenergetyce [26]

Źródło energii	Zgony na GW _e /rok
Hydroelektrownie	2,19 ^a
Gaz płynny	1,8
Ropa naftowa	0,39
Węgiel	0,13
Gaz ziemny	0,0066
Elektrownie jądrowe (reaktory wodne)	0

^aBez katastrofy zapory na rzece Banqiao w Chinach w 1974 r. (230 tys. zgonów) [27]

²Hormeza jest dobroczynnym oddziaływaniem małych dawek czynników, które w dużych dawkach są szkodliwe.

W tej sytuacji dziwna wydaje się koncentracja uwagi mediów na wyolbrzymionym zagrożeniu radiacyjnym ze strony energetyki jądrowej. Obrazuje to liczba doniesień o wypadkach w Stanach Zjednoczonych opublikowanych w czasopiśmie *New York Times* (tab. 10).

Tabela 10. Publikacje o wypadkach wg banku danych *New York Times* [28]

Typ wypadku	Liczba doniesień/rok	Liczba zgonów
Samochodowe	120	50 000
Przemysłowe	50	12 000
Uduszenia i zadławienia	25	4500
Porażenia prądem	1–2	1200
Promieniowanie	200	0

Co jest powodem dysproporcji widocznej w tab. 10? Dlaczego media całego świata relacjonują najbardziej nawet błahy wypadek w przemyśle jądrowym, np. rozlanie się wody chłodzącej z pękniętej rury reaktora, które nie spowodowało żadnych szkód zdrowotnych, a milczą o tysiącach wypadków, w których giną ludzie? Co wywołuje masowy irracjonalny strach przed promieniowaniem? Odpowiedź przedstawiłem w publikacji [29].

Promieniowanie jonizujące

Jesteśmy zanurzeni w morzu jonizującego promieniowania, które przenika biosferę, wewnątrz Ziemi i cały Wszechświat. Odkryto je dość późno, w końcu XIX w., lecz było ono z nami zawsze. Traktowanie tego promieniowania jako zasadniczo różnego od innych form energii nie jest racjonalne – ma to nie naukowe, lecz ideologiczne i polityczne korzenie [30], wywodzące się częściowo z naszej krótkiej z nim znajomości, a częściowo z braku odpowiedniego narządu zmysłu. Organizmy żywe nie potrzebują takiego narządu, ponieważ radiacja jest jednym z najmniej szkodliwych czynników, jakie spotykamy w biosferze. Jej naturalny poziom jest, i zawsze był, daleko niższy od dawek śmiertelnych, z jedynym wyjątkiem naturalnych podziemnych reaktorów jądrowych, które są niezmiernie rzadkim zjawiskiem, odkrytym w miejscowości Oklo w Afryce.

Gdy życie powstawało na Ziemi przed ok. 3,9 mld lat, poziom promieniowania naturalnego był ok. pięciokrotnie wyższy niż obecnie. Organizmy żywe przystosowały się do niego, tak jak i do wszystkich innych form energii. Adaptacja ta miała dwie postacie: pierwszą było wykorzystanie promieniowania dla dobra organizmu, czyli zjawisko hormezy radiacyjnej², a drugą jest rozwinięcie mechanizmów obrony przed szkodliwymi skutkami promieniowania.

W tym pradawnym czasie stężenie tlenu w atmosferze i w oceanach było niezwykle niskie, a ówczesne organizmy żywe były beztlenowcami. Dramatyczny wzrost stężenia tlenu w powietrzu nastąpił przed ok. 2,3 mld lat wskutek

masowego zakwitu cyjanobakterii wyposażonych w chlorofil, spowodowanego zmianą klimatu z bardzo zimnego na ciepły. Przejście z warunków beztlenowych do tlenowych było prawdopodobnie największą katastrofą ekologiczną w historii życia, ponieważ dla beztlenowców, dominujących dotąd na Ziemi, tlen był śmiertelną trucizną. To właśnie w tym czasie organizmy rozwinęły niezwykle skuteczny system obrony przed reaktywnymi formami tlenu, powstającymi w trakcie jego metabolizmu (ROS, z ang. reactive oxygen species), które są odpowiedzialne za większość uszkodzeń radiacyjnych DNA. Prawdopodobnie jeszcze wcześniej organizmy żywe rozwinęły podobną obronę przed uszkodzeniami powodowanymi termodynamiczną niestabilnością cząsteczek i procesów enzymatycznych. Większość gatunków beztlenowych nie przystosowała się do nowego stanu środowiska i wymarła. Nieliczne przetrwały, kryjąc się w niszach wolnych od tlenu. Te, które się przystosowały, są wystawione na ogromny strumień metabolicznych ROS powstających we wszystkich tkankach w liczbie $3 \cdot 10^{16}$ na komórkę w ciągu roku [31]. Ten strumień powoduje ok. 70 mln uszkodzeń DNA w ciągu roku w każdej komórce ssaka, takich samych, jakie wywołuje promieniowanie [32]. Organizmy przeżywają tak ogromną liczbę uszkodzeń DNA dzięki systemowi obrony wytworzonemu przed miliardami lat, eliminującemu i naprawiającemu uszkodzenia. Dopiero od kilkunastu lat wiemy, że współczesne organizmy otrzymały swój skomplikowany system obrony przed promieniowaniem „za darmo”, jako produkt uboczny obrony przed tlenem.

Średnia naturalna dawka promieniowania jonizującego (2,4 mSv/rok) dodaje jedynie znikomy ułamek do ogromnego strumienia spontanicznych uszkodzeń DNA: około 5 uszkodzeń rocznie w każdej komórce. Tak niewielki dodatek powodowany małymi dawkami promieniowania nie stanowi żadnego zagrożenia zdrowia. Powstaje ono dopiero wówczas, gdy przekroczona zostaje zdolność naprawy DNA. Ta zdolność o rzędy wielkości przewyższa dawkę przyjętą obecnie za dopuszczalną dla ogółu ludności (1 mSv/rok). Ograniczenie to miałyby nas chronić przed dwoma uszkodzeniami DNA rocznie w każdej komórce, dołączającymi się do 70 mln uszkodzeń spontanicznych. Taka dysproporcja między stanem prawnym a biologiczną rzeczywistością wiedzie do szkodliwych skutków praktycznych: masowej radiacjofobii, braku zaufania do stosowania promieniowania w medycynie, powstrzymywania rozwoju energetyki jądrowej – najczystszej, najtańszej i najbezpieczniejszej ze wszystkich rodzajów produkcji energii – oraz niewiarogodnie wysokich kosztów ochrony radiologicznej [29].

Niedopasowanie standardów ochrony radiologicznej do rzeczywistych zagrożeń i potrzeb wynika z rozbieżności między ich podstawami, tj. wynikami badań genetycznych z lat czterdziestych i pięćdziesiątych XX w., oraz założeniami modelu LNT (ang. linear no-threshold) biologicznego oddziaływania promieniowania, a współczesnym postępem w genetyce, radiobiologii, toksykologii i onkologii doświadczalnej [31,33,34]. W modelu tym obserwacje z zakresu wysokich dawek są arbitralnie przenoszone do

dawek niskich, gdzie obserwacja jest niemożliwa. Słabością liczącego ponad 50 lat modelu LNT jest jego pozanaukowy charakter: nigdy nie uda się udowodnić doświadczalnie (z powodów statystycznych), tak jak i w przypadku jakiegokolwiek czynnika środowiskowego, że promieniowanie jest całkowicie nieszkodliwe w bardzo małych dawkach, bliskich zera [35]. Natomiast wielką siłą modelu hormetycznego jest możliwość jego sprawdzania doświadczalnego i epidemiologicznego w zakresie dawek małych i średnich [37,37].

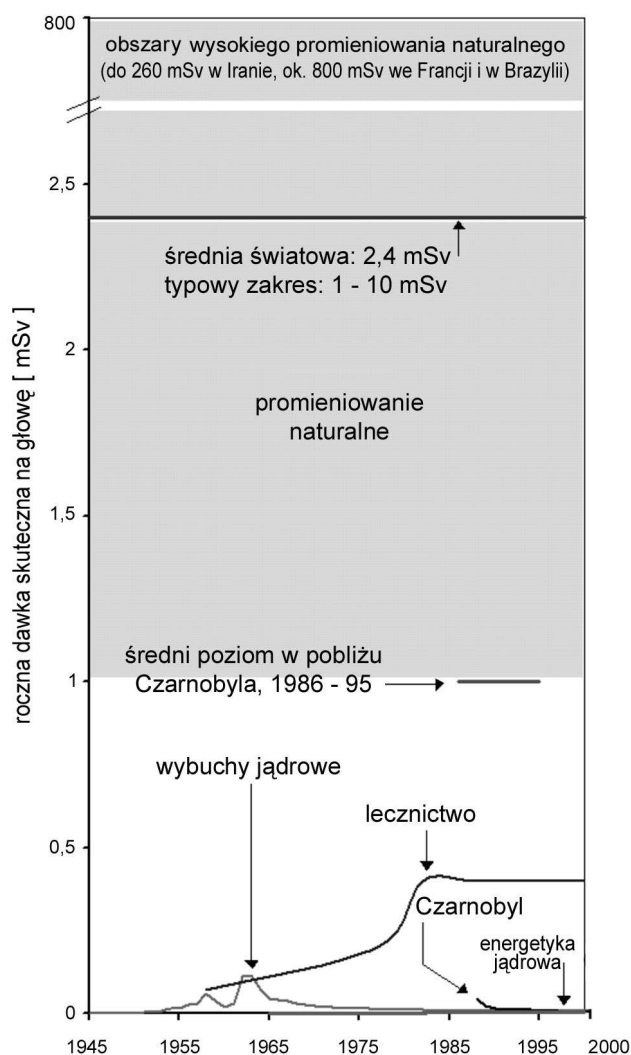
Nieaktualne doświadczenia genetyczne, na których opiera się model LNT i obecne standardy ochrony radiologicznej, są w niezgodzie z badaniami epidemiologicznymi ofiar ataków jądrowych na Hiroszimę i Nagasaki. Wśród dzieci mieszkańców tych miast, nawet tych, którzy otrzymali bardzo wielkie dawki promieniowania, nie stwierdzono żadnych szkodliwych zaburzeń genetycznych [38].

W warunkach pokoju największe dawki promieniowania otrzymujemy ze źródeł naturalnych. Średnia naturalna dawka otrzymywana przez statystycznego mieszkańca globu wynosi 2,4 mSv/rok. Jednak w rejonach, gdzie w podłożu znajdują się większe niż przeciętne stężenia naturalnych radioizotopów szeregu uranowego czy torowego, a także potasu (zawierającego naturalny radioizotop ^{40}K), dawka naturalna sięga niekiedy bardzo wysoko, np. do blisko 800 mSv rocznie w Brazylii i południowej Francji. Wśród mieszkańców tych terenów nie stwierdzono większej częstości występowania chorób nowotworowych i zaburzeń genetycznych, lecz ich niższy poziom. Najwyższą „sztuczną” dawkę promieniowania otrzymujemy od jego zastosowań w medycynie (w skali globu średnio 0,4 mSv/rok), a wszystkie inne antropogeniczne źródła promieniowania dają znacznie niższy wkład. Ludność terenów skażonych opadem z Czarnobyla, bliskich miejsca katastrofy, otrzymała średnią dawkę ok. 1 mSv/rok (rys. 3).

Małe dawki promieniowania (niższe od ok. 500 mSv) stymulują układy odpornościowe, stając się czynnikiem ochronnym i prowadząc do spadku liczby zgonów nowotworowych (tab. 11). Jest to przejaw hormezy, zjawiska występującego nie tylko w przypadku promieniowania, ale również przy małych dawkach innych form energii oraz substancji toksycznych, leków, witamin itp. [40]. Jak wynika z tab. 11, spadek liczby zgonów nowotworowych w dużych populacjach ekspozowanych na małe dawki promieniowania wynosi 9–78%.

Odpady jądrowe

Wzbudzają one powszechne obawy o zdrowie pokoleń, które żyć będą tysiące lub nawet miliony lat po nas. Pesymistycznie zakłada się przy tym, że pamięć o składowiskach odpadów zaniknie, że nasi następcy będą ubożsi od nas, że będą na niższym poziomie cywilizacyjnym niż my, nie będą monitorować radiacji w środowisku i będą bezradni wobec pozostawionych przez nas odpadów. W myśl tych założeń migracja radionuklidów z głębokich podziemnych składowisk ku powierzchni ziemi i do cieków wodnych nie powinna powodować u ludności żyjącej



Rys. 3. Globalne i lokalne średnie roczne dawki promieniowania z głównych źródeł naturalnych i sztucznych [39]

nawet w odległości kilkadziesiąt kilometrów od składowiska dawki przekraczającej 0,25 mSv/rok [41], czy wręcz 0,1 mSv/rok [42,43]. Spójrzmy na tę sprawę inaczej.

W roku 2002 łączna moc elektrowni jądrowych na całym świecie wynosiła 285 GW. Wytworzyły one nisko i średnio aktywne odpady promieniotwórcze o łącznej aktywności $3 \cdot 10^{15}$ Bq. Natomiast odpady wysoko aktywne zgromadzone z całego cywilnego jądrowego cyklu paliwowego do roku 2000 przez ok. 50 lat wniosą po standardowym schłodzeniu przez 500 lat ok. $5,8 \cdot 10^{18}$ Bq (tab. 11). Dla tych odpadów buduje się bardzo trwałe, zwielokrotnione bariery techniczne i geologiczne (głębokie do 2 km), chroniące przed ich migracją w środowisku. Świat jest jednak pełen promieniotwórczości naturalnej, niczym niezabezpieczona i swobodnie migrującej w środowisku. Na przykład, roztwory związków uranu migrują w wodach gruntowych na odległość setek kilometrów [44]. Aktywność z całego 50-letniego cywilnego cyklu jądrowego jest wiele milionów razy niższa od zawartości naturalnych radionuklidów w skorupie ziemskiej i odpowiada średniej

Tabela 11. Aktywność naturalnych radionuklidów w kontynentalnej skorupie ziemskiej oraz całkowita aktywność odpadów z energetyki jądrowej [39]. Wartości maksymalne dotyczą rejonów o podwyższonej naturalnej zawartości radionuklidów w podłożu.

Promieniotwórczość naturalna

Rodzina	K-40	Rb-87	Th-232	U-235	U-238	Suma
Liczba radionuklidów w rodzinie	1	1	10	11	14	37
Stężenie pierwiastka macierzystego w glebie [Bq/g]:						
mediana	0,40	0,08	0,030	0,0016	0,035	0,55
maks.	3,20	0,08	0,360	0,0160	0,900	4,56
Stężenie rodziny w glebie [Bq/g]:						
mediana	0,40	0,08	0,30	0,018	0,49	1,29
maks.	3,20	0,08	3,60	0,176	12,60	19,66
Aktywność (w 10^{15} Bq) rodziny w 1 km ³ gleby ($2,7 \cdot 10^{15}$ g):						
mediana	1,1	0,22	0,81	0,049	1,3	3,5
maks.	8,6	0,22	9,7	0,48	34	53
Aktywność (w 10^{24} Bq) rodziny w całej skorupie kontynentalnej ($17,3 \cdot 10^{24}$ g):						
mediana	6,9	1,4	5,2	0,31	8,5	22,3

Odpady z energetyki jądrowej

Nisko i średnio aktywne odpady z produkcji w 2002 r. [Bq]

$$3,0 \cdot 10^{15}$$

(blok ziemi średnio aktywnej $0,7 \times 0,7 \times 0,7$ km)

Odpady zgromadzone w latach 1950–2000 z całego cywilnego jądrowego cyklu paliwowego, po 500 latach schładzania [Bq]

$$5,8 \cdot 10^{18}$$

(blok ziemi średnio aktywnej $30 \times 30 \times 2$ km)

(blok ziemi o wyższym „tle” $8,3 \times 8,3 \times 2$ km)

aktywności tych nuklidów zawartej w bloku ziemi o wymiarach $30 \times 30 \times 2$ km lub – w rejonach o wyższym tle naturalnym – o wymiarach $8,3 \times 8,3 \times 2$ km. Nisko i średnio aktywne odpady z 2002 r. mają łączną aktywność taką jak blok średnio aktywnej ziemi o wymiarach $0,7 \times 0,7 \times 2$ km. Całkiem słusznie nikt nie przejmuje się tym, że od milionów lat radionuklidy naturalne (bardziej toksyczne od sztucznych) stale migrują z głębi Ziemi, wnioskują do naszych organizmów i naświetlają nas z zewnątrz. Słusznie, gdyż jest to korzystne dla zdrowia. Natomiast ustawianie dla naszych potomków mających żyć za milion lat norm ochrony radiologicznej na poziomie małego ułamka średniej dawki naturalnej jest przesadne i nadmierne kosztowne.

Czarnobyl

Po dziesięciu dniach od wybuchu pary wodnej i wodoru o godzinie 1.23 w dniu 26 kwietnia 1986 r. w reaktorze jądrowym w Czarnobylu ogień, który go całkowicie stopił, samoczynnie wygasł, w przeciwieństwie do dramatu tej katastrofy, który rozwijał się i kwitł przez następnych 20 lat. Katastrofa żyje ciągle w pamięci zbiorowej świata,

a milionom mieszkańców Białorusi, Rosji i Ukrainy jeszcze teraz wyrządza rzeczywiste szkody zdrowotne, społeczne i ekonomiczne. Z płonącego reaktora wydostały się do powietrza olbrzymie ilości promieniotwórczych pyłów. Było ich tylko 200 razy mniej niż ze wszystkich 543 wybuchów jądrowych przeprowadzonych w atmosferze. Największe szkody ludność tych krajów odniosła nie od tych pyłów i promieniowania, i nie na ciele, lecz na duchu.

Z punktu widzenia strat ludzkich (31 przedwczesnych zgonów) to, co zdarzyło się w Czarnobylskiej Elektrowni Jądrowej, było niewielkim wypadkiem w porównaniu z wieloma innymi katastrofami przemysłowymi³. Po wypadku w fabryce nawozów sztucznych w Bhopalu (Indie) w 1984 r., zmarło ok. 15 tys. osób, a przerwanie w 1975 r. chińskiej zapory na rzece Banqiao spowodowało 230 tys. zgonów. Licząc na jednostkę wyprodukowanej energii elektrycznej, liczba przedwczesnych zgonów w Czarnobylu była mniejsza niż w przypadku innych źródeł energii. Była ona 3 razy niższa niż w elektrowniach ogrzewanych ropą, 13 razy niższa niż w elektrowniach na gaz płynny i 15 razy niższa niż w hydroelektrowniach. Ale polityczny, ekonomiczny, społeczny i psychologiczny wstrząs Czarnobyla był ogromny. Przyjrzyjmy się temu, co się wówczas stało, poczynając od mojego osobistego doświadczenia.

W poniedziałek 29 kwietnia 1986 r. ok. godziny 9 rano przed wejściem do CLOR asystentka powitała mnie słowami: „O siódmej dostaliśmy teleks ze stacji IMGW w Mikołajkach. Radioaktywność powietrza jest tam 550 tysięcy razy wyższa niż była wczoraj. Podobny wzrost mamy u nas, a powierzchnia parkingu jest silnie skażona”.

Był to dla mnie ogromny szok. Moją pierwszą myślą było: „Wojna jądrowa!”. Wydaje mi się teraz dziwne, że wówczas cała moja uwaga koncentrowała się na przerażającym wielkim wzroście promieniotwórczości powietrza, chociaż od razu było jasne, że w tym pierwszym dniu „Czarnobyla w Polsce” dawka promieniowania przenikająca od zewnątrz nasze ciała była zaledwie trzykrotnie wyższa niż dnia poprzedniego. Ta zewnętrzna dawka była podobna do średnich dawek naturalnego promieniowania w Polsce, jakie od niepamiętnych czasów ludzie otrzymują od promieniotwórczych substancji w skałach, glebie i naszym własnym ciele oraz od promieni kosmicznych dolałujących do nas ze Słońca i głębin Wszechświata. „Dawka czarnobylska” była w Polsce ponad 100 razy niższa od naturalnych dawek w innych krajach (np. w niektórych okolicach Iranu, Brazylii, Francji), gdzie nigdy nie zauważono żadnych szkodliwych skutków zdrowotnych. W ciągu pierwszego roku po katastrofie ludność Polski otrzymała średnio dawkę promieniowania od opadu z Czarnobyla wynoszącą 0,3 mSv, tj. ośmiokrotnie mniejszą od dawki naturalnej.

Jednak w 1986 r. dramatyczny wzrost promieniotwórczości atmosfery zdominował myślenie moje i wszystkich

innych. Ten stan umysłu przyniósł bezpośrednie skutki. Najpierw były to różne gorączkowe działania, jak tworzenie *ad hoc* limitów radioizotopów w żywności, wodzie itd. Limity te w poszczególnych krajach różniły się tysiące razy, odbijając stan emocjonalny decydentów, a także czynniki polityczne i merkantylne. Na przykład, w Szwecji dopuszczono 30 razy wyższą aktywność w jarzynach importowanych niż z własnej hodowli, a w Izraelu żywność importowana z Europy Wschodniej musiała mieć mniej radionuklidów niż z Europy Zachodniej. Na Filipinach limit cezu-137 w jarzynach ustalono na 8600 razy niższym poziomie niż w bardziej pragmatycznej Wlk. Brytanii. Również w Polsce niektórzy ludzie proponowali limit podobny jak na Filipinach.

Wszystkie te restrykcje nie miały żadnego znaczenia dla zdrowia ludności, a ich koszty były olbrzymie. Dobrym przykładem może być Norwegia, gdzie władze wprowadziły limit zawartości cezu-137 w mięsie reniferów, mający chronić Norwegów przed dawką promieniowania ok. 200 razy niższą od dawek naturalnych w niektórych okolicach tego kraju. Koszt owej „ochrony” wyniósł ponad 51 mln dolarów.

W innych krajach nie było lepiej. Profesor Klaus Becker z Niemieckiego Instytutu Standaryzacji ocenił, że tego rodzaju praktyki, wraz ze skutkami dla przemysłu jądrowego, spowodowały w Europie Zachodniej straty sięgające ok. 100 mld dolarów. W Europie i na półkuli zachodniej katastrofa niemal całkowicie powstrzymała na dwa dziesięciolecia rozwój energetyki jądrowej, a w Polsce walenie przyczyniła się do rezygnacji z budowy sowieckiej elektrowni jądrowej w Żarnowcu, takiej samej, jaka od dziesiętków już lat pracuje na przedmieściach Helsinek i ma opinię najlepszej na świecie. Straciliśmy na tym ok. 2 mld dolarów. Ale proces ten rozpoczął się już znacznie wcześniej, zaledwie 15 lat po słynnej mowie prezydenta Eisenhowera z 1953 r., promującej na Zgromadzeniu Ogólnym NZ ideę „Atoms for Peace”. W 1975 r. administracja prezydenta Forda uznała, że przeróbka wypalnego paliwa z elektrowni jądrowych jest groźna dla pokoju. W 1979 r. katastrofa amerykańskiego reaktora energetycznego w elektrowni Three Mile Island, w której nie zginęła ani jedna osoba i od której ludność nie otrzymała praktycznie zauważalnej dawki promieniowania, stała się wygodnym pretekstem do całkowitego wstrzymania rozwoju energetyki jądrowej w Stanach Zjednoczonych. Wszystkie te „antyenergetyczne” zabiegi w najmniejszym stopniu nie powstrzymały proliferacji broni jądrowej.

Czynniki psychologiczne oraz zaniechanie sprawy ochrony radiologicznej w programach studiów medycznych doprowadziły do setek tysięcy aborcji „chcianych” cięż w krajach Europy Zachodniej i w Związku Radzieckim, gdzie lekarze błędnie informowali pacjentki o radiacyjnym zagrożeniu płodów. W czasie katastrofy czarnobylskiej głównym źródłem informacji dla lekarzy, podobnie jak i dla ich pacjentów, były media. Społeczność lekarzy

³Informacje o narażeniu radiacyjnym spowodowanym tą katastrofą podaje głównie na podstawie raportu Komitetu Naukowego Narodów Zjednoczonych ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR) [45]; źródła innych informacji podałem w pracy [39].

nie jest więc, niestety, bez winy w utrwalaniu mitologii Czarnobyla.

Najbardziej bezsensowną akcją było jednak wysiedlenie 336 tys. mieszkańców tzw. regionów skażonych byłego Związku Radzieckiego, gdzie średnia dawka promieniowania od opadu z Czarnobyla była dwukrotnie wyższa od dawki naturalnej. Później ten limit obniżono nawet poniżej poziomu naturalnego. Ten „wysiedleńczy” limit był 5-krotnie niższy od promieniowania we wnętrzu budynków z granitu, jak np. stacja metra Grand Central Station w Nowym Jorku. Za „tereny skażone”, z których wysiedlano ludzi, uznano już takie, na których aktywność cezu-137 w przypowierzchniowej warstwie gleby wynosiła 37 kBq/m^2 , tj. była 10-krotnie niższa od aktywności naturalnych substancji promieniotwórczych (400 kBq/m^2). Wysiedlenie przyniosło ogromne szkody ludności Białorusi, Rosji i Ukrainy. Doprowadziło do masowych zaburzeń psychosomatycznych, wielkich strat ekonomicznych i traumatycznych skutków społecznych. Jak stwierdził profesor Leonid Iljin, wybitny przedstawiciel rosyjskiego środowiska ochrony radiologicznej, masowe przesiedlenia ludności sowieckie władze wprowadziły pod presją populistów, „ekologów” i samozwańczych „specjalistów”, wbrew zaleceniom najlepszych radzieckich uczonych.

Oprócz 28 zgonów wśród ratowników i załogi elektrowni, spowodowanych bardzo wielkimi dawkami promieniowania (wiele tysięcy razy wyższymi od średniej dawki naturalnej), oraz trzech zgonów od poparzeń i uszkodzeń mechanicznych, wśród ok. 7 mln mieszkańców „terenów skażonych” jedynym rzeczywiście szkodliwym skutkiem zdrowotnym katastrofy w Czarnobylu okazała się epidemia schorzeń psychosomatycznych (np. choroba nadciśnieniowa i inne przewlekłe choroby, bóle głowy, depresja, zaburzenia snu, niezdolność do koncentracji, niestabilność emocjonalna, eskapizm, „wyuczona bezradność”, alkoholizm, zwiększona liczba samobójstw i zgonów z niezidentyfikowanych przyczyn). Zaburzenia te nie zostały wywołane napromienieniem od opadu z Czarnobyla, lecz traumatycznym stresem katastrofy i strachem przed promieniowaniem, zwielokrotnionym przez błędne decyzje administracyjne. Spowodowały one, że kilka milionów ludzi uwierzyło, że są „ofiarami Czarnobyla”, chociaż średnia dawka „czarnobylskiego” promieniowania sięgała wśród nich 1 mSv/rok , tj. $1/3$ dawki naturalnej. Stało się to główną przyczyną strat ekonomicznych spowodowanych katastrofą w Czarnobylu, które do 2000 r. wynosiły na Ukrainie 148 mld dolarów, na Białorusi w niektórych latach stanowiły niemal 20% budżetu państwa, a do 2016 r. mają osiągnąć 235 mld dolarów.

Dopiero w 2002 r. ośmielono się w raporcie czterech agend ONZ: WHO, UNDP, UNICEF i UN-OCHA stwierdzić, że znaczna część tych wydatków była bez sensu i zamiast rzeczywiście pomagać ludności, utrzymywała psychologiczne skutki katastrofy. Raport zalecił rezygnację z dotychczasowej polityki zarówno tych trzech państw postsowieckich, jak i organizacji międzynarodowych. Jej podstawa, tj. obawa przed masowymi skutkami popromiennymi, okazała się bowiem płonna, a olbrzymie środki fi-

nansowe zostały zmarnowane. Raport ONZ sformułował 35 zaleceń, koniecznych do odwrócenia samonapędzającej się spirali czarnobylskich frustracji, społecznej degradacji, zubożenia i epidemii chorób psychosomatycznych. Położono w nich nacisk na konieczność odwrócenia uwagi od nieistniejących zagrożeń radiacyjnych, zezwolenie na powrót do opuszczonych siedzib i stopniowe wycofywanie się z restrykcji wprowadzonych po katastrofie.

Dwie organizacje międzynarodowe: w 2000 r. UNSCEAR, najbardziej autorytatywne ciało w tej dziedzinie, a w 2006 r. Forum Narodów Zjednoczonych ds. Czarnobyla, stwierdziły, że z wyjątkiem raków tarczycy w rejonach najbardziej skażonych pyłem z Czarnobyla nie zaobserwowano żadnego wzrostu liczby raków i białaczek. Nie zauważono również żadnego wzrostu liczby zmian wrodzonych. Sądzę, że wzrost liczby zarejestrowanych raków tarczycy był spowodowany jej masowymi badaniami. W każdej normalnej populacji częstość występowania „niemych” raków tarczycy (takich, które nie dają objawów klinicznych i wykrywane są dopiero przy sekcjach zwłok lub w badaniach USG) jest bardzo wysoka. W Polsce występują one u 9% ludności, na Białorusi u 11,3%, w Stanach Zjednoczonych u 13%, w Japonii u 28,8%, a w Finlandii u 35,6%. W Finlandii aż 2,4% dzieci ma nieme raki tarczycy, a więc jest ich tam prawie 90 razy więcej niż w rejonie Briańska w Rosji, gdzie wykryto najwcześniej i najwięcej „czarnobylskich” raków tarczycy [46]. Obecnie w trzech krajach postsowieckich na terenach uznanych za skażone prowadzi się stale, na skalę dotąd niespotykaną, badania w kierunku wykrycia tych raków. Zgodnie z rozporządzeniem białoruskiego Ministerstwa Zdrowia, wszyscy mieszkańcy tych terenów muszą badać tarczycę raz w roku. Jest to bardzo kosztowna akcja, sponsorowana przez zachodnie organizacje charytatywne. Jej wynikiem jest dobrze znany „efekt przesiewowy”, czyli ujawnianie nowotworów spontanicznie występujących w populacji.

Dane epidemiologiczne zebrane przez UNSCEAR i Forum Czarnobylskie wskazują, że wśród ogółu ludności w średnio skażonej części rejonu Briańska (Rosja) zachorowalność na nowotwory złośliwe jest niższa niż w całej Rosji o 5%, a tam, gdzie ludność otrzymała większe dawki promieniowania (40 mSv), o 17% [46]. Wśród rosyjskich ratowników, którzy otrzymali dawki promieniowania dziesiątki i setki razy wyższe niż mieszkańcy terenów skażonych, umieralność z powodu chorób nowotworowych jest o 15–30% niższa niż wśród ogółu ludności Rosji. Jest to dobra podstawa do realistycznej oceny przyszłego stanu zdrowia milionów ludzi oficjalnie uznanych za „ofiary Czarnobyla”. Kończąc swój raport dla Zgromadzenia Ogólnego NZ, komitet UNSCEAR stwierdził w 2000 r., że ludzie ci mają „pozytywne widoki na przyszły stan zdrowia” i „nie powinni żyć w obawie przed jego poważnym zagrożeniem”.

Czarnobylski zamęt i emocje zaczynają opadać. Mam nadzieję, że w nadchodzących wiekach katastrofa ta będzie pamiętana jako dowód, że reaktory jądrowe są bezpiecznym sposobem wytwarzania energii.

Literatura

- [1] J. Szmyd, *Res Humana* **15** (3/4), 5 (2006).
- [2] T. Malthus, *An Essay on the Principle of Population as It Affects the Future Improvement of Society* (J. Johnson, London 1798); wyd. polskie: *Rozprawa o prawie ludności i jego oddziaływaniu na przyszły postęp społeczeństwa* (Gebethner i Wolff, Warszawa 1925); *Prawo ludności* (De Agostini Polska, 2003).
- [3] D.H. Meadows i in., *Limits to Growth* (Universe Books, New York 1972); wyd. polskie: *Granice wzrostu* (Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1973).
- [4] M. Mesarovic, E. Pestel, *Mankind at the Turning Point: The Second Report to the Club of Rome* (The New American Library, New York 1974).
- [5] E. Godlewski, *Flora* **31**, 378 (1873).
- [6] Z. Jaworowski, *Nauka*, zesz. 4/1999, s. 85.
- [7] W. Beckerman, *Nature* **369**, 109 (1994).
- [8] *Rocznik Statystyczny* (Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 1969).
- [9] *Rocznik Statystyczny* (Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2001).
- [10] Z. Jaworowski, *Nature* **217**, 152 (1968).
- [11] Z. Jaworowski, M. Bysiek, L. Kownacka, *Geochim. Cosmochim. Acta* **45**, 2185 (1981).
- [12] Z. Jaworowski, F. Barbalat, C. Blain, E. Peyre, *Compt. Rend. Acad. Sc. Paris* **299**, Série III (10), 409 (1984).
- [13] Z. Jaworowski, F. Barbalat, C. Blain, E. Peyre, *The Science of the Total Environment* **43**, 103 (1985).
- [14] W.D. Nordhaus, *Am. Econ. Rev.* **64** (2), 22 (1974).
- [15] S.R. Taylor, *Geochim. Cosmochim. Acta* **28**, 1273 (1964).
- [16] S. Glasstone, *Postępy Techniki Jądrowej*, Seria: Ochrona Przed Promieniowaniem, dodatek nr 23 (131), 1 (Warszawa 1963).
- [17] C. Starr, *Sci. Am.* **224** (3), 36 (1971).
- [18] A.S. Block-Bolten, *Engineering Dimensions*, March/April 2006, s. 10.
- [19] J. Chow, R.J. Kopp, P.R. Portney, *Science* **302**, 1528 (2003).
- [20] G. Cramer, www.direct.ca/trinity/helium3.htm.
- [21] J. Ongena, G. Van Oost, *Trans. Fusion Technol* **37**, 3 (2000).
- [22] www.solar-power-electricityforum.com/facts-about-solar-power.html.
- [23] A. Strupczewski, *Biul. Miesięczny PSE* **7-8** (181-182), 21 (2006).
- [24] R. Trechciński, *Neutrony* **13**, 143 (2006).
- [25] H. Inhaber, „Risk analysis applied to energy systems”, *Encyclopedia of Energy* (Elsevier, 2004).
- [26] S. Hirschberg, A. Strupczewski, *IAEA Bulletin* **41** (1), 25 (1999).
- [27] P. McCully, w: *Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams* (Zed Books Ltd., London 1998).
- [28] B.L. Cohen, *Ascent* **2** (2), 8 (1981).
- [29] Z. Jaworowski, *Phys. Today* **52** (9), 24 (1999).
- [30] L.S. Taylor, *Health Phys.* **32**, 851 (1980).
- [31] L.E. Feinendegen, M. Pollycove, R.D. Neuman, *Experimental Hematology*, w druku.
- [32] D. Billen, *Radiat. Res.* **124**, 242 (1990).
- [33] Z. Jaworowski, *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **22**, 172 (1995).
- [34] M. Tubiana, A. Aurengo, D. Averbeck, R. Masse, *Radiat. Environ. Bioph.* **44**, 245 (2006).
- [35] A.M. Weinberg, *Minerva* **10**, 209 (1972).
- [36] R. Cook, E.J. Calabrese, *Environ. Health Persp.* **114**, 1631 (2006).
- [37] E.W. Webster, *Invest. Radiol.* **28**, 451 (1993).
- [38] „Hereditary Effects of Radiation”, UNSCEAR 2001 Report to the General Assembly (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna 2001).
- [39] Z. Jaworowski, *Energy and Environment* **15**, 807 (2004).
- [40] E.J. Calabrese, R. Blain, *Toxicol. Appl. Pharm.* **202**, 289 (2005).
- [41] *Ionizing Radiation-safety Standards for the General Public*, hps.org/document/publicdose_ps005-3.pdf (Health Physics Society, 2003).
- [42] *Total System Performance Assessment – Analyses for Disposal of Commercial and DOE Waste Inventories at Yucca Mountain – Input to Final Environmental Impact Statement and Site Suitability Evaluation* (Bechtel SAIC Co., Las Vegas 2001).
- [43] B. Pershagen, *Light water reactor safety* (Pergamon Press, Oxford 1989).
- [44] Z. Jaworowski, „Sources and the global cycle of radium”, w: *The environmental behaviour of radium*, t. 1 (IAEA, Vienna 1990), s. 129.
- [45] „Sources and Effects of Ionizing Radiation”, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly (United Nations, New York 2000).
- [46] V.K. Ivanov i in., *Medical Radiological Consequences of the Chernobyl Catastrophe in Russia – Estimation of Radiation Risks* (Nauka, St. Petersburg 2004), s. 388.

Prof. dr hab. ZBIGNIEW JAWOROWSKI jest specjalistą w dziedzinie skażeń promieniotwórczych. Z wykształcenia jest lekarzem radioterapeutą. W latach 1953–58 pracował w Instytucie Onkologii w Gliwicach, a następnie od 1958 do 1970 r. w Zakładzie Ochrony Zdrowia i Radiobiologii Instytutu Badań Jądrowych w Warszawie. Od 1970 r. przez 17 lat kierował Zakładem Higieny Radiacyjnej w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Obecnie jest przewodniczącym Rady Naukowej CLOR. Od 1973 r. reprezentuje Polskę w Komitecie Naukowym ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR), któremu także przewodniczył w latach 1980–81. Był członkiem ponad 20 grup doradczych Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) i Programu Narodów Zjednoczonych ds. Ochrony Środowiska (UNEP). Jest autorem kilkuset prac naukowych. Był również organizatorem 10 wypraw na lodowce wszystkich kontynentów. Celem tych ekspedycji, finansowanych głównie przez amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (EPA), było zbadanie poziomu zanieczyszczeń atmosfery w ciągu ostatnich kilkuset lat.



Pierwszy polski kondensat Bosego–Einsteina*

Wojciech Gawlik^a, Włodzimierz Jastrzębski^b, Andrzej Noga^a, Jerzy Zachorowski^a, Michał Zawada^c

^aInstytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński

^bInstytut Fizyki PAN, Warszawa

^cInstytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

First Bose–Einstein condensate in Poland

Abstract: A team working in the new Polish National Laboratory for Atomic, Molecular and Optical Physics obtained the first Polish Bose–Einstein condensate of ^{87}Rb atoms in a magnetic trap. The paper describes the experimental approach as well as the first observations, and discusses the very special methodology of ultra-low-temperature physics.

Wstęp

2 marca 2007 r. grupa fizyków z kilku polskich ośrodków pracująca w Krajowym Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej w Toruniu pod kierunkiem Wojciecha Gawlika otrzymała pierwszy w Polsce kondensat Bosego–Einsteina (BE) atomów rubidu-87. Zespół tworzyli fizycy z Uniwersytetu Jagiellońskiego (Wojciech Gawlik, Andrzej Noga, Jerzy Zachorowski i Michał Zawada – ten ostatni od niedawna w UMK), Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (Franciszek Bylicki

i Michał Zawada), Instytutu Fizyki PAN w Warszawie (Włodzimierz Jastrzębski), Pomorskiej Akademii Pedagogicznej w Słupsku (Jacek Szczepkowski) i Uniwersytetu Opolskiego (Marcin Witkowski). Duży wkład do projektu w jego wstępnej fazie wnieśli też: Maria Brzozowska i Tomasz Brzozowski z IF UJ oraz Paweł Kruk (pierwotnie IFD UW, potem IF UJ).

Po dwunastu latach od jego doświadczalnego odkrycia, kondensat Bosego–Einsteina jest badany w szesnastu krajach. Od 2 marca br. Polska jest jednym z nich – jedynym między Łabą a Pekinem.



Od lewej: Marcin Witkowski, Michał Zawada, Jerzy Zachorowski, Andrzej Noga, Jacek Szczepkowski, Wojciech Gawlik, Franciszek Bylicki, Włodzimierz Jastrzębski

*Opisane doświadczenia wykonano w Krajowym Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej w Toruniu.

Prace nad wytworzeniem polskiego kondensatu mają swoje korzenie w badaniach, które przed 10 laty rozpoczęto w Instytucie Fizyki UJ. W 1998 r. uruchomiono tam pierwszą polską pułapkę magnetoopieczną, w której osiągnięto temperaturę rzędu 100 mikrokelwinów [1]. W tym zakresie temperatury badano metodami spektroskopii laserowej subtelne efekty odrzutu fotonowego i lokalizacji atomów w tzw. sieciach optycznych. Dzięki finansowaniu przez Komitet Badań Naukowych i współpracy całego polskiego środowiska, w 2001 r. stworzone zostało Krajowe Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej (KL FAMO) przy UMK w Toruniu. Laboratorium to reprezentuje obecnie światowy poziom w dziedzinie fizyki atomowej, zwłaszcza w badaniach z zakresu optyki i informacji kwantowej (splątane stany fotonowe), zastosowania pułapek jonowych do celów informacji kwantowej oraz fizyki ultrazimnych atomów. Dzięki KL FAMO można było rozszerzyć zakres krakowskich prac na znacznie niższe temperatury, w których możliwa jest już kondensacja Bosego–Einsteina. Stworzenie KL FAMO umożliwiło także włączenie się w tę tematykę innym grupom – do zespołu dołączył m.in. Włodzimierz Jastrzębski z IF PAN w Warszawie, który jako jedyny wówczas polski fizyk eksperymentował już z kondensatem za granicą.

Wymagania fizyczne i przyjęte rozwiązania

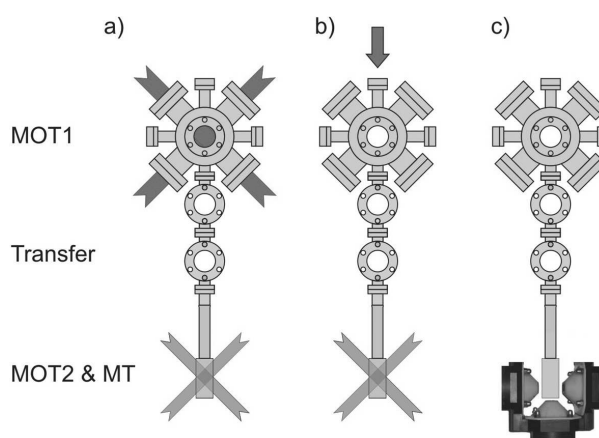
Osiągnięcie kondensacji BE gazu atomowego jest ogromnym wyzwaniem eksperymentalnym. Konieczne jest bowiem osiągnięcie degeneracji kwantowej, która wymaga odpowiednio dużej gęstości w przestrzeni fazowej, a więc równoczesnego zagęszczenia gazu atomowego i jego ochłodzenia przy zachowaniu jednocześnie jego gazowego stanu skupienia. Są to na ogół przeciwstawne wymagania, ich spełnienie wymagało więc bardzo wyrafinowanego przebiegu doświadczenia i skomplikowanej aparatury.

Doświadczenie prowadzące do wytworzenia stanu kondensatu BE w chmurze atomów rubidu sprowadza się do manipulowania atomami Rb w zamkniętej komorze próżniowej, której schemat przedstawia rys. 1. Atomy te są poddawane działaniu wiązek promieniowania laserowego oraz pól magnetycznych (stałych i zmiennych) – w wyniku tych oddziaływań są pułapowane, przemieszczane oraz ochładzane do temperatury kilkuset nanokelwinów.

Kolejnymi głównymi etapami prowadzącymi do otrzymania kondensatu BE są:

1. wychwyt atomów z chmury termicznej o temperaturze ok. 300 K i ich wstępne schłodzenie w pierwszej pułapce magnetoopiecznej (MOT1),
2. przepchnięcie (transfer) za pomocą światła atomów z MOT1 do drugiej, wysokopróżniowej, komory,
3. przechwycenie ich w drugiej pułapce magnetoopiecznej (MOT2),
4. przeładowanie atomów z MOT2 do pułapki magnetycznej (MT),
5. chłodzenie przez odparowanie za pomocą pola magnetycznego oscylującego z częstotliwością radiową (RF),

6. detekcja i diagnostyka otrzymanego „produktu”, pozwalająca wyznaczyć temperaturę atomów oraz stwierdzić, czy nastąpiła kondensacja.



Rys. 1. Schemat układu eksperymentalnego składającego się z górnej pułapki magnetoopiecznej (MOT1), kanału przenoszenia atomów (Transfer) i dolnej pułapki (MOT2) wraz z pułapką magnetyczną (MT). Trzy etapy działania układu są przedstawione w kolejnych częściach rysunku: a) MOT1 zbiera ok. 10^9 atomów ^{87}Rb w temperaturze ok. 300 μK (szerokie strzałki obrazują wiązki pułapkujące), b) zimne atomy są wypychane z MOT1 przez wiązkę laserową (pionowa strzałka) i wychwytywane przez MOT2, c) wiązki laserowe są wyłączone, a atomy utrzymywane w ciemności w pułapce magnetycznej i tam chłodzone przez odparowanie. Dla przejrzystości rysunku cewki pułapki magnetycznej są pokazane wyłącznie na rys. c.

Każdy z wymienionych głównych etapów doświadczenia składa się z sekwencji kroków, w trakcie których realizuje się wiele operacji: poszczególne wiązki laserowe są włączane i wyłączane, zmienia się ich częstotliwość i natężenie, zmienia się częstotliwość pola radiowego oraz natężenia pól magnetycznych. Czynności te realizowane są w cyklu pomiarowym trwającym ok. 2 min, kontrolowanym przez program komputerowy. Zapewnia on dobrą powtarzalność i precyzyjną synchronizację poszczególnych etapów doświadczenia z kondensacją BE. Od strony fizycznej zostały one opisane w pracach [2–7]. Poniżej omawiamy niektóre szczegóły ilustrujące złożoność i stopień komplikacji tego przedsięwzięcia.

1. W pierwszej kolejności atomy rubidu zbierane są w pierwszej (górnej) pułapce magnetoopiecznej (MOT1), stanowiącej kombinację sześciu parami przeciwbieżnych wiązek laserowych skierowanych wzdłuż trzech wzajemnie prostopadłych kierunków przestrzennych i niejednorodnego pola magnetycznego o symetrii kwadrupolowej. Aby czas zbierania atomów był dostatecznie krótki, w obszarze tej komory prężność par rubidu powinna wynosić ok. 10^{-8} mbar. Podgrzewany emiter jest źródłem atomów o naturalnym składzie izotopowym. Właściwy izotop – ^{87}Rb – wybiera się, dostrajając lasery pułapki do odpowiednich linii widmowych przejścia $5^2\text{S}_{1/2} - 5^2\text{P}_{3/2}$

(linii D_2 o długości fali 780 nm). Oprócz lasera pułapkującego potrzebny jest jeszcze laser repompujący, który zapobiega stratom atomów z cyklu pompowania przez ucieczkę do innych poziomów. Na tym etapie zazwyczaj uzyskuje się ok. 10^9 atomów (chmura o średnicy ok. 3 mm i gęstości $n \approx 10^{11} \text{ cm}^{-3}$) w temperaturze 0,1–1 mK. Prowadzenie dalszych etapów chłodzenia i zwiększania gęstości w górnej komorze byłoby niemożliwe m.in. ze względu na zderzenia z atomami termicznymi pod ciśnieniem tam panującym (10^{-8} mbar).

2. Atomy schłodzone w pierwszej pułapce są przeprowadzane do drugiej komory (MOT2). Realizacja tego transferu (prowadzony jest on równocześnie z wychwytem i chłodzeniem w MOT1) polega na oświetleniu atomów w MOT1 dodatkową, niemal rezonansową wiązką laserową skierowaną pionowo w dół (odstrojenie wiązki od częstości rezonansowej wynosi ok. 12 MHz, natężenie ok. 1 mW), która w wyniku ciśnienia światła kieruje atomy do rurki transferowej.

3. Atomy są wychwytywane i zbierane w drugiej (dolnej) pułapce magnetoptycznej (MOT2), po czym MOT1 i wiązka przepychająca są wyłączane. W MOT2 gromadzi się w czasie ok. 30 sekund ok. 10^9 atomów o temperaturze poniżej 100 μK . Aby możliwe było odpowiednio długie (ponad 1,5 min) przechowywanie atomów, w tym obszarze musi być doskonała próżnia (prężność par poniżej 10^{-11} mbar), skąd wynika konieczność rozdzielania komory MOT1 do zbierania atomów i komory doświadczalnej (są one połączone jedynie wąską rurką transferową) i stosowania pompowania różnicowego. Moment wyłączenia MOT1 jest chwilą, od której obowiązuje bardzo oszczędna „gospodarka” atomami, gdyż w dalszych etapach chłodzenia uczestniczą wyłącznie atomy dotąd zgromadzone. Obserwacja atomów zarówno w MOT1 jak i MOT2 prowadzona jest przez rejestrację fluorescencji atomów Rb kamerą CCD i wykalibrowaną fotodiodą, która pozwala na pomiar liczby atomów zgromadzonych w MOT1 oraz MOT2.

4. Dalsze chłodzenie atomów przez oddziaływanie z wiązkami światła nie jest możliwe, gdyż graniczna temperatura osiągalna w MOT jest rzędu 100 μK [3]. Pułapka magnetoptyczna jest wyłączana, a w tym samym miejscu włączana jest pułapka innego rodzaju – pułapka magnetyczna (MT). Jest ona pułapką „ciemną” – nie wykorzystuje się w niej działania sił pochodzących od ciśnienia światła, z którymi związane są też procesy ograniczające uzyskiwane temperatury. Dla poprawnej pracy MT konieczne jest zatem staranne zaciemnienie układu, aby atomy nie mogły absorbować żadnych fotonów rezonansowych. W porównaniu z MOT pułapka MT jest bardzo płytka, zachowawcza i gromadzi wyłącznie atomy o określonej orientacji atomowego momentu magnetycznego, zatem przed przeładowaniem atomów do pułapki magnetycznej konieczne są jeszcze dodatkowe zabiegi, aby zminimalizować straty atomów. Mechanizmem, który powoduje pułapkowanie magnetyczne, jest siła działająca na spolaryzowane atomy w niejednorodnym polu magnetycznym. Ponieważ w wolnej przestrzeni nie jest możliwe wytworze-

nie lokalnego maksimum pola magnetycznego, a jest możliwe wytworzenie minimum pola, jedynymi kandydatami do pułapkowania magnetycznego są atomy w tzw. stanach szukających małego pola. W szczególności dla atomów Rb w stanie podstawowym $5^2S_{1/2}$ są to stany $|F = 2, m_F = +2\rangle$, $|F = 2, m_F = +1\rangle$ oraz $|F = 1, m_F = -1\rangle$; działa na nie siła skierowana w kierunku minimum pola magnetycznego, podczas gdy atomy w pozostałych stanach zeemanowskich wypychane są z minimum pola. Na sekwencję przeładowania atomów z MOT2 do MT składają się następujące procedury:

a) Przesunięcie chmury atomów z miejsca, gdzie był środek MOT2, do miejsca, gdzie będzie środek MT (ponieważ pułapka MOT jest silniejsza niż magnetyczna, wypadkowy potencjał uwzględniający wpływ grawitacji ma minimum w innym miejscu).

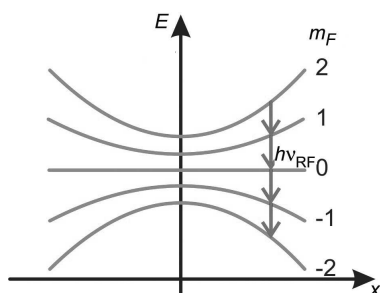
b) Dodatkowe chłodzenie i kompresja chmury atomów przez zwiększenie odstrojenia wiązek laserowych do 35 MHz – tzw. faza zimnego MOT-a: chłodzenie subdopplerowskie polegające na wyłączeniu pola magnetycznego pułapki MOT2 i utrzymaniu dużego odstrojenia lasera pułapkującego. Rezultatem jest ochłodzenie atomów do temperatury ok. 20 μK . Jest to faza tzw. melasy optycznej.

c) Wyłączenie laserów pułapkującego/chłodzącego i repompującego – zastosowana kolejność wyłączania przesądza, w którym stanie nadsubtelnym ($F = 1$ lub $F = 2$) pozostaną atomy. U nas laser repompujący wyłączany jest w 500 μs po wyłączeniu lasera pułapkującego, co powoduje, że wszystkie atomy zostają przepompowane do stanu $5^2S_{1/2}$ ($F = 2$). Nadal jednak wszystkie poziomy zeemanowskie o $m_F = -2, \dots, +2$ są obsadzone, a więc układ nie jest jeszcze przygotowany do pułapkowania magnetycznego.

d) Spolaryzowanie gazu atomów przez przepompowanie optyczne atomów do stanu $|F = 2, m_F = +2\rangle$. W tym celu włączane jest słabe pole magnetyczne (ok. 1 Gs) i atomy oświetlane są jednocześnie dwoma krótkimi i bardzo słabymi (ok. 1 ms i 35 μW , aby uniknąć podgrzewania) impulsami światła o polaryzacji σ^+ rezonansowego z przejściami $5^2S_{1/2} |F = 2\rangle \rightarrow 5^2P_{3/2} |F = 2\rangle$ oraz $5^2S_{1/2} |F = 1\rangle \rightarrow 5^2P_{3/2} |F = 2\rangle$ (drugi z błysków światła zawsze powinien kończyć się później, co zapobiega utracie atomów przez przepompowanie do stanu $5^2S_{1/2} |F = 1\rangle$). W rezultacie wykonania takiego cyklu pompowania większość atomów znajduje się w stanie $5^2S_{1/2} |F = 2, m_F = +2\rangle$ i może być już pułapkowana magnetycznie.

e) „Adiabatyczne” włączenie MT trwające ok. 2 s – ma zapobiec podgrzaniu atomów i ewentualnym oscylacjom chmury. Po wykonaniu powyższych kroków ok. 80% atomów zostaje przeładowanych z MOT2 do pułapki magnetycznej.

5. Atomy w pułapce magnetycznej są następnie chłodzone w procesie wymuszonego odparowania: pod wpływem pola magnetycznego oscylującego z częstością rezonansową momentów magnetycznych, orientacja momentu magnetycznego niektórych atomów jest odwracana – atomy te nie są pułapkowane, lecz wyrzucane z pułapki (rys. 2). Przez dobór częstości oscylacji można zapewnić,



Rys. 2. Wymuszone odparowanie w pułapce magnetycznej: schemat pokazuje poziomy atomowe i przejścia wywołane oscylującym polem magnetycznym, które przenoszą atomy ze stanów pułapkowanych do stanów niepułapkowanych

że usuwane są atomy o największej energii kinetycznej (najcieplejsze). Pozostałe atomy przez zderzenia termalizują się do stanu równowagi o niższej temperaturze średniej. W ten sposób, sukcesywnie obniżając częstotliwość pola od 30 MHz do 800 kHz, usuwa się najcieplejsze atomy, aż pozostaje chmura ok. 10^5 atomów w temperaturze ok. 200 nK. Ten proces musi zachodzić na tyle wolno, aby atomy pozostałe w pułapce mogły wydajnie termalizować się przez zderzenia do coraz niższej temperatury średniej. Wymagany jest zatem korzystny stosunek zderzeń sprężystych (termalizacja) do innych źródeł strat: zderzeń niesprężystych, zderzeń z gazem reszkowym i podgrzewania przez fluktuacje pola magnetycznego. Gdyby atomy nie ulegały termalizacji, ich odparowanie prowadziłoby tylko do zmniejszenia gęstości, bez obniżenia temperatury. Dobranie optymalnej dynamiki odparowania pozwala na ta-

kie chłodzenie, że mimo spadku liczby atomów gęstość w przestrzeni fazowej wzrasta, co jest niezbędne dla osiągnięcia kondensacji.

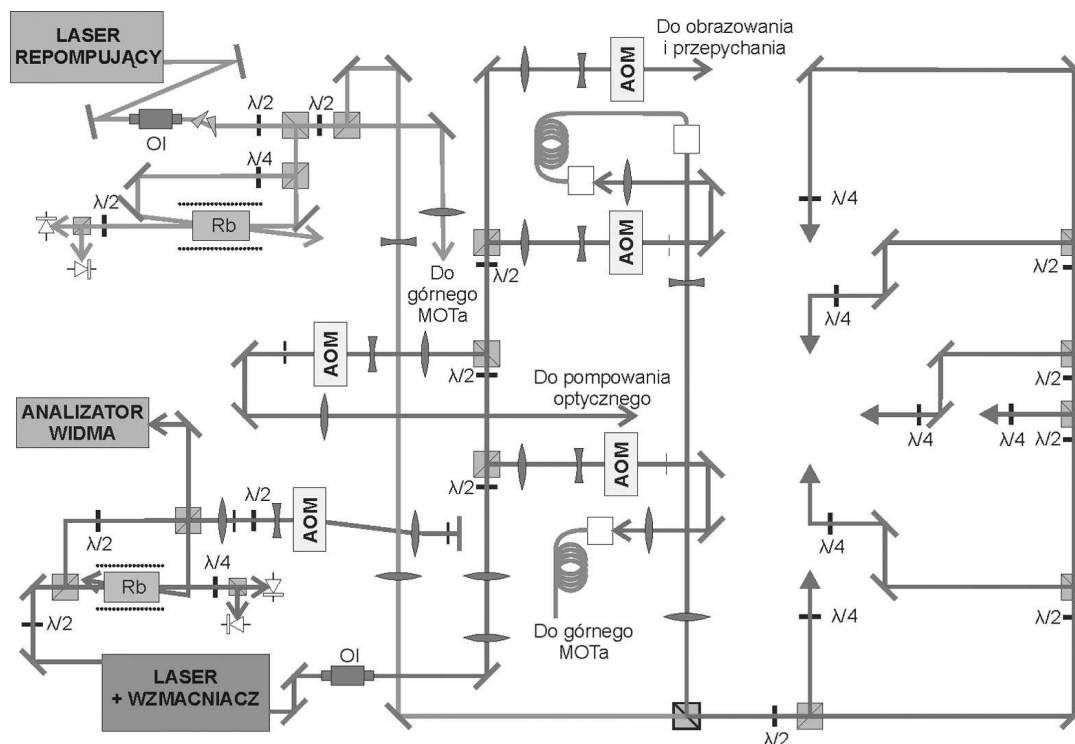
6. Ostatnim etapem jest obrazowanie chmury atomów, wykonywane zazwyczaj po uwolnieniu ich z pułapki, które pozwala na wyznaczenie rozkładu pędu uwolnionych atomów i na rozróżnienie, czy chmura atomów jest w stanie termicznym, czy zaszła już kondensacja BE.

Omówienie wybranych elementów i zastosowanych procedur doświadczalnych

Główne części aparatury doświadczalnej były następujące.

Lasery. Wykorzystujemy lasery półprzewodnikowe (diodowe) z zewnętrznymi rezonatorami optycznymi (rys. 3). Muszą one spełniać następujące wymagania:

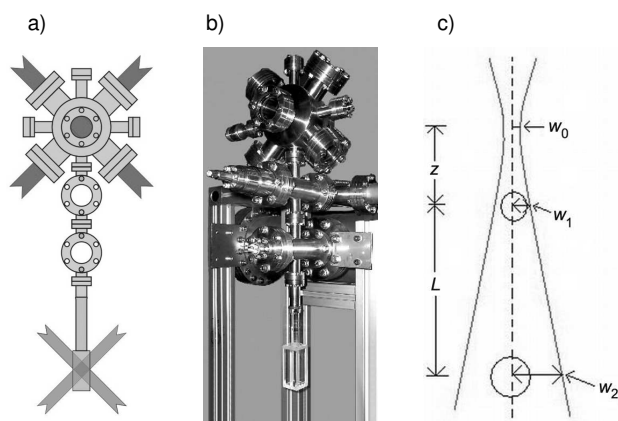
- mała szerokość linii, mniejsza od naturalnej szerokości przejścia optycznego,
- dobra stabilność częstotliwości; w naszym przypadku oznacza to absolutną stabilność częstotliwości na poziomie 1 MHz, a więc stabilność względną ok. $3 \cdot 10^{-9}$ – wymaga to stabilizowania częstotliwości promieniowania laserowego do częstotliwości przejścia atomowego,
- wystarczająca moc, od ok. 100 mW do 1 W,
- dobra stabilność mocy,
- w celu zapewnienia jednorodnego poprzecznego kształtu wiązek laserowych są one kierowane do doświadczenia przez odcinki jednomodowego włókna światłowodowego – ułatwia to zestawienie eksperymentu, ale wiąże się ze stratami mocy.



Rys. 3. Schemat układu laserowego do pułapkowania i chłodzenia atomów

Układ próżniowy. Jak już było powiedziane, konieczne jest rozgraniczenie obszarów zbierania atomów i ich wstępnego ochłodzenia poniżej 1 mK oraz obszaru kondensacji o ciśnieniach odpowiednio ok. 10^{-8} i 10^{-11} mbar. Wynika z tego konieczność zastosowania dwóch komór połączonych wąską rurką i różnicowego pompowania obu stref (rys. 4).

Transfer atomów między pułapkami. Grawitacyjny spadek atomów z obszaru MOT1 do MOT2 trwałby zbyt długo i wiązałby się ze znaczną ekspansją atomów uwolnionych z pułapki MOT1 oraz w konsekwencji ogromnych strat ich liczby przy przejściu przez kapilarę. Dokonuje się więc transferu atomów przez wydychanie atomów z pracującej pułapki MOT1 za pomocą wiązki przepychającej, działającej na atomy ciśnieniem światła. Konieczne jest odpowiednie dobranie profilu tej wiązki, aby miała ona odpowiednie natężenia i działała z różnymi siłami na atomy w różnych obszarach. W górnej pułapce musi być ona porównywalnie silna z wiązkami pułapki, co osiąga się, ogniskując ją do średnicy $w_1 = 1,1$ mm. W dolnej pułapce MOT2 musi mieć małe natężenie, niepowodujące destabilizacji dolnej pułapki, i dlatego jest rozszerzona do $w_2 = 3,3$ mm (rys. 4c).

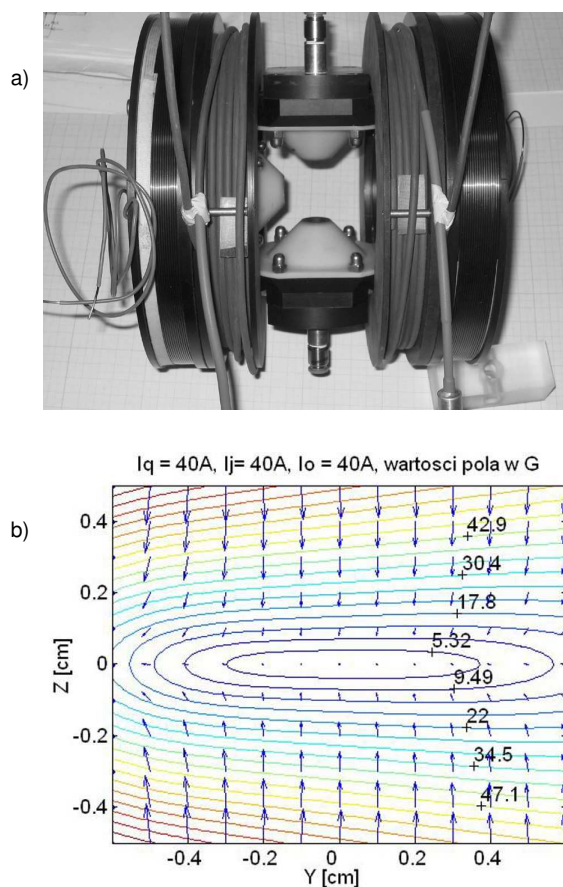


Rys. 4. Schemat układu próżniowego (a), zdjęcie układu (b), ukształtowanie wiązki przepychającej (c); w_0 oznacza promień wiązki w przewężeniu, w_1 i w_2 – promień wiązki odpowiednio w miejscu górnej i dolnej pułapki magnetoptycznej

Pułapka magnetyczna. Najprostszym typem pułapki magnetycznej jest pułapka kwadrupolowa tworzona przez dwie cewki o przeciwbieżnych prądach: potencjał narasta w niej liniowo w miarę oddalania się od centrum pułapki – zapewnia to skuteczne pułapkowanie, ale w centrum pułapki pole magnetyczne ma zerowe natężenie, a zatem powolne atomy przelatujące przez centrum mogą doznać odwrócenia momentu magnetycznego (ang. Majorana spin flip) [8,9], w wyniku czego atomy przestają być pułapkowane. Rozwiązaniem okazuje się taka konfiguracja pól, w której nigdzie w obszarze pułapki nie osiągają one zerowego natężenia. Przykładem jest tzw. pułapka Joffego, złożona z czterech prętów z przeciwbieżnymi prądami, które tworzą kwadrupolowy rozkład pola w płaszczyźnie prostopadłej do osi pułapki, oraz dwóch cewek na osi usta-

wionych w odległości większej niż w konfiguracji Helmholtza, które wytwarzają pole osiowe z minimum w centrum. W celu zwiększenia gradientu (i silniejszego pułapkowania) dodawane jest jeszcze jednorodne tzw. pole off-setowe. Całkowite pole w okolicy środka tak wytworzonej pułapki zależy od kwadratu odległości od centrum, zatem pułapka ma potencjał harmoniczny, bez symetrii sferycznej (rys. 5b), w związku z czym częstości własne w kierunku osiowym i w kierunkach poprzecznych są wyraźnie różne.

W naszym układzie pole wytwarzane jest przez trzy cewki umieszczone blisko komórki próżniowej (w celu osiągnięcia odpowiednio dużego gradientu pola) i dwie większe cewki wytwarzające pole jednorodne (rys. 5a). Aby cewki nie ograniczały dostępu wiązek świetlnych do komórki z atomami, mają one małe rozmiary i stożkowy kształt uzwojeń. We wszystkich cewkach płynie jednakowy prąd o natężeniu ok. 40 A, zatem niebagatelnym problemem jest ich chłodzenie, zwłaszcza że dla minimalizacji wymiarów cewki stożkowe nawinięte są cienkim drutem ($\phi = 1$ mm). Skuteczne chłodzenie zapewnione jest przez przepływ wody między uzwojeniami cewek stożkowych. W cewkach pola jednorodnego zamiast drutu użyto cienkiej rurki miedzianej, wewnątrz której przepływa woda chłodząca.



Rys. 5. a) Układ cewek pułapki magnetycznej, b) rozkład pola w pułapce magnetycznej: pokazane są linie jednakowego natężenia pola i kierunki pola w różnych miejscach pułapki

Pole pułapki magnetycznej musi być w kontrolowany sposób włączane (adiabaticznie) i wyłączane (szybko): potrzebny jest zatem układ elektroniczny do przełączania prądów w cewkach w czasie ok. 1 ms, co wobec indukcyjności cewek nie jest łatwe.

Sterowanie doświadczeniem. Eksperyment wymaga precyzyjnej i doskonale zsynchronizowanej regulacji wielu parametrów, z których najważniejsze to:

- częstotliwości modulatorów akustooptycznych (AOM),
- momenty włączania i wyłączania modulatorów AOM,
- otwieranie i zamykanie przesłon,
- natężenia prądów cewek pułapki magnetycznej,
- częstotliwość pola radiowego,
- wyzwalamie kamery CCD.

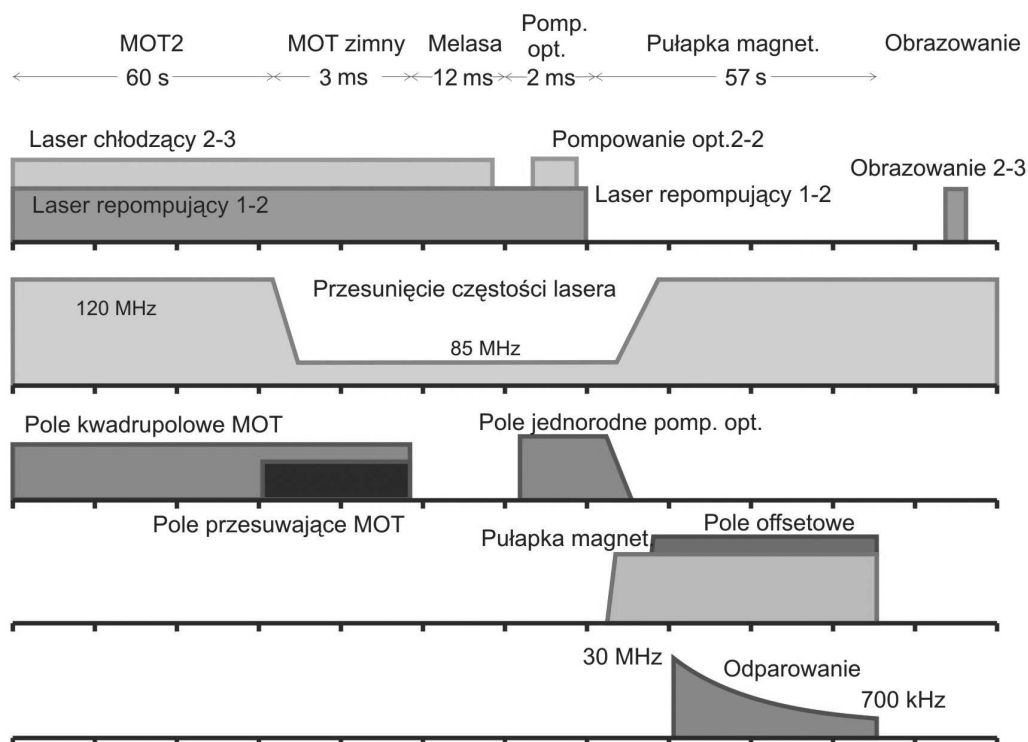
Sterowanie to przeprowadzane jest przy użyciu dwóch komputerów, z których jeden steruje całym doświadczeniem z rozdzielczością 25 μ s, a drugi kamerą oraz służy do akwizycji i analizy obrazów atomów. Rysunek 6 przedstawia kolejność przełączania wartości poszczególnych parametrów.

Główne trudności

Otrzymanie kondensatu BE było przedsięwzięciem niezwykle trudnym do zrealizowania i czasochłonnym, zarówno pod względem technicznym jak i logistycznym. Paradoksalnie, główną przeszkodą okazał się ten drugi aspekt. Zlokalizowanie KL FAMO w Toruniu zrodziło konieczność dojazdów naukowców z ośrodków oddalonych

o kilkaset kilometrów (Kraków, Warszawa, Opole, Słupsk) i ich pogodzenie z pracą w macierzystych jednostkach.

Pierwszy etap budowy aparatury, zrealizowany w IF UJ w Krakowie, obejmował zbudowanie od podstaw całej aparatury próżniowej oraz zestawienie toru optycznego i uruchomienie dwóch pułapek magnetoptycznych. Równolegle w IF PAN budowana była pułapka magnetyczna, a w Toruniu organizowano laboratorium wymagające m.in. odpowiednich pomieszczeń z instalacjami bezpyłowymi. Realizacja tego etapu trwała ponad 2 lata. Zbudowaną w Krakowie aparaturę należało przetransportować do Torunia praktycznie bez demontażu, w przeciwnym razie zmarnowana zostałaby wielomiesięczna praca naukowców. To, co wielu osobom wydawało się niemożliwe, zostało zrealizowane z pełnym sukcesem 16 września 2004 r. Ważący ponad 400 kg stół optyczny wraz z kilkuset elementami optycznymi został zapakowany w specjalnie przygotowaną skrzynię, a najdelikatniejsza część aparatury, czyli komora próżniowa wraz z komórką kwarcową (cały czas zachowujące wysoką próżnię!), została umieszczona i unieruchomiona wewnątrz drugiej skrzyni. Cała ta nietypowa przesyłka została załadowana na ciężarówkę i przewieziona do laboratorium w Toruniu. Już po dniu od momentu rozpakowania skrzyń w toruńskim laboratorium przywrócono pełne działanie układu ze stanu sprzed wysyłki, co oznaczało pełny sukces „operacji transport”. Rysunek 7 pokazuje początkowe chwile montażu pierwszej części aparatury w KL FAMO po jej przywiezieniu z Krakowa.



Rys. 6. Schemat czasowy przebiegu doświadczenia (skala czasu jest nieliniowa)



Rys. 7. Rozpakowywanie stołu optycznego po przewiezieniu go z Krakowa do Torunia

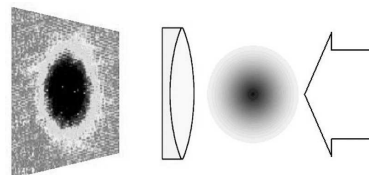
Dalsze prace nad kondensacją były już prowadzone wyłącznie w Toruniu, choć nie bez trudności i przygód wydłużających drogę do celu. Bardzo nieprzyjemną przygodą było zniszczenie cewek pułapki magnetycznej przez omyłkowe włączenie prądu bez chłodzenia uzwojenia. To zdarzenie było najdramatyczniejsze, ale najwięcej czasu pochłonęło zdiagnozowanie i usunięcie problemów z niewłaściwie pracującym pompowaniem różnicowym. Zwiększenie ciśnienia rubidu w górnej komorze powodowało znaczne pogorszenie próżni w komorze dolnej i tym samym ograniczenie czasu życia pułapki magnetycznej do kilkunastu sekund, podczas gdy czas życia wymagany do osiągnięcia kondensatu BE powinien wynosić co najmniej 60 s. Po (również niepozbawionej dramaturgii) naprawie i przebudowie aparatury osiągnięto doskonałe parametry: ciśnienie w komorze MOT2 poniżej 10^{-11} mbar i czas życia atomów w pułapce magnetycznej ok. 120 s.

Okazało się jednak, że utrudnieniem większym od wymagań eksperymentu był dorywczy charakter pracy dojeżdżającego zespołu. Sytuacja na szczęście uległa znacznej poprawie, gdy na początku 2006 r. doktorant IF UJ Andrzej Noga osiadł w Toruniu na ponad pół roku, a w październiku 2006 r. dr Michał Zawada został zatrudniony w UMK i przeprowadził się z Krakowa do Torunia. Od tego czasu eksperyment był prowadzony w systematyczny sposób i po kilku miesiącach ciągłej pracy, 2 marca 2007 r. o godzinie 20.30, wysiłki zespołu zostały uwieńczone sukcesem – zarejestrowano pierwsze dane doświadczalne świadczące niezbicie, że uzyskano kondensat Bosego–Einsteina.

Detekcja i charakterystyka otrzymanego kondensatu

Do atomów w chmurze o ultraniskiej temperaturze oczywiście nie można przyłożyć termometru ani linijki. Po pierwsze dlatego, że są umieszczone w bardzo wysokiej próżni, a po drugie, ponieważ linijka i termometr miałyby własną temperaturę o wiele większą od badanej.

Standardową metodą detekcji kondensatu BE jest oświetlenie chmury atomów wiązką światła laserowego będącego w rezonansie z przejściem atomowym i oglądanie za pomocą kamery CCD cienia atomów na tle tej wiązki. Cień ten powstaje, gdyż atomy pochłaniają fotony z wiązki – im większa gęstość atomów, tym jest głębszy. Obraz cienia jest odwzorowywany na matrycy kamery CCD za pomocą prostego układu optycznego (rys. 8).

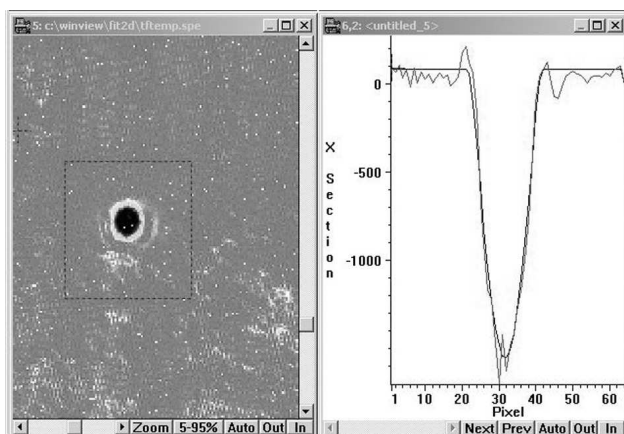


Rys. 8. Schemat detekcji kondensatu BE – układ optyczny odwzorowuje na kamery CCD cień powstały w wiązce laserowej w wyniku jej absorpcji przez atomy

Jeżeli atomy będące pierwotnie w pułapce zostaną z niej uwolnione, to zaczną po pierwsze spadać pod wpływem grawitacji, a po drugie „rozbiegać się” we wszystkich kierunkach. To rozbieganie się odzwierciedla rozkład prędkości, jaki był w chmurze atomów znajdujących się w pułapce (czyli jej temperaturę). Jeżeli więc zrobimy absorpcyjne „zdjęcie” atomów w jakiś czas po wypuszczeniu ich z pułapki, to otrzymamy informację właśnie o rozkładzie pędu, jaki istniał w spuławkowanej chmurze. Zakładając jedynie rodzaj rozkładu pędu w chmurze (dla chmury jeszcze nieskondensowanej jest to rozkład Gaussa wynikający z rozkładu Maxwella–Boltzmanna), możemy z dużą dokładnością wyznaczyć z takiego zdjęcia liczbę atomów, ich gęstość, temperaturę i rozmiary chmury.

Chmura termiczna (czyli klasyczny gaz atomowy, jeszcze przed kondensacją) i kondensat BE mają zupełnie różne rozkłady pędowe. Kondensat ma rozkład Thomasa–Fermiego, odpowiadający z grubsza odwróconej paraboli. Pojawienie się go jest pierwszą i chyba najbardziej spektakularną oznaką zajścia kondensacji (rys. 9), podczas której obserwuje się wyraźne przejście fazowe między obydwoma rozkładami. Kondensat przez nas otrzymywany ma około 100 tys. atomów i powstaje przy temperaturze poniżej 250 nK. Przy tej temperaturze zaczyna zachodzić przejście fazowe. Poniżej temperatury 70 nK obserwujemy już czysty kondensat BE (rys. 10).

O ile chmura atomów termicznych w czasie swobodnego spadku dość szybko przyjmie kształt sferycznie symetryczny, o tyle kondensat BE, jako obiekt kwantowy, a nie klasyczny, zachowa się zupełnie inaczej. Jeżeli, tak jak w naszym przypadku, kondensat miał w pułapce kształt leżącego poziomo cygara, to po krótkim czasie spadania można zaobserwować, że zaczyna być wydłużony w kierunku pionowym! Jest to bezpośrednia konsekwencja zasady nieoznaczoności Heisenberga. Kondensat w pułapce w kierunku pionowym miał dobrze określone położenie, a więc musiał mieć dużą nieokreśloność pędu. To właśnie



Rys. 9. Przykładowe zdjęcie kondensatu BE (po lewej) oraz jego poziomy przekrój (po prawej); różne stopnie szarości na zdjęciu reprezentują różne natężenia światła rejestrowane przez kamerę

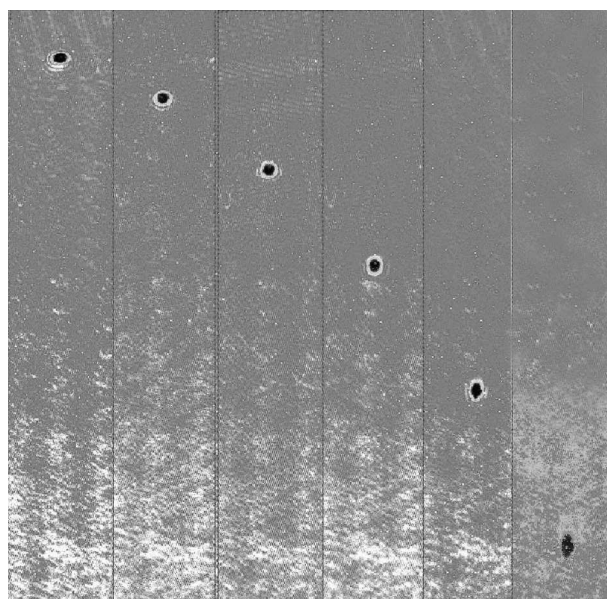


Rys. 10. Trójwymiarowe mapy rozkładów pędowych w przypadku (od lewej): chmury atomów termicznych ($T = 500$ nK), przejścia fazowego ($T = 250$ nK) i czystego kondensatu BE ($T < 70$ nK)

jest przyczyną szybszego rozbiegania się atomów w kondensacie w kierunku pionowym niż poziomym (rys. 11).

Dalsze perspektywy

Zbudowanie aparatury i doprowadzenie jej do stanu, w którym możliwe jest wytwarzanie i badanie kondensatu Bosego–Einsteina, to oczywiście dopiero początek nowej epoki. Epoki, w której możliwe jest prowadzenie w Polsce badań doświadczalnych na światowym poziomie w niezwykle żywo rozwijającej się dziedzinie. Jak szybko uda się nam w tym rozwoju zaznaczyć istnienie Krajowego Laboratorium FAMO, zależy od wielu czynników – głównie zaangażowania młodych ludzi, którzy w KL mogą znaleźć szansę na ciekawą pracę. Pierwsze plany zespołu obejmują badania efektów zderzeniowych i koherencji fal materii bozonowej. Następne, do których realizacji już przystępujemy wspólnie z innym zespołami z KL FAMO (Czesław Radzewicz, Konrad Banaszek, Roman Ciuryło), to ul-



Rys. 11. Zdjęcia opadającego kondensatu BE (co 5 ms) – kondensat ściśnięty pierwotnie w kierunku pionowym (o dobrze określonym położeniu) ma zgodnie z zasadą Heisenberga dużą nieokreśloność pędu, co prowadzi do szybszego rozbiegania się atomów w tym kierunku

traprecyzyjne pomiary (m.in. ultrastabilny zegar atomowy nowej generacji) z zimnymi atomami strontu i rubidu oraz grzebieniem częstości [10,11].

Literatura

- [1] J. Zachorowski, T. Pałasz, W. Gawlik, *Postępy Fizyki* **49**, 338 (1998).
- [2] S. Chu, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 685 (1998); przekład polski: *Postępy Fizyki* **50**, 113 (1999).
- [3] C. Cohen-Tannoudji, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 707 (1998); przekład polski: *Postępy Fizyki* **50**, 2 (1999).
- [4] W.D. Phillips, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 721 (1998); przekład polski: *Postępy Fizyki* **49**, 297 (1998).
- [5] W. Gawlik, *Postępy Fizyki* **53D**, 54 (2002)**.
- [6] E.A. Cornell, C.E. Wieman, *Rev. Mod. Phys.* **74**, 875 (2002); przekład polski: *Postępy Fizyki* **53**, 221 (2002).
- [7] W. Ketterle, *Rev. Mod. Phys.* **74**, 1131 (2002); przekład polski: *Postępy Fizyki* **54**, 11 (2003)**.
- [8] M. Inguscio, *Proc. of Science* (EMC2006) 008.
- [9] E. Majorana, *Nuovo Cimento* **9**, 43 (1932).
- [10] J.L. Hall, *Rev. Mod. Phys.* **78**, 1279 (2006); przekład polski ukaże się wkrótce w *Postępiach Fizyki*.
- [11] T.W. Hänsch, *Rev. Mod. Phys.* **78**, 1297 (2006); przekład polski: *Postępy Fizyki* **58**, 111 (2007)**.

**Pełny tekst na stronie postepy.fuw.edu.pl.

Moje pierwsze 50 lat na Hożej

Rozmowa z Andrzejem Trautmanem

My first fifty years at Hoża – interview with Andrzej Trautman

Rozmowa ta odbyła się z inicjatywy Piotra Kielanowskiego 14 września 2004 r., a okazją do jej przeprowadzenia były 70. urodziny prof. Trautmana przypadające w 2003 r. Piotr Kielanowski od ukończenia studiów na Wydziale Matematyki i Fizyki UW w roku 1967 do roku 1996 pracował w Instytucie Fizyki Teoretycznej UW na Hożej, od 1995 r. jest profesorem tytularnym w Centrum Studiów i Badań Zaawansowanych Politechniki Meksykańskiej (CINVESTAV) w Mexico City, a od 1999 r. również profesorem Uniwersytetu w Białymstoku. Agnieszka Martens, która zrobiła niedawno doktorat u prof. Jana Sławianowskiego (jest więc „naukową wnuczką” prof. Trautmana), pracuje w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.



Piotr Kielanowski, Andrzej Trautman i Agnieszka Martens przed wejściem „na Hożę”

Piotr Kielanowski, Agnieszka Martens [PK, AM]

– Jakie było Pana dzieciństwo, szkoła i droga do uniwersytetu?

Andrzej Trautman [AT] – Urodziłem się w 1933 roku, więc kiedy wybuchła wojna, miałem 6 lat i właśnie pierwszy raz wybierałem się do szkoły na rozpoczęcie roku. Mieszkaliśmy wtedy w Warszawie na Ochocie. Mój Ojciec był artystą malarzem, a nasz dom – istniejący do dziś – przy ul. Filtrowej 83 należał do Spółdzielni Mieszkaniowej Artystów Plastyków. Nasze mieszkanie było jedną wielką pracownią, w której Ojciec mieszkał jeszcze jako kawaler. Nasze życie było dość skromne; utkwiło mi w pamięci, że budżet rodzinny wynosił ok. 300 zł miesięcznie, z czego 80 zł stanowiły opłaty za mieszkanie.

PK, AM – Czy zachowały się prace Ojca?

AT – Niestety, zachowało się ich bardzo niewiele, bo większość była w Warszawie, u nas, u rodziny i przyjaciół, więc uległa zniszczeniu w czasie Powstania. Te, które były poza Warszawą, ocalały i dzięki temu mam trochę obrazów Ojca.

Na wakacje wyjeżdżaliśmy na wieś i wynajmowaliśmy mieszkanie, a właściwie izbę u chłopów. W 1939 r. spędziliśmy wakacje we wsi Krzczonów pod Lublinem. Gdy w sierpniu już było widać, że zbliża się wojna, rodzice postanowili, że Mama i ja pojedziemy do Warszawy po rzeczy na zimę, którą zamierzaliśmy spędzić na wsi. Niestety, wojna zastała nas w stolicy, a Ojciec został na wsi. Obłężenie i bombardowanie Warszawy było bardzo

traumatycznym przeżyciem, ale nic nam się nie stało. Po wkroczeniu Niemców, pod koniec października, wróciliśmy z Mamą na wieś z pewną ilością zabranych rzeczy i tam spędziliśmy trzy zimy.



Andrzej Trautman (1942)

W 1941 r. Ojciec zmarł w szpitalu na serce w wieku 57 lat. Wiosną 1942 r. Mama i ja wróciliśmy do Warszawy. W związku z brakiem pieniędzy oraz pracy Mama sprzedała mieszkanie spółdzielcze i przenieśliśmy się do wynajętego, bardzo skromnego mieszkania przy ulicy Grzybowskiej. Naukę rozpocząłem jeszcze w Krzczonowie, po czym w połowie III klasy poszedłem do dobrej szkoły prywatnej prowadzonej na Ochocie w Warszawie przez siostry Goldmannówny. Ukończyłem tam IV i V klasę. Powstanie Warszawskie wybuchło w czasie naszej wizyty u znajomych przy ulicy Filtrowej, w tym samym domu, w którym kiedyś mieszkaliśmy, lecz w innym mieszkaniu. W tej okolicy działała na służbie hitlerowców brygada Rosjanina Kamińskiego; przez pierwszy tydzień Powstania rozstrzeliwano wszystkich wyprowadzanych z domów Polaków. Egzekucji zaprzestano dopiero ósmego dnia Powstania. Dosłownie w ostatniej chwili, gdy byliśmy już ustawieni pod ścianą, podszedł do dowódcy żołnierz i powiedział, że już nie trzeba.

Skoro było pytanie o dzieciństwo, to może opowiem o jeszcze jednej rzeczy, która jak sądzę była przełomowa w moim życiu. Mianowicie, mając 10 lat, w listopadzie 1943 r. dostałem na imieniny prezent. Była to niewielka suma pieniędzy, za które chciałem sobie kupić książkę. Poszedłem w tym celu do księgarni (chyba Gebethnera i Wolffa). Spędziłem tam dużo czasu – wahałem się między dwiema książkami: pierwszą była powieść młodzieżowa, a drugą książka popularnonaukowa. Kupiłem tę pierwszą, lecz po powrocie do domu szybko stwierdziłem, że to nie jest to, co mnie interesuje. Szybko pobiegłem z powrotem i wymieniłem książkę na tę drugą. O ile pamiętam, była to książka *Świat ssaków*. I to był taki punkt zwrotny w moim życiu, ponieważ od tego czasu kupowałem już tylko książki popularnonaukowe, a później naukowe.

Nasze życie w czasie okupacji było ciężkie. Po upadku Powstania wywieziono nas do obozu przejściowego w Pruszkowie, później obozu we Wrocławiu, wtedy Breslau. Przydzielono nas do pracy na niemieckiej farmie. Było tam zapotrzebowanie wyłącznie na pracowników fizycznych, a nie na kobiety z dziećmi, lecz mimo to przyjęto nas po ludzku, dostaliśmy pierwszy od tygodni przyzwoity posiłek i posłanie, ale następnego dnia odesłano nas z powrotem do Wrocławia. Potem Mama pracowała w kopalni kaolinu w Niesky na Łużycach. Była to ciężka, fizyczna praca, rujnąca jej zdrowie. Mieszkaliśmy w fatalnych warunkach. Po kilkadziesiąt osób w baraku, bez żadnych urządzeń sanitarnych. Wszędzie panował brud. Pamiętam, że zachorowałem na coś podobnego do szkorbutu. Choroba objawiała się ropieniem palców pod paznokciami. Później, chyba dlatego, że się zbliżał front, przewieziono nas do Weisswasser, gdzie była huta szkła. Mama pracowała tam jako pakowaczka, też ciężko fizycznie.

W kwietniu 1945 r. gdy zbliżał się front, Niemcy wszystkim swoim pracownikom kazali po prostu iść w kierunku zachodnim. Zgodnie z tym dziwnym i bezsensownym rozkazem wyruszyliśmy pieszo. Przeszliśmy około 100 km i gdzieś w okolicach Drezna dogoniły nas rosyjskie wojska. Od tego momentu rozpoczął się powrót. Szliśmy ok. 20 km dziennie. Wszędzie były opuszczone przez Niemców domy. Można było do nich wejść, spokojnie przenocować i znaleźć coś do jedzenia. Na początku maja 1945 r. dotarliśmy do Legnicy, gdzie były już załóżki władzy polskiej. Tam też zastał nas dzień 8 maja, w którym ogłoszono koniec wojny. Władze zachęcały wszystkich do pozostania i osiedlenia się na tych terenach. Przydzielono nam skromne poniemieckie mieszkanie, a Mama dostała pracę w kuchni przy jakiejś stołówce, więc mieliśmy też jedzenie. Wydawało się nam, że już tam zostaniemy na stałe. Trwało to około jednego lub dwóch miesięcy (dokładnie nie pamiętam), do czasu, gdy Konstanty Rokossowski postanowił stworzyć w Legnicy główną kwaterę wojsk radzieckich w Polsce. W związku z tym nakazano wszystkim Polakom opuszczenie miasta. Dobrze było o tyle, że nie musieliśmy iść pieszo, lecz załadowano nas wszystkich na samochody i przewieziono do Jeleniej Góry, która – co ciekawe – nie była opuszczona. Byli prawie wszyscy mieszkający tam Niemcy i dokwaterowano nas po prostu do mieszkańców. Niemieckich mieszkańców usunięto dopiero później. Pamiętam, że działały wtedy jeszcze sklepy niemieckie, w których nie chciano przyjmować polskich pieniędzy, lecz żądano płacenia w markach. Szans na pracę nie było z powodu niejasności co do tego, gdzie będą przebiegać granice państwa. W związku z tym Mama postanowiła, że wrócimy do Lublina, gdzie mieszkał z rodziną brat mego Ojca. Podróż pociągiem z przesiadkami trwała około 3 dni. Pracy dla Mamy też tam nie było. Pomimo że miał własną rodzinę na utrzymaniu, stryj Stefan bardzo nam pomagał. Był już sierpień 1945 r., więc Mama postanowiła wysłać mnie do szkoły. Poszedłem do I klasy gimnazjum. Nie miałem ukończonej VI klasy szkoły powszechnej, więc musiałem zdawać eg-



Eliza i Mieczysław Trautmanowie

zamin wstępny. Perspektywy na przyszłość wciąż nie były za dobre z powodu braku pracy. Mama nawiązała wtedy kontakt ze swoją matką, Reginą André, oraz siostrą Estelle, które wówczas mieszkały w Paryżu. Może nie wspominałem wcześniej, lecz z pochodzenia jestem ćwierć-Francuzem. Rodzice mojej Mamy to była Polka – Regina z domu Szymońska – i Francuz, Marius André. Mieszkali oni we Francji (dziadek w tym czasie już nie żył). Właściwie to moja Mama urodziła się w 1904 r. w Hiszpanii, ponieważ dziadek był dyplomatą i pracował akurat w konsulacie w Kartagenie.



Marius André, dziadek ze strony matki, w mundurze galowym francuskiego konsula

PK, AM – Zadamy wobec tego krótkie pytanie: jak pańska Mama się znalazła w Polsce?

AT – Dziadkowie często podróżowali, co nie wpływało korzystnie na dzieci, i wobec tego postanowili przynajmniej jedną córkę wysłać na stałe do Polski, do ciotki Niny, siostry mojej babki. Ciotka mieszkająca na stałe w Warszawie obiecała zaopiekować się dzieckiem oraz wysłać do polskiej szkoły. I tak też się stało. Mama przyjechała do Warszawy chyba w 1914 r. przed samym wybuchem I wojny światowej. Nie było do końca jasne, czy ma zostać na stałe w Polsce, ale jednak została, może trochę z powodu wojny, lecz chyba po prostu dobrze się tu czuła.

Wracając wspomnieniami do 1945 r., we Francji przy pomocy rodziny z trudem, ale jakoś się urządziliśmy. Nie była to pomoc duża, ponieważ rodzina Mamy wcale nie była zamożna. Początkowo mieszkaliśmy u ciotki Estelle przy rue Bonaparte, potem Mama dostała pracę na pocztę przy sortowaniu listów i wynajęła skromny pokój przy rue des Saints-Pères, na poddaszu – pomieszczenie przeznaczone dla służącej (*chambre de bonne*). Ja natomiast rozpocząłem naukę w szkole znajdującej się w La Courtine, przy obozie Wojska Polskiego na Zachodzie. Było to gimnazjum i liceum dla żołnierzy. Ja zostałem przyjęty w drodze wyjątku. Trafiłem do IV klasy gimnazjum i na końcu roku szkolnego 1946/47 zdałem egzamin nazywany wtedy małą maturą. W latach 1947–49 uczyłem się w Liceum Polskim przy rue Lamandé w Paryżu, szkole prowadzonej przez polską ambasadę i finansowanej przez Warszawę. Szkoła ta była przeznaczona głównie dla dzieci polskich górników, licznie pracujących wtedy we Francji.

Po maturze w 1949 r., podobnie jak wielu moich kolegów, podjąłem decyzję o powrocie do Polski i rozpoczęciu studiów w Warszawie. Nie widziałem możliwości studiowania we Francji z przyczyn głównie materialnych. Mama straciła pracę na pocztę, a francuskie uczelnie prawdopodobnie nie uznałyby matury z polskiego liceum. Przed maturą zastanawiałem się, co studiować. Od dawna miałem pociąg do fizyki i matematyki, byłem zafascynowany książką popularnonaukową z fizyki przeczytaną jeszcze we Francji: była tam mowa o mechanice kwantowej, teorii względności i kosmologii. Czułem się dość pewnie w przedmiotach ścisłych i już wtedy wiedziałem, że powinienem studiować matematykę lub fizykę. Moja nauczycielka fizyki zniechęciła mnie, niestety, do takich studiów, mówiąc: „Słuchaj, jak skończysz fizykę lub matematykę, to zostaniesz nauczycielem gimnazjalno-licealnym tak jak ja, a ja ci mówię, że to jest bardzo nieciekawo i niewdzięczny zawód”. Gdy to usłyszałem, jako jeszcze głupi 16-latek wybrałem się tam, gdzie większość moich kolegów. Prawie wszyscy szli na Politechnikę, więc i ja po powrocie do Warszawy rozpocząłem studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Specjalizowałem się w telekomunikacji, słabych prądach; później z tej specjalności powstał Wydział Łączności, a teraz jest to Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych.

Mama dostała pracę w małej miejscowości na Ziemach Odzyskanych; zostałem sam w Warszawie. Z racji tego, że wróciliśmy z Francji, ja i moi koledzy dostaliśmy miejsca w akademiku i stypendia nieco wyższe niż inni studenci. Ale studia na Politechnice były bardzo ciężkie i mało interesujące. Obowiązywała nas tzw. dyscyplina studiów. Musieliśmy chodzić nie tylko na wszystkie ćwiczenia, pracownie, laboratoria, ale i na wszystkie wykłady: sprawdzano na nich obecność. Trudności sprawiał mi rysunek techniczny. Nie wiem, czy ten przedmiot do dziś istnieje, bo używa się powszechnie komputerów, ale ja musiałem wtedy tuszem rysować na brystolu bardzo precyzyjne rysunki. Pod koniec I roku już wiedziałem, że to nie jest to. Miałem przyjaciela, Włodka Zycha, który później został profesorem fizyki na Politechnice. Razem z nim po-

stanowiliśmy studiować równolegle fizykę. Był rok 1950, o przeniesieniu się na inne studia w ogóle nie było mowy. Obowiązywała wtedy zasada, że jak się dostało na studia, to trzeba je było terminowo ukończyć. Ale my w swej naiwności uważaliśmy, że damy radę studiować równocześnie oba kierunki, i zaczęliśmy się o to starać. Chodziliśmy w tej sprawie do wielu profesorów, rektorów, dziekanów; szczególnie pamiętna była wizyta u profesora Stefana Pieńkowskiego. Przyjął on nas bardzo dobrze, ostrzegał, że studia fizyki są bardzo trudne, ale poparł nasze starania. Byliśmy też w Ministerstwie u różnych dyrektorów, urzędników, trwało to chyba ze trzy miesiące, ale zdobyliśmy wszystkie możliwe podpisy i dokumenty, jakie nam kazano zebrać. Złożyliśmy je drogą służbową na Politechnice i po dwóch miesiącach otrzymaliśmy odpowiedź: „Ze względu na obowiązującą dyscyplinę studiów podanie obywatela o równoległe studiowanie dwóch kierunków zostaje załatwione odmownie”. I tak się właściwie sprawa zakończyła, ale muszę powiedzieć, że dobrze się stało, bo chyba nie dalibyśmy rady.

Z naszym zainteresowaniem fizyką wiąże się jeszcze taki epizod: w 1951 r. wrócił z Kanady do Polski Leopold Infeld i jesienią rozpoczął wykłady. Dowiedzieliśmy się, że będzie miał wykład z teorii względności; poszliśmy z Włodkiem go posłuchać. Wykład był w małej salce; było może 10 słuchaczy. W pewnym momencie Infeld zapytał: „Kiedy można formę $g_{\mu\nu}dx^\mu dx^\nu$ przez przekształcenie współrzędnych sprowadzić do postaci Minkowskiego?”. Tylko jeden słuchacz, o śniadej cerze i kruczoczarnych włosach, podniósł rękę i powiedział: „Wtedy, kiedy znika tensor Riemanna–Christoffela”. Zrobiło to na profesorze Infeldzie duże wrażenie. Kilka lat później mieliśmy na Politechnice wykład „Wstęp do fizyki teoretycznej”. Byłem mile zdziwiony, rozpoznając w wykładowcy, doktorze Jerzym Plebańskim, owego studenta, który w 1951 r. już wiedział wszystko o geometrii Riemanna. W roku 1952 skończyłem studia inżynierskie, a na początku 1953 r. rozpocząłem studia magisterskie. Na Politechnice, jak i na innych uczelniach, był wtedy duży niedobór kadry i przyjmowano studentów na stanowisko „zastępcy asystenta”. Ich obowiązki były niewielkie, bo musieli mieć czas na naukę; ja też zostałem takim zastępcą asystenta najpierw przy Katedrze Radiolokacji, której kierownikiem był interesujący człowiek, prof. Paweł Szulkin.

PK, AM – Czy prof. Janusz Groszkowski działał wtedy na uczelni?

AT – Tak, oczywiście. Był aktywnym profesorem, zdawałem u niego egzamin z teorii lamp elektronowych. Pamiętam, że na jednym z wykładów o lampach elektronowych, gdzie była mowa głównie o triodach, tetrodach i pentodach, Groszkowski powiedział: „Muszę państwu wspomnieć o nowości, która się niedawno pojawiła, jest to tranzystor. Wiemy, jak on działa i być może, w przyszłości, odgrywać będzie znaczną rolę”. Choć od jego wynalezienia minęło już kilka lat, profesor powiedział to nam pod koniec wykładu jako pewną ciekawostkę. Zdaję sobie sprawę z tego, że cała moja wiedza inżynierska nabyta

na Politechnice jest dziś zupełnie bezwartościowa. Gdybym chciał teraz wykonywać wyuczony zawód inżyniera, to bym się nie nadawał absolutnie do niczego. Z fizyką jest jednak inaczej: wiedza sprzed 50 lat ma ciągle wartość.

Po pierwszym roku asystentury w Katedrze Radiolokacji przeniosłem się do Katedry Matematyki Stosowanej, także na Politechnice. Jej kierownikiem był bardzo sympatyczny docent Tadeusz Wróbel (zmienił później nazwisko na Trajdos), interesujący się geometrią różniczkową – sporo się od niego nauczyłem. Pracowałem tam około dwóch lat. Była to praca niezbyt wdzięczna, typowo dydaktyczna – musiałem prowadzić ćwiczenia i uczyć studentów algebry oraz rachunku różniczkowego, ale dzięki temu trochę się zbliżyłem do matematyki. Wtedy właśnie, w 1954 r., postanowiłem, że będę jednak studiował drugi fakultet, a pod wpływem pracy w Zakładzie Matematyki wybrałem matematykę, która jest do studiowania łatwiejsza w tym sensie, że nie wymaga pracy laboratoryjnej. Ciekawe było to, że w 1954 r. tuż po śmierci Stalina, czyli jeszcze w głębokim komunizmie, w Polsce już powoli zaczynało się coś zmieniać. Dzięki temu po złożeniu podania o równoległe studiowanie dwóch kierunków uzyskałem łatwo zgodę. Rozpocząłem studia matematyczne na III roku i w ciągu jednego roku akademickiego zaliczyłem prawie wszystkie wykłady z dwóch pierwszych lat.

W roku akademickim 1954/55 pisałem pracę maderską na Politechnice pod kierunkiem Plebańskiego. Temat tej pracy pochodził od profesora Wojciecha Rubinowicza: dotyczył twierdzenia o jednoznaczności rozwiązań pewnego typu równań różniczkowych hiperbolicznych. W czasie pracy nad magisterium prof. Plebański zaproponował mi, bym po obronie pracy rozpoczął aspiranturę (studia doktoranckie) w Instytucie Fizyki Teoretycznej przy ul. Hożej. Oczywiście propozycję tę przyjąłem z wielką radością: zaczynały spełniać się moje marzenia o pracy naukowej w dziedzinie fizyki. Od 1 października 1955 r. byłem już w grupie Infelda na Hożej i zrezygnowałem z dalszego studiowania matematyki – zdałem prawie wszystkie egzaminy, lecz nie napisałem pracy magisterskiej.

Powinienem jeszcze wspomnieć o moich zapatrywaniach politycznych. Pod wpływem pobytu w polskim liceum w Paryżu, gdzie było dużo dzieci z rodzin górniczych, o socjalistycznych lub nawet komunistycznych poglądach, zbliżyłem się do lewicy. Za komunistę nigdy się nie uważałem, ale socjalizm był mi bliski. Wstąpiłem w 1948 r. do OMTUR-u, czyli Organizacji Młodzieżowej Towarzystwa Uniwersytetów Robotniczych. To była taka młodzieżowa przybudówka Polskiej Partii Socjalistycznej. Wkrótce potem nastąpiło w Polsce zjednoczenie organizacji młodzieżowych i powstał Związek Młodzieży Polskiej; podobnie zostały zjednoczone organizacje młodzieżowe we Francji. W ten sposób znalazłem się w działającej tylko we Francji organizacji ZMP Grunwald. Miałem poglądy wyraźnie lewicowe, socjalistyczne, ale nigdy nie byłem zwolennikiem dyktatury i metod stosowanych w komunizmie. Na Politechnice Warszawskiej działałem w ZMP (początkowo był to ZAMP, tzn. Związek Akade-

micki Młodzieży Polskiej). Byłem przez pewien czas kierownikiem wydziału nauki zarządu uczelnianego. W roku 1952 wstąpiłem do PZPR. Byłem członkiem tej partii aż do 1981 r. Oddałem legitymację w dzień po zabójstwie górników w kopalni „Wujek”.

Jeśli chodzi o moją działalność w partii, to po śmierci Stalina oraz po referacie Chruszczowa na XX Zjeździe KPZR straciłem wszelkie złudzenia co do humanitarnych aspektów partii, komunizmu i „realnego socjalizmu”. Właściwie już wtedy chciałem wystąpić z partii, ale zawsze gdy zaczynałem o tym mówić, spotykałem się z naciskiem ze strony kolegów. Przekonywali mnie, że to właśnie teraz partia będzie się odradzać, tacy ludzie jak ja będą bardzo potrzebni i będziemy teraz wspólnie tworzyć ten „dobry socjalizm”. Ja w ogóle jestem człowiekiem łatwo ulegającym wpływowi innych. Pierwszy raz to wystąpiło, gdy dałem się przekonać nauczycielce, by nie studiować matematyki lub fizyki, potem gdy dwukrotnie chciałem wystąpić z PZPR w 1956 i 1968 r. Pamiętam, że w 1968 r. wywarł na mnie nacisk prof. Józef Werle. Powiedział: „Ty jesteś tam potrzebny, ty będziesz chronić Instytut”. Wydaje mi się, że przez moją działalność w PZPR nigdy nikogo nie skrzywdziłem; przeciwnie, sporo osób w różnych sytuacjach wybroniłem. Kilka lat temu było na Politechnice spotkanie studentów z mojego rocznika. Mój przyjaciel Włodek Zych, o którym już wspomniałem, powiedział mi: „Pewnie tego nie pamiętasz, ale kiedyś, w czasie naszych wspólnych studiów, było zebranie ZMP, na którym zaczęto krytykować jednego z naszych kolegów za to, że chodzi do kościoła. Ty wtedy podniosłeś rękę i powiedziałeś, że w statucie ZMP nigdzie nie jest napisane, że członek ZMP nie może być wierzący i nie może chodzić do kościoła. To mnie wtedy bardzo ucieszyło, gdyż ja też chodziłem do kościoła, o czym wiele osób wiedziało. Czułem, że będę tym następnym atakowanym”. Inny przykład: gdy mieszkałem jeszcze w domu akademickim przy pl. Narutowicza, jeden ze studentów w sąsiednim pokoju słuchał zagranicznego radia, chyba BBC. Ktoś podobno na niego doniósł i chciano go z akademika usunąć. Gdy spotkałem tego kolegę kilkanaście lat temu, dziękował mi za to, że go wtedy obroniłem.

Gdy byłem dyrektorem Instytutu Fizyki Teoretycznej UW (1975–85), było mnóstwo spraw, np. paszportowych, wymagających mojej interwencji, która często – choć nie zawsze – była skuteczna. Pamiętam np. trudności z wyjazdem Wojtka Kopczyńskiego, jednego z moich pierwszych uczniów. Po doktoracie wyjechał on do Francji, na skromne 9-miesięczne stypendium. Później, po ok. 2 latach, otrzymał stypendium Fundacji Humboldta, ale odmówiono mu zgody na wyjazd. Zadzwoiłem do Wydziału Nauki KC (oficjalnie odmówiło Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego, ale w rzeczywistości takie decyzje zapadały w KC). Powiedziano mi: „My musimy ucinąć kominy wyjazdowe”. Znaczyło to, że ktoś tam „na górze” wygłosił tezę o szkodliwości „kominów wyjazdowych”. Musiałem długo tłumaczyć, że staże zagraniczne są najbardziej wartościowe dla młodych pracowników. Wojtek w końcu pojechał do Kolonii. Inny przykład: gdy byłem wicepreze-

sem Polskiej Akademii Nauk, dostałem list od wielkiego Feynmana. Poznałem go w 1962 r. na konferencji ogólnej teorii względności w Jabłonie. Napisał on w liście, że w Caltechu jest znakomita polska studentka (jej nazwiska nie pamiętam) z Gdańska, z której Caltech jest bardzo zadowolony, a ona też chciałaby jeszcze dłużej tam studiować. Niestety, polscy urzędnicy odmówili jej przedłużenia ważności paszportu. W związku z tym Feynman prosił mnie o pomoc w tej sprawie. Znowu musiałem rozmawiać z pracownikami wydziału nauki KC. Inna ważna sprawa, w której udało mi się coś zrobić, dotyczy Szymona Suckewera. Pracował on jako fizyk, specjalista w dziedzinie teorii plazmy, w Instytucie Badań Jądrowych i miał bliskie kontakty z grupą Sylwestra Kaliskiego, próbującego zrealizować kontrolowaną syntezę termojądrową. W roku 1968 Suckewer zaczął być szykanowany z racji swego żydowskiego pochodzenia i postanowił wyjechać z Polski. Był to czas, kiedy wielu Żydów wręcz zachęcano do wyjazdu, ale jemu odmówiono. Powodem miała być jego znajomość tajnego programu badawczego o rzekomym znaczeniu strategicznym. Z trudem, ale udało mi się przekonać Kaliskiego, że wyjazd Suckewera nie stworzy dla niego zagrożenia. Dziś Szymon Suckewer jest bardzo cenionym profesorem fizyki plazmy na Uniwersytecie w Princeton. Od czasu do czasu przysyła mi życzenia świadczące o tym, że pamięta o tej mojej pomocy.

Skoro wspominałem o mojej pracy na stanowisku dyrektora IFT UW, to pragnę dodać, że wielkiej pomocy udzielał mi swoim trudem i radami Grzegorz Białkowski, późniejszy rektor UW i senator RP. Zawsze mogłem też liczyć na współpracę i pomoc ze strony Stefana Pokorskiego i Zygmunta Ajduka.

Wspomnę jeszcze o jednym drobnym szczególe i incydencie związanym z moimi zainteresowaniami pozanaukowymi. W młodości interesowałem się trochę metodologicznymi aspektami nauki i filozoficznymi zagadnieniami fizyki. W czasie moich studiów doktoranckich (1955–59) była w Polsce grupa filozofów marksistów, którzy się tymi zagadnieniami zajmowali. Należeli do niej m.in. zmarły niedawno prof. Stefan Amsterdamski i pani prof. Helena Eilstein. Za jej namową zgodziłem się zorganizować na Hożej seminarium poświęcone właśnie takim filozoficznym aspektom fizyki, na którym ona miała odegrać wiodącą rolę. Gdy zająłem się przygotowaniem do tego seminarium i zarezerwowałem salę, dowiedział się o tym Infeld i wezwał mnie do siebie. Zbeształ mnie tak jak nikt przedtem i nikt potem. „Co pan tutaj robi?! To są ludzie niemający pojęcia o fizyce, którzy chcą nas zniszczyć!”. Rzeczywiście, w czasach stalinowskich odbywały się konferencje w Spale, gdzie marksistowskie filozofie atakowały mechanikę kwantową, teorię względności itp. Oczywiście było to odbiciem tego, co działo się w Związku Radzieckim. Sam nie byłem na tych spotkaniach, ale są z nich opublikowane sprawozdania. Wydaje mi się jednak, że pani Eilstein nie zamierzała nas uczyć interpretacji mechaniki kwantowej, lecz chciała tylko podyskutować, powiedzieć, co ona myśli na ten temat. W sumie było to nieszkodliwe i ja też brałem udział w kilku takich

seminariach; niektóre były całkiem ciekawe. Powinienem wspomnieć, że pani Helena Eilstein, jak wielu Żydów, wyjechała – była zmuszona do wyjazdu – z Polski w 1968 r. Miała wielkie trudności ze znalezieniem pracy na Zachodzie, lecz w końcu dostała posadę w Albuquerque (Nowy Meksyk), gdzie była profesorem od ok. 1970 r. do 1995 r. Po przejściu na emeryturę wróciła do Warszawy i pracuje w redakcji czasopisma o tematyce filozoficznej.

PK – Słyszałem kiedyś, że na jednym z takich seminariów podczas wystąpienia pani Eilstein, prof. Infeld wstał, publicznie powiedział: „To wszystko są bzdury” i wyszedł. Czyli był wręcz aktywnie wrogi wobec marksistów.

AT – Tak, to prawda. Moim zdaniem był w uzasadniony sposób wrogi do 1955 r., ale później oni się zmienili.

W początkowym okresie studiów doktoranckich obawiałem się, że po ich zakończeniu będę musiał opuścić Hożę. Profesor Infeld powiedział mi wtedy: „Zrobi Pan u nas doktorat, ale później wróci na Politechnikę”. W tym okresie prof. Włodzimierz Ścisłowski organizował Wyższą Szkołę Pedagogiczną w Warszawie i poszukiwał wykładowców. Zaproponował mi posadę, a prof. Infeld namawiał mnie, abym ją przyjął, czego jednak nie zrobiłem.

Temat mojej pracy doktorskiej – promieniowanie grawitacyjne – zasugerował mi prof. Jerzy Plebański. Przyjąłem to z zadowoleniem i zainteresowaniem, gdyż było to bliskie promieniowaniu elektromagnetycznemu, o którym sporo wiedziałem ze studiów na Politechnice. Zacząłem od studiowania literatury, bardzo starannie szukałem prac na ten temat, ale było ich wtedy bardzo mało.

PK, AM – A jak aktywnie brał w tym udział Infeld, czy raczej pan pracował tylko z Plebańskim?

AT – Początkowo współpracowałem głównie z Plebańskim i spędzałem z nim dużo czasu, z tym, że właściwie to głównie on mówił mi o swoich pracach. Potrafił długo opowiadać o tym, czym się zajmuje i jakie ma pomysły, a potem dodawał, że może byśmy coś z tego wykorzystali do badania promieniowania grawitacyjnego.

PK, AM – Czy Infeld był dla pana dostępny, czy niedostępny?

AT – Początkowo był dla mnie bardzo mało dostępny z różnych powodów. Po pierwsze dlatego, że był bardzo chory. To był okres, kiedy miał pierwsze kłopoty z sercem i krążeniem. Po drugie, dość często wyjeżdżał, np. odbył w tym czasie wizytę w Chinach; wyjeżdżał też w związku z Ruchem Obrońców Pokoju. W pierwszych moich latach na Hożej mój kontakt z nim był bardzo luźny, widywaliśmy się głównie na seminariach.

PK, AM – Czy przychodził regularnie na seminaria?

AT – Gdy był w Warszawie, bywał na wszystkich seminariach teorii względności i na konwersatoriach, które zainicjował i prowadził wspólnie z Rubinowiczem. Muszę jednak powiedzieć, że chociaż temat mojej pracy pochodził od Plebańskiego, to te rzeczy, które później zrobiłem na temat promieniowania, były od niego niezależne: dotarłem do nich samodzielnie, na podstawie lektury prac albo

przez rozmowy i współpracę w King's College w Londynie. Szybko nabrałem przekonania, że promieniowanie grawitacyjne istnieje i cała moja praca była skierowana na to, aby podać różne argumenty na rzecz tego poglądu. W szczególności musiałem ustosunkować się do metody przybliżeń EIH (Einsteina–Infelda–Hoffmanna) i argumentów Infelda, że człony promieniste w tej metodzie można usunąć przez przekształcenia współrzędnych. Nawiązując do pracy Josha Goldberga, udało mi się pokazać, że na ogół tego zrobić nie można, ale Infeld długo tych wyników nie akceptował. Mimo to przyjął moją rozprawę doktorską i był moim promotorem, o co Plebański miał wielki żal. Infeld, mimo że nie zgadzał się ze mną w sprawie promieniowania grawitacyjnego, udzielał mi wielkiej pomocy i wsparcia. Infeld zachęcił mnie do habilitacji w 1962 r., a później doprowadził do mojej nominacji na profesora nadzwyczajnego (1964) – w tym czasie zastępowałem go w funkcji dyrektora IFT UW, a w 1967 r. zostałem kierownikiem Katedry Teorii Względności i Grawitacji.



Przed seminarium w Sali Dużej Teoretycznej (SDT) na Hożej (1962), z Markiem Demiańskim (z prawej) i Bogdanem Mielnikiem (fot. Marek Holzman)

PK, AM – Ale jest list Infelda, gdzie jest napisane, że pana pracą kierował Plebański, a on był promotorem z powodów formalnych, i tam oprócz pana wymienia on również Bażańskiego i pana żonę.

AT – To rzeczywiście prawda, że byliśmy wszyscy bardziej pod opieką Plebańskiego niż Infelda. Ja wtedy nie wiedziałem, że fakt, kto jest promotorem, ma takie duże znaczenie; nawiasem mówiąc, Plebański i tak dostał wcześniej wszystkie tytuły profesorskie. Teraz to ma znaczenie dla młodych ludzi, którzy się ubiegają o awans i tytuł profesora, ale w owych czasach tak jeszcze nie było. Po doktoracie opublikowałem inne prace, wspólnie z Ivorem Robinsonem, zawierające opis prostych fal grawitacyjnych będących ścisłymi rozwiązaniami równań Einsteina, ale Infeld w dalszym ciągu uważał, że nie mam racji. Później współpracował nie ze mną, ale z moją żoną Różą. Opublikowali razem dwie prace, w których były

obliczenia, w ramach metody EIH, potwierdzające istnienie promieniowania grawitacyjnego i oceniające jego wielkość.

Skoro mam mówić o wszystkim, to była pewna niesympatyczna rzecz, którą Infeld zrobił. Przedstawił kiedyś na seminarium swoje argumenty za tym, że nie ma promieniowania. Zwrócił się do obecnych (oprócz mojej żony byli tam Iwo i Zosia Białynicki oraz Włodek Tulczyjew) z pytaniem, czy przekonali nas te argumenty, ale nikt tego nie potwierdził. Nasze odpowiedzi były wymijające, ale Infeld wkrótce opublikował pracę zawierającą jego argumenty, zakończoną podziękowaniem uczestnikom seminarium za to, że przyjęli jego poglądy. Infeld nie pokazał nam tej pracy przed publikacją.

Natomiast z Plebańskim współpraca była bardzo sympatyczna, nie było między nami większych różnic zdań, tyle tylko, że ja nie jestem bardzo biegły w rachunkach, natomiast on był mistrzem, oczywiście w takich niebanalnych rachunkach. Mawialiśmy na Hożej, że jeżeli jest jakieś równanie różniczkowe, którego nie potrafi rozwiązać Jurek Plebański, to tego równania nie można rozwiązać. Mnie bardziej interesowały sprawy pojęciowe i podstawowe. Zwykle jestem bardziej zadowolony, gdy dokładnie zrozumieć coś podstawowego, mimo że nie ma w tym elementu nowości, niż gdy zrobię coś nowego, drobnego, o aspekcie rachunkowym. Z tego wynikała pewna ortogonalność naszych zainteresowań i nigdy nie napisaliśmy wspólnej pracy. Trochę mnie raz Jurek zaszokował. Kiedyś przyszedł i opowiedział mi o nowym pomysle, dość ciekawym, ale drobnym. Tematem było, jak można potraktować zagadnienie dwóch ciał inną metodą przybliżenia, i powiedział wtedy: „Wiesz, ja myślę, że to nie jest jeszcze zagadnienie na Nagrodę Nobla, ale już blisko”. To właśnie trochę go charakteryzuje – Jurek stale myślał o zrobieniu rzeczy, która wstrząśnie światem.

PK – Opowiem może krótką historię o Louisie Armstrongu. Gdy leżał w szpitalu bardzo chory, umierający, i pytano go, czy będzie jeszcze grał, odpowiadał że zawsze będzie grał, wziął trąbkę, która leżała obok niego na łóżku, i zaczął grać... Tak samo prawdziwy fizyk zawsze będzie się zajmował fizyką. Dla mnie Plebański jest absolutnie stuprocentowym fizykiem i poza fizyką nie istniał dla niego świat. Podobnie jak dla każdego z nas.

AT – Plebański, gdy był prorektorem UW, wracał z urzędowania w rektoracie na Krakowskim Przedmieściu zwykle dosyć późno, około drugiej po południu, kiedy ja się zbierałem już do domu. Zwykle opowiadał przez godzinę nie o tym, co się działo w rektoracie, bo dla niego było to mało ważne, ale o tym, czym się właśnie zajmuje w fizyce lub co zrobił.

PK – Mam pytanie. Plebański miał wykłady na Politechnice. Pamiętam go z późnych lat sześćdziesiątych, kiedy wrócił z Meksyku i jako wykładowca wydawał mi się niesamowity. Bo przecież prowadził wykład z elektrodynamiki bez żadnych notatek, bez niczego, logiczne długie rachunki i się nie mylił. Czy on zawsze był taki?

AT – Tak. Wykładowcą był absolutnie wyśmienitym. Na początku wahałem się, czy studiować matematykę, czy fizykę, lecz właśnie dzięki niemu przekonałem się do fizyki. Miał czasami takie drobne wybrki, np. zapowiedział kiedyś: „Wyłożę elektrodynamikę dla fizyków w ujęciu spinorowym”. I podobno tak zrobił, co nie miało wielkiego sensu.

PK – Ten wykład był w dużej mierze oparty na jego książce *Nonlinear Electrodynamics*, którą opublikował w Nordicie. Mogę powiedzieć, że nie zaszkodziło to studentom, bo to był rok Wódkiewicza, Mostowskiego, Brojana, Arkuszewskiego, ale wykład był taki, że studenci drętwieli i ja też, bo również tego nie znałem.

AT – On naprawdę był bardzo dobry; wykład Jurka na Politechnice był na bardzo wysokim poziomie, ale bez udziwniania, które zdarzało się później.

PK, AM – Jesteśmy w latach pięćdziesiątych. Wtedy w Instytucie oprócz Plebańskiego był prof. Józef Werle, prof. Wojciech Królikowski, prof. Iwo Białynicki-Birula. Jak się wtedy układała między nimi współpraca?

AT – Białynicki brał czynny udział w seminariach infeldowskich, był bardzo blisko Infelda, ale zajmował się elektrodynamiką i kwantową teorią pola, nie teorią grawitacji.

PK, AM – Ale kto był jego promotorem?

AT – Promotorem był Infeld, ale Iwo nie był relatywistą, spinory to była najbliższa rzecz wspólna z Infeldem.

PK, AM – A jak się układała współpraca między młodymi ludźmi w Instytucie?

AT – Współpraca wśród młodych układała się nieźle. Często ześmy rozmawiali, szczególnie grupa: Białynicki, Tulczyjew, jego żona Baśka i ja. Bażański w mniejszym stopniu, ale on był trochę na uboczu. Myśmy bardziej się ze sobą kontaktowali. Pamiętam, że nawet wyjeżdżaliśmy razem na wspólne wczasy. Byliśmy razem w górach, na Mazurach, więc były to bardzo bliskie kontakty. Ja z Tulczyjewem miałem może najbliższe, a ponieważ był on relatywistą, napisaliśmy drobną wspólną pracę. Ale Tulczyjew był człowiekiem trudnym do współpracy. Potrafił np. wylać mi kubek zimnej wody na głowę i powiedzieć: „Jaka to szkoda, że ty zajmujesz się takimi nieciekawymi rzeczami”. Zdarzyło się to podczas naszego pobytu w Londynie na stażu podoktorskim w grupie Abdusa Salama w Imperial College. Nazywali nas „gravitational di-Pole”. Ja rozumiem, że moje prace mogą się wielu osobom wydawać nieciekawe, ale po takim dictum przestałem Włodekowi opowiadać, czym się zajmuję. Tulczyjew był słusznie ceniony przez Infelda za wybitny umysł. Jest to znakomity uczony, ale o trudnym charakterze. Po śmierci Infelda uznał, że bez niego będzie miał na Hożej trudne życie, i prawdopodobnie dlatego wyjechał do Kanady. Natomiast Bażański był na uboczu naszej grupy, trochę od nas starszy, ale bardzo blisko z Plebańskim. Jego praca była pod wyraźnym wpływem Plebańskiego.

PK, AM – My też zdajemy sobie z tego sprawę, bo oni napisali przecież z Mielnikiem, Bażańskim i Joanną

Ryteń-Robinson tę książeczkę¹, pisali też w *Radarze* itp. Ale jakie były powody tego odsunięcia Bazańskiego, bo przecież to była zaledwie kilkusobowa grupa? Czy może z powodu wieku?

AT – Może z powodu wieku, ale on też się wtedy zajmował metodą EIH, a nas to specjalnie nie interesowało. Powiem jeszcze, że przeżyłem wtedy ciężki rok. Gdy Plebański wyjechał do Meksyku, zostawił Infeldowi konspekt książki – mieli oni pisać *Motion and Relativity* wspólnie. Plebański napisał kilka rozdziałów tej książki i zostawił to Infeldowi. Dla Infelda było to nie do przyjęcia, bo Plebański używał tensora energii–pędu odpowiedniego do opisu materii ośrodków ciągłych. Podejście Plebańskiego przypominało prace Władimira Focka, którego Infeld nie cierpiał. Natomiast Infeld chciał zrobić wszystko z osobliwościami, a dokładniej z „dobrymi funkcjami delta”, które on z Plebańskim w tym celu wprowadził. Plebańskiemu, jakkolwiek początkowo brał w tym udział, podejście to przestało się podobać; wołał – zresztą myślę, że słusznie – zrobić to przy użyciu języka ośrodków ciągłych. Jurek włożył w to dużo pracy i zostawił Infeldowi obszerny rękopis kilku rozdziałów książki. Infeld natomiast odrzucił je i zaczął pisać po swojemu; swoje rachunki przynosił mi co tydzień do sprawdzenia lub przejrzania. Było to zadanie zupełnie ortogonalne do moich możliwości i zainteresowań. Było tu wiele wzorów, mało interesujących; aby je sprawdzić, trzeba by było przerachować wszystko od początku. Notatki Infelda oczywiście przeglądałem i jeśli były tam jakieś oczywiste, drobne usterki, to je poprawiałem lub sugerowałem, jak je można usunąć. Jednak naprawdę rzetelnie nad tym nie pracowałem i zresztą powiedziałem Profesorowi, że nie mogę wystąpić jako współautor czy współpracownik. Mój jedyny prawdziwy wkład do powstania książki polegał na przygotowaniu spisu literatury.

PK, AM – Ta książka była częściowo źródłem konfliktu między Infeldem i Plebańskim. Nie wiemy, może i głównym źródłem, trudno jest nam ocenić.

AT – Ja uważam, że rację miał Plebański w tym sensie, iż jego materiał był podstawą do lepszej książki niż to, co napisał Infeld. To jest pierwsza moja uwaga, a druga jest taka, że Infeld wyrzucił – nie wiem, czy dosłownie do śmieci – ale faktycznie usunął to, co zrobił Plebański.

PK, AM – Czy ten rękopis się gdzieś zachował?

AT – Wydaje mi się, że nie. Nie było wtedy jeszcze kserografu, Jurek po prostu napisał i dał Infeldowi, który gdzieś to zaprzepaścił. Uważam, że gdyby nie ten fakt, to powstałaby znacznie lepsza książka. Zgadza się więc, że to mogło być powodem konfliktu, chociaż żał do siebie miały obie strony. Infeld miał żal do Plebańskiego, że nie spełnił jego oczekiwań z tymi funkcjami delta. Obaj popełnili pewien błąd, mianowicie powinni byli przed tym wyjazdem Plebańskiego dokładnie to omówić. Zanim się zaczęło pisać książkę, powinno się dokładnie omówić np. jakie metody się zastosuje, jaki materiał włączy itp. To

natomiast wyglądało tak, jak gdyby Plebański powiedział: „To ja napiszę swój szkic i panu profesorowi zostawię”, a on na to: „To bardzo dobrze”. I każdy się spodziewał czego innego.

PK, AM – Nie było wtedy e-maili itp.; wszystko wziął w swoje ręce Infeld i opracował zgodnie ze swoim punktem widzenia. Do Infelda, naszym zdaniem, nie można mieć o to pretensji, bo on miał też swoje pomysły na tę pracę i był też w tym przypadku „tym drugim”.

AT – Tak. To był zły układ. Wspólne książki powinni pisać ludzie o mniej więcej porównywalnych pozycjach czy też wieku. Kiedy jest tak wielka różnica jak w tym przypadku, to nie rokuje dobrze.

PK, AM – Naszym zdaniem dotyczy to zwłaszcza pozycji (wiek może nie jest aż tak ważny), bo wtedy jeden drugiemu może powiedzieć wprost „tak” lub „nie”, „wyłożyć kawę na ławę”. Konflikt oczywiście istniał i tego nie podważamy, ale wydaje nam się, że gdy Infeld był w Dallas – chodzi o ten ostatni jego wyjazd – to chyba odwiedzał Plebańskiego w Meksyku. Pamiętamy z książki, którą napisał Infeld², że wspominał coś o pobycie w Meksyku, w Acapulco. Używając tylko imienia pisał, że zaprosił go Jerzy. Ale jak głęboko sięgał ten konflikt? Czy oni nie rozmawiali ze sobą, czy były jakieś uszczypliwości?

AT – Ja nie byłem świadkiem takich rozmów, natomiast znam jeden fakt, który świadczy o konflikcie. Infeld chciał się pozbyć Plebańskiego z IFT. Mianowicie, w czasie pierwszego pobytu Plebańskiego w Meksyku była na Wydziale Matematyki i Fizyki UW tworzona Katedra Metod Matematycznych Fizyki. Powstawała na podstawie umowy między Infeldem a prof. Stanisławem Mazurem, wybitnym matematykiem. Miała być zlokalizowana przy fizyce, ale niezależna od Instytutu Fizyki Teoretycznej. Kierownictwo Katedry miało się zmieniać na zasadzie rotacji i mieli je sprawować, na zmianę, prof. Krzysztof Maurin i Plebański. Więc wyraźnie Infeld chciał się pozbyć Plebańskiego. Drugim faktem jest to, że Infeld na parę lat przed śmiercią przekazał kierownictwo swojej katedry mnie, a nie Plebańskiemu.

PK – Przypomina mi się, że chyba prof. Jerzy Pniewski proponował Plebańskiemu po jego powrocie z Meksyku, aby przeniósł się do Łodzi i tam zajął fizyką. Czy to mogło mieć z tym coś wspólnego, czy to tylko inicjatywa Pniewskiego?

AT – Przypuszczam, że to była tylko inicjatywa Pniewskiego, który był chyba wtedy przewodniczącym Komitetu Fizyki PAN i chciał wzmocnić kadrę w Łodzi. Ale przytoczę jeszcze inny przykład, mianowicie spośród trójki czołowych teoretyków w Warszawie (Werle, Królikowski i Plebański) Infeld wysunął jako kandydatów na członków Akademii tylko dwóch pierwszych.

PK, AM – To ciekawe, bo dorobek Plebańskiego był bardzo duży.

¹S. Bazański, B. Mielnik, J. Plebański, J. Ryteń, *Znane i nie znane* (Iskry, Warszawa 1963).

²L. Infeld, *Kordian, fizyka i ja* (Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 1968).

AT – Ja wysunąłem kandydaturę Plebańskiego znacznie później, ale niestety nie został wybrany, być może z powodu pewnej zawiści i niechęci, z jaką spotykali się w kraju polscy uczeni pracujący za granicą. Na przykład, były nawet trudności i dyskusje, kiedy Bohdan Paczyński miał zostać członkiem rzeczywistym PAN. Wspomnę, że to chyba najwybitniejszy żyjący obecnie Polak w całej dziedzinie nauk matematyczno-fizycznych³. Kiedy doszło do dyskusji na jego temat, pani prof. Wilhelmina Iwanowska, wybitny astronom, powiedziała: „Przecież Paczyński pracuje w Princeton, powinniśmy dać pierwszeństwo uczonemu w kraju”. Na szczęście rozsądek przeważał i Paczyński został członkiem rzeczywistym.

PK – Ja to pamiętam, choć nie dotyczy to już tej całej sprawy, ale siedziałem w tym samym pokoju z prof. Werle. Członkowie Akademii otrzymywali wtedy miesięczne gaże czy też pensje (nie wiem, jak to nazwać) i ok. 1985 r. chciano prof. Paczyńskiemu to zabrać. Używano argumentu, że on nie wywiązuje się z obowiązków członka Akademii, co jest oczywiście śmieszne. Wiem, że Paczyński wtedy odpisał, że się w pełni wywiązuje.

AT – Jest taka znana anegdota: gdy zapytano Steinhauusa, kiedy usprawiedliwi swoje nieobecności na posiedzeniach Prezydium PAN, odpowiedział: „Zrobię to wtedy, kiedy inni usprawiedliwią swoją tam obecność...”.

PK, AM – Tak że po roku 1973 w zasadzie członkostwo Akademii dla Plebańskiego nie wchodziło w grę z powodów czysto formalnych?

AT – Tak. To znaczy przygotowałem odpowiedni wniosek, ale nie znalazłem dla niego poparcia wśród kolegów.

PK, AM – A w którym to było roku, tak mniej więcej? Czy były to lata siedemdziesiąte?

AT – Tak. Na pewno lata siedemdziesiąte.

PK, AM – Ciekawe, bo musiała być jakaś dyskusja na posiedzeniu Wydziału III?

AT – Tak, była dyskusja wśród fizyków będących członkami PAN, ale Plebański nie był popierany. Podkreślano, że pracuje za granicą, i w głosowaniu odpadł. Trzeba jeszcze wspomnieć o tym, że na rok przed ostatnim wyjazdem do Meksyku, który okazał się wyjazdem na stałe, Plebański wstąpił do PZPR, co mogło też odgrywać rolę w stosunku wielu kolegów do niego.

PK, AM – Jasne. Plebański nigdy o tym nie mówił, ale wiemy, że był bardzo rozgoryczony.

AT – Ja stanowczo uważam, że on powinien był zostać członkiem PAN. Ale są przykłady innych pominięć. Na przykład, Polska Akademia Umiejętności nie wybrała do tej pory do swego grona Bohdana Paczyńskiego. Zwracałem kolegom z Krakowa na to uwagę: co będzie, jeśli Paczyński dostanie Nagrodę Nobla? Bo jest taka możliwość; podobno był parokrotnie wysuwany. Jeszcze wspomnę o profesorze Davidzie Shugarze, znakomitym biofizyku pracującym w Warszawie. Łatwo sprawdzić w *Cita-*

tion Index, że jest on w czołówce polskich uczonych. Jako osoba o lewicowych poglądach opuścił w latach maccartyzmu Kanadę, ale zatrzymał paszport kanadyjski. Od dawna mieszka w Polsce, ale przez wiele lat nie miał polskiego obywatelstwa. W związku z tym, gdy wysunięto w latach siedemdziesiątych jego kandydaturę na członka Akademii, można było go wybrać tylko na członka zagranicznego. Ale ponieważ jest Żydem, co się władzom nie podobało – pamiętamy nagonkę na „syjonistów” po marcu 1968 r. – sekretarz naukowy PAN powiedział: „Są takie zwyczaje, że w przypadku członków zagranicznych kierujemy zapytanie do ambasady kraju, którego kandydat jest obywatelem, czy ich władze nie mają żadnych zastrzeżeń do tego wyboru”. Była to hipokryzja: Shugar wyjechał z Kanady jako lewicowiec, a tu władze komunistycznej Polski domagają się, aby Kanadyjczycy wystawili mu teraz laurkę! Mimo wszystko Shugar został członkiem Akademii, przeciwności zostały pokonane; ja też byłem w to w skromny sposób zaangażowany.

PK, AM – Lata pańskiego dzieciństwa i młodości chyba nie były jeszcze przez nikogo spisane, a to jest bardzo ważne. Cieszymy się, że zgodził się pan nam o tym opowiedzieć. Teraz pytanie: pańska żona również jest fizykiem, czy to spotkanie nastąpiło na Hożej?

AT – Tak było. Myśmy rozpoczynali równocześnie tę aspiranturę, Róża wcześniej studiowała w Krakowie, ale magisterium zrobiła w Warszawie u Plebańskiego. Początkowo współpracowała w dziedzinie teorii względności z Plebańskim, napisała prace na temat ruchu obracających się ciał w OTW, które były podstawą jej doktoratu. Później zaczęła współpracę z Infeldem i udało się jej go przekonać o istnieniu promieniowania grawitacyjnego; czasami kobiecie udaje się coś, czego mężczyźni nie potrafią. Róża dosyć sobie chwaliła tę współpracę.

PK, AM – Zdaje się, że pana żona współpracowała z Infeldem aż do jego śmierci?

AT – Tak. Współpracowała z nim do końca i po jego śmierci jeszcze przez rok spisywała wspólną pracę, opublikowaną w *Annals of Physics*. Później żona zmieniła specjalność i zajmowała się solitonami w optyce oraz związanymi z nimi równaniami zupełnie całkowalnymi i metodą rozpraszania odwrotnego. Wspomnę jeszcze, że nasz starszy syn, Paweł, też jest fizykiem i pracuje w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW.

PK, AM – O ile wiemy, żona została w Instytucie Fizyki PAN.

AT – Tak, została. W tej chwili jest już na emeryturze. Kiedy przyszedłem na Hożę w 1955 r., był już Instytut Fizyki PAN, ale właściwie nie miał własnego lokalu. Później część doświadczalna przeniesiona została do budynku „Pasty” na Zielnej, dopiero długo potem wybudowano budynek przy al. Lotników na Służewcu. Początkowo trzy instytucje: fizyka uniwersytecka, IF PAN i Instytut Badań Jądrowych mieściły się na Hożej i nie myślało się wiele o tym, kto z nas gdzie pracuje. Starsi profesorowie (Infeld,

³Bohdan Paczyński zmarł w Princeton 19 kwietnia 2007 r.

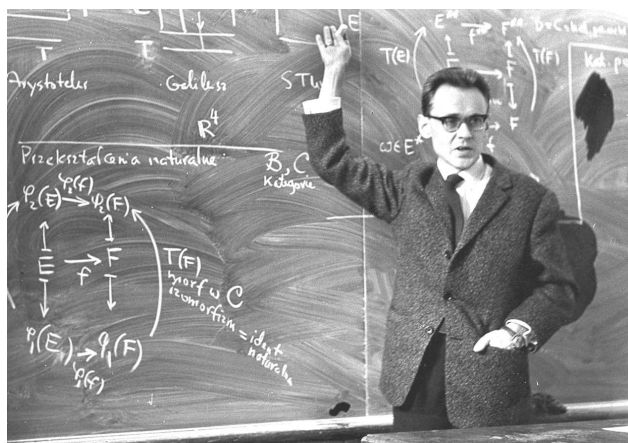
Rubinowicz, Werle, Królikowski, Suffczyński, Dąbrowski) mieli zwykle po dwa etaty.

PK – Mam pytanie, ale z zupełnie innej beczki, mianowicie o Rubinowicza. Pamiętam Rubinowicza, który był już chyba na emeryturze, a na Hożej jestem od 1962 r. Czy kiedy pan zaczął robić doktorat na Hożej, to Rubinowicz jeszcze wykładał?

AT – Tak. Słuchałem jego wykładu mechaniki kwantowej; był to jeden z jego ostatnich wykładów, a może wręcz ostatni.

PK – Ja pamiętam, że w 1962 r., choć słaby fizycznie, to w sensie umysłowym był bardzo sprawny i rześki. Ale ja nie byłem na żadnym jego wykładzie ani seminarium. Chcę zapytać o jego książkę *Mechanika klasyczna*, czy cokolwiek pan na ten temat wie?

AT – Została napisana wspólnie z Wojciechem Królikowskim. Korzystałem z niej, wykładając ten przedmiot. To bardzo dobra książka, podobnie jak jego *Kwantowa teoria atomu*.



Podczas wykładu w SDT na Hożej (1968)

PK, AM – Czy było odczuwalne jakiejkolwiek napięcie między Rubinowiczem a Infeldem, czy też nie? Nie chcemy powiedzieć, że Infeld był wprowadzony całkiem z zewnątrz, ale trochę tak od góry jednak był wprowadzany.

AT – Wydaje mi się, że było. Ja tego tak bardzo nie odczuwałem, zwłaszcza że jako młoda osoba nie miałem w tych sprawach doświadczenia ani wyczucia. Mogę tylko powiedzieć, że Infeld był w stosunku do Rubinowicza grzeczny, ale w sposób zdawkowy, taki formalny. Na przykład, gdy Infeld prowadził konwersatorium, siedzieli obaj w pierwszym rzędzie, ale po przeciwnych stronach przejścia, nigdy obok siebie, co już było trochę dziwne.

PK, AM – Czy zwracali się do siebie per „pan”?

AT – Jestem prawie pewien, że tak. Pamiętam, jak Infeld na zakończenie konwersatorium zwracał się do wszystkich, czy mają jakieś pytania, potem w stronę Rubinowicza mówił: „A może pan profesor ma coś do powie-

dzenia?”. Więc nie było w tych stosunkach ciepła, pewnie też istniały napięcia, lecz nieokazywane.

PK – Staralem się wypytać o to Plebańskiego, bo przecież był on przyjęty przez Rubinowicza i potem odszedł, ale niczego się nie dowiedziałem. To jest ciekawe i zastanawiam się, co by było, gdyby Infeld nie przyjechał na Hożą.

AT – Rubinowicz, mimo że był wybitnym, znakomitym fizykiem (w pewnym sensie lepszym od Infelda), nie był ekspansywny i nie miał niestety do uczniów tzw. dobrej ręki. Właściwie tutaj w Warszawie nie miał naprawdę dobrych uczniów, którzy by kontynuowali jego tematykę. Królikowski był jego uczniem, ale zajął się inną dziedziną, a specjalnością Rubinowicza była głównie optyka i fizyka atomu.

PK, AM – Czy pamięta pan Czesława Białobrzezkiego?

AT – Nie. Białobrzezki zmarł, zanim ja tutaj przyszedłem. Jedynie Pieńkowskiego poznałem wcześniej.

PK, AM – Następne pytanie dotyczy Instytutu Fizyki Doświadczalnej, gdzie następcą Pieńkowskiego został prof. Jerzy Pniewski. Jak się układała współpraca z Pniewskim?

AT – Powiedziałbym, że dość dobrze. Ale Pniewski kontynuował tradycję zaszczipioną pewnie przez Pieńkowskiego, która jest też w znacznym stopniu kontynuowana do dziś przez fizyków doświadczalnych. Chodzi o to, że oni niezbyt cenią fizykę teoretyczną, uważają, że liczy się głównie fizyka doświadczalna, a my jesteśmy tylko takim dodatkiem. Uważają, że my mamy łatwiejszą pracę – nie musimy troszczyć się o aparaturę i środki niezbędne do prowadzenia badań eksperymentalnych. Czasami Pniewski, gdy była rozmowa o wydatkach, mawiał do nas: „Wasze wydatki mieszczą się w marginesie błędów naszych potrzeb”. Takie powiedzenia nie miały oczywiście znaczenia, ale przykrym aspektem stosunku doświadczalników do teoretyków były „walki” w sprawach lokalowych. Byli niesłychanie czujni i nie chcieli nam nigdy w niczym ustąpić. Otarłem się kiedyś o taką sprawę: chodziło o prezesurę Polskiego Towarzystwa Fizycznego, którą przez wiele lat sprawował Rubinowicz. Najpierw wysunął on moją kandydaturę, ale odpowiedziałem, że nie mogę się tego podjąć. Wtedy jako kandydat pojawił się Iwo Białynicki-Birula, który powiedział, że podjąłby się tej funkcji, ale musi dostać pokój, gdzie będzie sekretariat Towarzystwa. Zwróceno się o pomoc do fizyki doświadczalnej, która ma większe zasoby lokalowe, a PTF obejmuje przecież wszystkie dziedziny fizyki. Okazało się, że jest to absolutnie niemożliwe i w związku z tym Białynicki się wycofał, a prezesem został prof. Zdzisław Wilhelmi. Miał on już na terenie IFD swój zakład i sekretariat, który z zakładowego stał się jednocześnie sekretariatem PTF-u. Ten przykład obrazuje, jakie mieliśmy trudności.

PK, AM – Czyli w pewnym sensie fizyka doświadczalna starała się dominować?

AT – Tak, i to w odczuciu nie tylko moim, ale i innych, bo często na ten temat rozmawialiśmy z kolegami.

Skoro mówimy o fizyce doświadczalnej, to chciałbym jeszcze opisać pewien mało znany epizod związany z Instytutem Fizyki PAN. Jest to instytut, w którym prowadzi się głównie badania doświadczalne w dziedzinie fizyki ciała stałego. Został on zainicjowany i przez wiele lat kierowany przez prof. Leonarda Sosnowskiego, wybitnego fizyka. W marcu 1968 roku był on zaangażowany w popieranie, a później obronę studentów Uniwersytetu, co było bardzo źle widziane przez władze. Te okoliczności oraz pogarszające się zdrowie spowodowały, że nie mógł później kierować Instytutem. W połowie 1970 roku zostałem wezwany przez Pniewskiego na rozmowę, w której brali także udział profesorowie Marian Danysz i Leonard Sosnowski. Przez wiele godzin bardzo usilnie namawiali mnie, abym zgodził się przyjąć funkcję dyrektora tego Instytutu. Zupełnie nie miałem na to ochoty i długo się opierałem, ale ugiąłem się pod autorytetem tych seniorów warszawskiej fizyki. Odbyłem potem rozmowę z sekretarzem naukowym PAN, prof. Dionizym Smoleńskim, który zapowiedział, że za kilka dni, po niezbędnych uzgodnieniach, wręczy mi nominację na dyrektora IF PAN. Kilka dni później tę nominację dostał prof. Arkadiusz Piekara, a ja odetchnąłem z ulgą. Wywodzący się z Poznania Piekara był znakomitym fizykiem, ale jego trudny charakter budził obawy środowiska warszawskiego. Mówiono mi później, że o nominacji Piekary zdecydował Wydział Nauki KC PZPR. Żona kierownika tego wydziału była uczennicą Piekary. Nawiasem mówiąc, Piekara był znany ze swojego krytycznego stosunku do reżymu w Polsce, a ja byłem wtedy członkiem PZPR.

PK, AM – Były też jakieś spory o katedrę Maurina. Wspominał coś o tym prof. Werle. Czy wie pan coś na ten temat?

AT – Pierwsze spory były, kiedy ona powstawała, i chodziło głównie o kwestie kierownictwa. Była też niechętnie widziana przez fizyków doświadczalnych, ale także przez teoretyków. Działo się tak m.in. z tego powodu, że Maurin w pierwszych latach po powstaniu Katedry prowadził podstawowy kurs analizy. On to robił na bardzo wysokim poziomie, podkreślając i rozwijając szczególnie takie bardzo podstawowe strony analizy, jak np. nowoczesna teoria całki. Poświęcając wiele czasu na rzeczy abstrakcyjne i podstawowe, zbyt mało go miał dla rzeczy bardziej konkretnych, przyziemnych, takich jak obliczanie całek i rozwiązywanie prostych równań różniczkowych. Narzekali fizycy, którzy na drugim roku mieli studentów nieumiejących prowadzić prostych rachunków. To wywoływało ostre dyskusje, ale później, kiedy te wykłady były stopniowo przejmowane przez uczniów Maurina, takich jak Stanisław Woronowicz i Jerzy Kijowski, którzy byli fizykami i wiedzieli, co jest fizykom potrzebne, krytyka i dyskusje zaczęły zanikać.

PK – Ja bym tu trochę Maurina bronił. Słuchałem tego kursu, który był chyba prowadzony wtedy drugi raz, i wszystko tam było. Technika całkowania i rozwiązywanie

równań różniczkowych, to wszystko było na ćwiczeniach. Wiem, że były jakieś głębsze konflikty, chyba nawet na poziomie administracyjnym. Werle mi opowiadał, że Maurin wyjechał, czy wręcz znikł na jakiś czas.

AT – Tego akurat nie pamiętam. Ale była taka atmosfera i mnie się wydawało, że właśnie na tle tych problemów wykładowych. Nie wykluczam też innych powodów. On miał taki charakter, że np. nie przychodził na Radę Wydziału, nie odzywał się lub dawał do zrozumienia, że jest ponad tym wszystkim.

PK – Profesora Włodzimierza Zonna zapewne pan znakomicie pamięta. Podobno obraził się kiedyś na Radę Wydziału czy też wręcz z niej wyszedł i powiedział, że ma ją „w głębokim poważaniu”. Byli jeszcze inni astronomowie, np. prof. Stefan Piotrowski, czy miał pan z nimi kontakty?

AT – Tak, oczywiście, lecz były to dobre kontakty. Mój pierwszy wykład na Uniwersytecie, po powrocie ze stażu zagranicznego w Anglii i Ameryce, to były „Elementy fizyki teoretycznej” dla astronomów. Był też taki czas, kiedy obrony doktoratów z astronomii odbywały się u nas, na naszej Radzie Naukowej. Pamiętam egzamin doktoranta, którego promotorem był Paczyński. Rozprawa zawierała liczne odnośniki do termodynamiki; wtedy Werle zaczął w istocie egzaminować Paczyńskiego. Oczywiście Paczyński znał wszystko znakomicie. Pamiętam czyjeś słowa: „Skoro promotor zdał już egzamin, to teraz zajmijmy się samą rozprawą doktorską”. Z astronomami nie miałem żadnych problemów, ale z doświadczalnikami tak, np. Pniewski głosił opinię, że dziekanem naszego Wydziału może być tylko fizyk z IFD. Ale doświadczalnicy, dzięki swojej bliskości z materią i sprawami praktycznymi, mogli teoretykom pomóc i wielu rzeczy ich nauczyć. Gdy planowano na Hożej dobudowę budynku dla powstającego IFT, Infeld chciał mieć początkowo tylko jedno piętro. Pieńkowski powiedział: „Proszę pana, ja to wszystko od razu pomnożę przez dwa”. Dzięki niemu powstały dwa piętra. W późniejszych latach, gdy dyrektorem IFT był Stefan Pokorski, nadbudowano jeszcze dalsze dwa piętra i mimo to dziś brakuje miejsca. Instytut już tak bardzo liczbowo się nie rozrasta, ale mamy wielu doktorantów, którym trzeba stworzyć warunki do pracy na Hożej.

PK, AM – Teraz chcielibyśmy zapytać o wyjazdy, choć pewnie jest to w pańskich oficjalnych życiorysach.

AT – Oczywiście wszystkiego nie ma w „życiorysach” i nawet nie można wszystkiego spisać, bo jest tego bardzo dużo. Właściwie wszystko się zaczęło, gdy przyjechał Felix Pirani, który znał Infelda jeszcze z czasów kanadyjskich, on był uczniem Alfreda Schilda. Pirani przyjechał w 1957 r. do Warszawy, był już wtedy profesorem King's College w Londynie. To właśnie z nim rozmawiałem na temat promieniowania grawitacyjnego. Zanim go poznałem, czytałem jego prace i zastosowałem, z małą modyfikacją, jedną z jego idei. Jemu to się spodobało do tego stopnia, że zaprosił mnie do Londynu i wyjechałem tam po raz pierwszy w 1958 r. Pobyt trwał 3 miesiące,

w czasie których miałem cykl wykładów w King's College. To był dla mnie bardzo ważny okres, bo tam poznałem szereg bardzo interesujących osób, z którymi później miałem wiele naukowych kontaktów: Ivora Robinsona, Rogera Penrose'a, Dennisa Sciame, Alfreda Schilda, Joshua Goldberga, Michela Cahena i Raya Sachsa. Byłem w grupie, której kierownikiem był Hermann Bondi, i tam poznałem też Petera Higgsa i Petera Bergmanna. Pirani przyjął moje prace ze sporym entuzjazmem, co z kolei znacznie wzmocniło moją pozycję w środowisku.

Po moim doktoracie w styczniu 1959 r. Infeld zrobił dla mnie wielką rzecz. W latach 1952–59 mieszkalem z Mamą w Falenicy w pokoju z kuchnią (węglową), bez bieżącej wody i kanalizacji, nie mówiąc o takich luksusach, jak WC, gaz i łazienka. W roku 1959 Infeld, mający wtedy duże wpływy u władzy, załatwił dla nas przydział mieszkania kwaterunkowego przy ulicy Białobrzelskiej w Warszawie. Dzięki Infeldowi dostałem też roczne stypendium podoktorskie Akademii na wyjazd do Imperial College w Londynie.

PK, AM – Czy to było opłacane przez Akademię?

AT – To było opłacane przez Polską Akademię Nauk. Było to bardzo skromne stypendium, ale pozwalało przeżyć. Był to rok akademicki 1959/60 i napisaliśmy wtedy pierwszą wspólną pracę z Ivozem Robinsonem. W następnym roku zostałem zaproszony na sześć miesięcy przez Petera Bergmanna do Syracuse University. Na ostatnie miesiące 1960 r. dostałem stypendium z King's College, więc nie wracałem do Warszawy, tylko zacząłem starania o dwie rzeczy. Pierwsza to pozwolenie na wyjazd do Stanów Zjednoczonych (paszport był ważny tylko na Europę), drugą sprawą było załatwienie wizy do USA, co też nie było łatwe.

PK, AM – Czy w obu sprawach Infeld pomógł?

AT – W sprawie paszportu na pewno tak, ale w sprawie wizy oczywiście nie mógł. Do Polski wtedy nie wracałem, formalności załatwiłem w ambasadzie, choć też z wielkimi trudnościami. Na początku 1961 r. wyjechałem do Syracuse, potem przyjechała tam Róża Michalska, moja przyszła żona, wtedy jeszcze narzeczona, i przez parę miesięcy byliśmy tam razem. Był to ważny naukowo i bardzo dobry rok: w Syracuse byli wtedy też Roger Penrose, Ted Newman, Artur Komar, Ivor Robinson, Engelbert Schücking i Richard Arnowitt. Przyjeżdżali z wizytami Rainer Sachs, Josh Goldberg i Joseph Weber – spotykała się tam późniejsza czołówka relatywistów. Wróciłem do Polski we wrześniu 1961 r. Infeld przyjął mnie do Instytutu Fizyki Teoretycznej UW jako adiunkta. Przedtem byłem „aspirantem”, później przez pewien czas pracownikiem IF PAN. Czyli od 1 października 1961 r. byłem pracownikiem UW; nigdy nie miałem drugiego etatu. W roku 1962 odbyła się wspomniana wcześniej Międzynarodowa Konferencja Teorii Względności i Grawitacji w Jabłonie, która była wielkim wydarzeniem.

PK, AM – Tak, to była naukowa konferencja. Po-tem była też konferencja w setną rocznicę urodzin Marii Skłodowskiej-Curie, na którą przybyło mnóstwo laureatów

Nagrody Nobla, ale to była konferencja tylko rocznicowa, a nie naukowa. Zresztą ze zdjęć widać, że w Jabłonie były burzliwe dyskusje, a większość jej uczestników zapewne jest w encyklopedii (Dirac, Feynman, Fock, Ginzburg, Møller, Lichnerowicz). To jest zasługa w zasadzie prawie wyłączna Infelda, tzn. nie w organizacji technicznej imprezy, ale w doborze i zaproszeniu uczestników.

AT – Oczywiście, dzięki jego nazwisku ludzie przyjmowali zaproszenia. Zdarzyła się wtedy drobna niezręczność, którą popełnił Infeld. Urządził on kolację dla części uczestników (bo na konferencji było prawie 120 osób) w swoim mieszkaniu w alei Szucha. Zaprosił na nią 30 osób, swoich uczniów z Warszawy, wszystkich, których poznał podczas pobytu w Cambridge oraz jeszcze kilka osób, takich, których nie można było nie zaprosić. Nie zaprosił natomiast Feynmana i to był oczywisty błąd. Feynman opublikował swoje wspomnienia, gdzie pisze o tej konferencji. Nie pada tam chyba nawet słowo „Polska”, ale z opisu wiadomo, że chodzi o tę konferencję. Napisał tam, że w ogóle nie powinien był na nią przyjechać. Bardzo negatywnie się o niej wypowiedział, także w liście z Warszawy do swej żony Gweneth. Wszyscy, którzy to czytali (a rozmawiałem z wieloma uczestnikami), nie zgadzają się z jego opinią. Przypuszczam, że on boleśnie odczuł brak zaproszenia ze strony Infelda na tę uroczystą kolację. Ale prawdą jest także to, że tematyka konferencji i większość prowadzonych wtedy badań w dziedzinie OTW była odległa od obserwacji, miała charakter bardziej matematyczny niż fizyczny, i to się Feynmanowi nie podobało.

Pragnę jeszcze wspomnieć o Marku Holzmanie, wspaniałym fotografiku, wielkim przyjacielu naszego środowiska. W latach 60. i 70. był na wielu organizowanych przez fizyków konferencjach, m.in. na tej w Jabłonie, i zrobił mnóstwo cennych zdjęć.



Na konferencji w Jabłonie (1962); z lewej P.A.M. Dirac, z prawej Leopold Infeld (fot. Marek Holzman)

PK – Czytałem książkę, zresztą ją mam, pt. *Surely You're Joking, Mr. Feynman!*, w której Feynman pisze różne żartobliwe rzeczy o Polsce. Dobrze nie pamiętam,

ale było coś o sprawdzaniu, czy nie ma podsłuchu w kontakcie itp. Natomiast o konferencji chyba nie wspomina?

AT – To prawda. Jestem absolutnie pewien, że to było w jego drugiej książce, *Further Adventures of a Curious Character*.

PK, AM – Ale to może ten drugi tomik był rzeczywiście bardziej zgryźliwy, bo ten, który mamy, chyba nie?

AT – Nie, ja mówię wyraźnie o tym drugim, czyli tym, którego główną częścią jest opis pracy komisji badającej wypadek „Challenger”. To jest główna część, ale są dodane jeszcze inne. Wracając do konferencji w Jabłonie: uważam, że była bardzo udana i sympatyczna. Wiele osób, które spotykałem i spotykam, wspomina ją w ciepłych słowach. Dyskusje z tej konferencji były nagrywane na takich szpulach, taśmach magnetofonowych starego typu.



W rozmowie z Leonem Rosenfeldem na konferencji w Jabłonie (fot. Marek Holzman)

PK, AM – Czy te taśmy jeszcze istnieją?

AT – Tego nie jestem pewien, zaraz coś jeszcze o tym powiem. John Stachel poświęcił się, został po konferencji na dłuższy czas w Warszawie i to wszystko odsłuchiwał i spisywał. To było w dramatycznym okresie kryzysu kubańskiego. Ja nigdy nie byłem tak bardzo zaangażowany w politykę i sobie nie zdawałem sprawy z powagi sytuacji, którą John dobrze rozumiał, miał lepsze rozeznanie. Zastanawiał się, co ma robić, czy nie powinien wracać do rodziny w USA; był przerażony i uważał, że zaraz wybuchnie wojna. Został jednak, a spisane przez niego z taśm dyskusje były częściowo włączone do opublikowanego przez PWN tomu – sprawozdania z konferencji. Natomiast na temat taśm dodam jeszcze taką uwagę. Wtedy nie można było tak po prostu pójść do sklepu i kupić taśmy magnetofonowe. Wszystko zostało wypożyczone z biura Pełnomocnika Rządu ds. Wykorzystania Energii Jądrowej, którym był dobry znajomy Infelda, p. Wilhelm Billig, po 1968 roku zwolniony z urzędu jako „syjonista”. Jego zastępcą, bardzo sympatyczny p. Oskar Karliner, wypożyczył nam cały stos tych taśm i magnetofon. Później te taśmy były w szafie w moim pokoju na Hożej, gdzie John

Stachel pracował nad ich odsłuchiowaniem. Gdy to skończył, po paru tygodniach przypominałem sobie, że trzeba to wszystko zwrócić. Przeliczyłem taśmy i okazało się, że kilku brakuje. Zadzwoiłem do Karlinera i powiedziałem, że bardzo mi przykro, ale chyba ktoś ukradł część taśm. On nie wydawał się zdziwiony i powiedział mi, bym się tym nie przejmował. Znacznie później, kiedy z kimś o tym rozmawiałem, usłyszałem od tej osoby, że to prawdopodobnie SB je zabrała, o czym Karliner wiedział. Jeśli tak, to esbecy mieli spore trudności ze zrozumieniem czegośkolwiek na tych taśmach. Przypuszczam, że odbywająca się w 1962 r. w Polsce konferencja z udziałem tak wielu uczestników z Zachodu rzeczywiście budziła duże zainteresowanie służby bezpieczeństwa.

PK, AM – Czyli te taśmy na pewno nie istnieją?

AT – Moim zdaniem nie istnieją. Później było wiele konferencji oraz kilka ważnych dla mnie wyjazdów. Dwa razy byłem w Collège de France na zaproszenie André Lichnerowicza. Był to francuski matematyk, wnuk polskiego powstańca z 1863 r. Nie mówił po polsku, ale podkreślał swoje korzenie. Interesował się fizyką i podał pierwsze ściśle, w języku nowoczesnej geometrii różniczkowej, sformułowanie podstaw OTW. Udowodnił ważne twierdzenie na temat widma operatora Diraca na zwartych rozmaitościach. Zachęcił mnie do studiowania prac Élie Cartana, co później wpłynęło na prowadzone przez moich uczniów badania. Przez sześć miesięcy w 1971 r. byłem na Uniwersytecie w Chicago na zaproszenie Subrahmanyana Chandrasekhara, wybitnego hinduskiego astrofizyka, później laureata Nagrody Nobla. Z Chandrasekharem wiązała moją żonę i mnie przyjaźń. Poznaliśmy się na konferen-



Z Subrahmanyaniem Chandrasekharem podczas przerwy w obradach Sympozjum Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Warszawie w 1973 r. (fot. Marek Holzman)

cji w Jabłonie. Chandra został zaproszony przez Infelda, który go znał z czasów swojego pobytu w Cambridge. Dopiero po tej konferencji Chandra zaczął się interesować ogólną teorią względności. Napisał wiele prac na ten temat

i książkę o czarnych dziurach. Dużo z nim korespondowałem, przyjeżdżał często do Polski i był ze swoją żoną Lalithą dwa razy na naszej działce na Warmii. Bardzo mu się tam podobało. Raz powiedział: „This is paradise”. Chandra był bardzo spragniony przyrody, zieleni, a tego mu w Chicago brakowało. Raz też przyjechał na moją prośbę do Kazimierza Dolnego na konferencję fizyki wysokich energii organizowaną przez Zygmunta Ajduka i Stefana Pokorskiego. Na trzy miesiące przed śmiercią Chandra napisał do Róży bardzo miły list, w którym wspominał swoje wizyty w Zielonowie. Zaprośiliśmy go więc, aby przyjechał ponownie. Po jakimś czasie było wszystko przygotowane, wiedzieliśmy, którym lotem przyleci z żoną. Nieoczekiwanie Chandra zatelefonował i powiedział, że miał wypadek samochodowy. Co prawda nic mu się nie stało, ale zatrzymały go w Chicago sprawy związane z dochodzeniem sądowym oraz innymi formalnościami. Dwa tygodnie po tym telefonie usłyszeliśmy w radiu o jego śmierci.

PK, AM – Myśli pan, że wypadek miał wpływ na jego śmierć?

AT – Chyba tak, miał wszczepiony bypass – od dawna chorował na serce. Po takim silnym przeżyciu mogło ono nie wytrzymać.

PK, AM – Podobnie zresztą jak Antoni Słonimski. Miał wypadek, gdy jechał z córką Stanisława Lorentza, dyrektora Muzeum Narodowego. Nic mu się wtedy nie stało, ale umarł tego samego dnia.

AT – Bardzo ważny był dla mnie roczny pobyt, na zaproszenie Chen Ning Yanga, na Uniwersytecie Stanu Nowy Jork w Stony Brook. W czasie tego pobytu i po powrocie napisałem kilka prac na temat geometrycznych aspektów teorii pola z cechowaniem.

PK, AM – Następne pytanie. Tu nie chodzi o wartościowanie nikogo, ale współpraca z kim była dla pana najbardziej owocna czy ważna?

AT – Najbardziej ważna i owocna współpraca była z Ivorem Robinsonem. Uczyłem się od niego m.in. pisanie prac, odegrał bardzo ważną rolę w kształtowaniu moich zainteresowań. Ivor Robinson jest wybitnym uczy-nym, znakomicie wykształconym w Cambridge. Niestety, on jakby zatrzymał się w tym miejscu, w którym wyszedł z Cambridge. To znaczy stosował przez wiele lat bardzo twórcze metody, które tam opanował, ale potem już się nie doksztalał. To spowodowało, że później nie bardzo mogłem z nim współpracować, bo nie mogliśmy znaleźć wspólnego języka. Kiedyś tłumaczyłem mu pewne ważne subtelności na temat pochodnej Liego, a Ivor powiedział: „Nie wiem, jak mogłem tak długo żyć i pracować, nie znając tych ważnych i użytecznych własności pochodnej Liego”. Początkowo wiele się od niego nauczyłem, wiele mu zawdzięczam, ale później role trochę się odwróciły. Wspomnę też, że Ivor jest około 10 lat ode mnie starszy. Od dawna mieszka w Dallas i pracuje na Uniwersytecie Stanu Teksas.



Z Lalithą Chandrasekhar podczas sympozjum poświęconego pamięci jej męża (Chicago, 1996)

PK, AM – On był na konferencji w Mexico City z okazji 75. urodzin Plebańskiego⁴ i chyba jest w dość dobrej kondycji. Bogdan Mielnik go odwiedza dość regularnie.

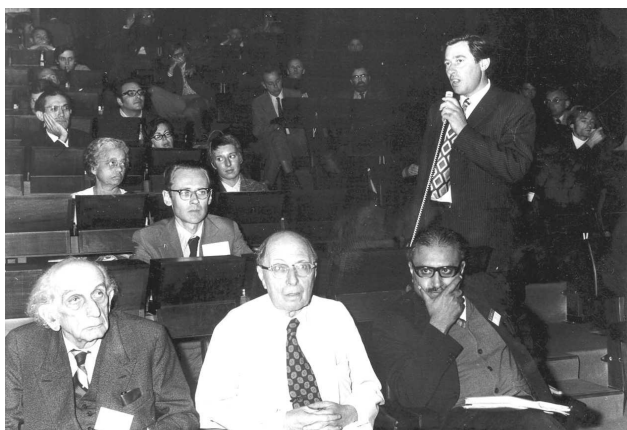
AT – To prawda, choć ze zdrowiem już nie jest tak dobrze. Żona Ivora, Joanna Ryteń, to наша koleżanka, ostatnia osoba, którą Infeld wypromował w Warszawie. Byłem świadkiem na ich ślubie, który odbył się w Princeton. W tym czasie byłem z drugą wizytą w Syracuse, przyjechałem na konferencję do Nowego Jorku, a po niej do Princeton. Ślub był w Princeton, ponieważ Joanna odbywała tam staż podoktorski na Uniwersytecie. Interesujący był skład uczestników ceremonii: Ivor miał paszport brytyjski, Joanna, w ciąży, miała jeszcze polski, a świadkami byli Yuval Ne’eman z Izraela i ja. Urzędnik stanu cywilnego pewnie nie takie rzeczy w Princeton już widział, bo nie okazał zdziwienia i wszystkie potrzebne formułki wyrecytował bez zająknięcia.

Wspomnę jeszcze o dwóch dla mnie ważnych konferencjach. Jestem dumny z mojego w nich udziału. Pierwsza z nich to konferencja w Trieście, jaka odbyła się tam w roku 1972, dedykowana Diracowi w związku z jego 70. urodzinami. Byli tam znakomici uczeni: Casimir, Chandrasekhar, Dirac, Eigen, Heisenberg, Jordan, Kac, Peierls, Prigogine, Rosenfeld, Salam, Schwinger, Tomonaga, Uhlenbeck, van der Waerden, von Weizsäcker, Wheeler, Wigner, Yang i inni. Miałem tam wykład plenarny; było to dla mnie niesłychane przeżycie i zaszczyt. Drobną szczegół: w czasie bankietu na konferencji był taki główny stół, przy którym Salam posadził najważniejsze osoby; byli tam oprócz niego wszyscy laureaci Nagrody Nobla obecni na konferencji oraz lord Snow i książę Torre e Tasso. Ale Chandrasekhar nie miał jeszcze wtedy Nobla i w związku z tym nie siedział przy głównym stole.

PK, AM – A czy Salam miał już wtedy Nagrodę Nobla? Chyba nie?

⁴„Topics in Mathematical Physics, General Relativity and Cosmology”, in Honor of Jerzy Plebański, Cinvestav, Mexico City, 17–20 September 2002.

AT – Nie miał jeszcze Nobla, ale był dyrektorem ICTP, które gościło konferencję. Drugą konferencją, którą bardzo sobie cenię, właściwie jedyną poważną organizowaną przez matematyków, w której brałem udział, była konferencja w 1984 r. w Lyonie, poświęcona pamięci Élie Cartana. Zostałem tam zaproszony jako prelegent, ponieważ często moje prace nawiązywały do jego dzieła. Było mnóstwo znanych matematyków, m.in. Marcel Berger, Shiing-shen Chern, Jean Dieudonné, Charles Fefferman, Izrael Gel'fand, Mikhael Gromov, Bertram Kostant, Victor Kac oraz Henri Cartan, syn Éliego, który jest także wybitnym matematykiem.



Konferencja w Trieście „The Physicist's Conception of Nature” dedykowana Diracowi z okazji 70. urodzin (1972); w pierwszym rzędzie od lewej: Cornelius Lanczos, Eugene Wigner, Abdus Salam, w drugim rzędzie: Andrzej Trautman; pytanie zadaje Jürgen Ehlers (Foto „Rice”, Triest)

PK, AM – Następne pytanie: pana studenci i uczniowie?

AT – Ja miałem szczęście mieć wielu bardzo dobrych uczniów i współpracowników, którzy zostali profesorami. Moim pierwszym doktorantem był Marek Demiański, obecny kierownik Katedry Teorii Względności i Grawitacji IFT UW. Później byli: Wojtek Kopczyński, który jako pierwszy znalazł nieosobliwy model kosmologiczny w teorii Einsteina–Cartana, Jan Sławianowski (obecnie profesor w IPPT PAN), Piotr Lasota (profesor astrofizyki w Paryżu, zięć Leszka Kołakowskiego). Marek Abramowicz robił u mnie doktorat, ale pracował zupełnie samodzielnie. Przez wiele lat był w Trieście. Osiedł w Szwecji i jest profesorem astrofizyki w Goeteborgu, ale dużo czasu spędza w Polsce, gdzie ma współpracowników. Równocześnie z nim był znakomity Jacek Tafel, teraz profesor UW. Później był świetny Jerzy Lewandowski, teraz najaktywniejszy w naszej grupie. Wiele czasu poświęca na współpracę z Abhayem Ashtekarem, wybitnym specjalistą w dziedzinie kwantowej teorii grawitacji, pracującym w Penn State University. Ostatnim moim doktorantem był Paweł Nurowski, który ma teraz dobry okres w swojej

twórczości, jest stale zapraszany za granicę, ma już wyrobioną pozycję w dziedzinie geometrii różniczkowej i jej zastosowań w fizyce. Niedługo będzie się habilitował⁵.

Wspomnę jeszcze o kilku magistrantach z lat 60. Wojciech Arkuszewski i Henryk Wujec w latach 70. i 80. brali czynny udział w opozycji demokratycznej i zostali posłami na Sejm III RP. Ryszard Kerner wyjechał w 1968 r. do Francji i został profesorem Uniwersytetu Paryża VI.

PK, AM – Chcielibyśmy jeszcze zapytać o sprawę smutną i tragiczną w pana życiu, ale nawet nie wiemy, jak zadać to pytanie. Chodzi nam o pana młodszego syna. Czy mógłby i czy w ogóle zechciałby pan o nim opowiedzieć?

AT – To rzeczywiście jest największa tragedia naszego życia. Krzysztof był niesłychanie zdolnym, wydawało się, że w pełni udanym człowiekiem: był wszechstronnie utalentowany, miły, lubiany. Ja nigdy nie umiałem rysować, ale on chyba odziedziczył to po moim ojcu. Nie uczył się rysunku, ale potrafił bardzo ładnie rysować. Skończył szkołę i studia z wyróżnieniem, od razu przyjęto go na asystenturę na Wydziale Matematyki UW, potem wyjechał na studia doktoranckie. Miał wiele wrodzonych talentów, również pisarski. Prowadził pamiętnik, taki dziennik swojego życia.

PK, AM – Ten pamiętnik się zachował?

AT – Tak, zachował się. Krzysiek był niesłychanie lubiany, czego mu nawet trochę zazdrościłem. Ja w młodości nie miałem bliskich przyjaciół. Prawie wszystkie odbierane w domu telefony były do niego. Dzwonili koledzy, przyjaciele, a później zaczęła też się odzywać jakaś dziewczyna. Był to człowiek utalentowany, który zdobywał łatwo sympatię ludzi, nigdy nie miał trosk materialnych. Nagle popadł w głęboką depresję. Nie było tak, jak się o tym powszechnie sądzi, że ludzie wpadają w depresję, bo coś im w życiu nie wychodzi. Jego choroba nie była wywołana jakimś konkretnym przeżyciem. W rezultacie choroby w czasie studiów doktoranckich na Uniwersytecie w Notre Dame odebrał sobie życie. Zdał tam znakomicie egzamin kwalifikujący do doktoratu i parę miesięcy później zakończył życie.

PK, AM – To tragiczne, inaczej nie można o tym powiedzieć. Czy istniała możliwość uratowania syna?

AT – Myśmy wiedzieli o jego chorobie. Syn był świadomy tego, że jest chory, chodził do lekarzy, przyjmował lekarstwa. Przed śmiercią przyjechał na wakacje do Polski już chory. Oczywiście namawialiśmy go, aby nie wyjeżdżał, ale nie chciał zostać. Uważaliśmy też z żoną, że wywieranie na niego presji, biorąc pod uwagę jego stan, raczej nie byłoby właściwe. Poza tym zawsze sądziłem, że jeśli można gdzieś skutecznie leczyć depresję, to tym miejscem są właśnie Stany Zjednoczone. O depresji w Stanach mówiło się zawsze bardzo dużo, a w Polsce zaczyna się dopiero teraz. Krzysiek chodził do psychiatry i psychologa, brał przepisywane lekarstwa, ale nikt nie potrafił mu pomóc.

⁵Paweł Nurowski habilitował się na Wydziale Fizyki UW 20 lutego 2006 r.

PK, AM – Czy zostawił list?

AT – Zostawił taki list, w którym prosił, by mu wybaczyć.

PK, AM – Wiemy, że to są najtrudniejsze chwile w życiu.

Jest jeszcze jedna rzecz, o którą chcemy zapytać, mianowicie prezesura w Akademii. Czy to jest ważne, czy też nie?

AT – Nie, to nie jest ważne. Muszę powiedzieć, że ja to źle wspominam. Opowiem w paru zdaniach. Sympatyczne było to, że w ścisłym prezydium byli ludzie, których ceniłem. Witold Nowacki był prezesem, a wiceprezami oprócz mnie byli Jerzy Litwiniszyn, Szczepan Pieńiążek i Jan Szczepański. Sympatyczni i wartościowi ludzie, których szanowałem. Współpraca z nimi była dobra, ale pozostałe obowiązki, które z tego wynikały, były często nieprzyjemne i niesympatyczne. Ja żałuję, że w ogóle miałem coś takiego w swoim życiu. Zajmowało mi to sporo czasu, a było niewdzięczne. Jeżeli mogę coś pozytywnego powiedzieć, to może trochę pomogłem w powstawaniu Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Decydującą pozytywną rolę odegrał tu Jan Rychlewski, ówczesny sekretarz Wydziału III PAN. Były wokół tego kontrowersje, gdyż moi koledzy z Prezydium PAN sądzili, że staram się o Centrum dla siebie, a tak nie było. Uważałem, że polskiej fizyce przyda się takie Centrum. Jego pierwszym kierownikiem był Iwo Białynicki-Birula. Pomysł powołania takiego Centrum powstał dużo wcześniej, pod koniec lat sześćdziesiątych. Myśmmy wtedy składali takie wnioski do Akademii, ale bez poparcia prezydium PAN, w którym wtedy nie było fizyków teoretyków, nic nie wychodziło.

Pozostałe obowiązki w Akademii nie były raczej ciekawe. Na przykład, przyjechała kiedyś delegacja Francuskiej Akademii Nauk Medycznych. Nikt w kierownictwie PAN oprócz mnie nie mówił po francusku, więc zostałem wydelegowany, aby przyjmować i gościć delegację lekarzy. Musiałem z nimi podczas obiadu w Jabłonie prowadzić kilkugodzinną konwersację. Byli to sympatyczni starsi panowie, ale nie miałem z nimi nic wspólnego i nic po tej rozmowie mi w pamięci też nie zostało. Właśnie tego typu rzeczy musiałem robić, łącznie z przypinaniem orderów itp. Była to funkcja raczej reprezentacyjna, a żadnej władzy nie miałem. Władzę wykonawczą miał sekretarz naukowy, był nim wtedy Jan Kaczmarek, z którym prowadziłem dość często rozmowy na temat polityki naukowej państwa. To była taka część mojej działalności, powiedzmy politycznej, gdzie wykorzystywałem moją legitymację partyjną. Chodziło o przekonywanie, że nauki podstawowe, w szczególności fizyka, matematyka i biologia, też są bardzo ważne. Były wtedy poglądy, tendencje,

zresztą są do dziś, mówiące o wyższości nauk stosowanych, nauk technicznych, o tym, że matematyka i fizyka są mało ważne. Więc ja próbowałem przekonywać, że jest inaczej; czasami zawierało się w tej sprawie nieformalne sojusze z humanistami. Organizowaliśmy dyskusje na ten temat. Mowa była np. o tym, jak to Roentgen, który odkrył swoje ważne promienie, wcale ich nie poszukiwał, tylko prowadził nikomu niepotrzebne doświadczenia nad wyładowaniami w gazach rozrzedzonych. Czy też o Marii Skłodowskiej-Curie i pozornie zbędnych badaniach promieniotwórczości. Uważam, że była to działalność w owym okresie pożyteczna i suma tych działań różnych ludzi przyniosła ograniczone, ale pozytywne wyniki.



Andrzej Trautman w swoim mieszkaniu (lata 70.)

PK, AM – Rozumiemy, bo przecież „nieobecni nie mają racji” i jeśli nie będzie kogoś, kto głosi jakieś poglądy, to one po prostu znikną, zginą i już. Tak że ta funkcja mogła być dekoracyjna, ale nie do końca. W pewnym stopniu w jakichś ukierunkowaniach, nie w samych decyzjach, to mogło odegrać ważną rolę. Bardzo dziękujemy za rozmowę.

Mechanika kwantowa Formalizm i zastosowania

Leszek Adamowicz: *Mechanika kwantowa. Formalizm i zastosowania*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005, s. 272.

Na podręcznik składa się 12 rozdziałów, 8 obszernych dodatków, spis literatury oraz skorowidz. W rozdziale pierwszym Autor krótko zaznajamia czytelnika z podstawowymi zagadnieniami fizyki kwantowej. Moim zdaniem rozdział ten jest zbyt lapidarny i nie przedstawia dostatecznie szeroko zagadnień z zakresu tzw. starej teorii kwantów, np. zagadnienia promieniowania ciała doskonale czarnego, przeniesionego do Dodatku 1. Wartość dydaktyczną tego wstępu podniosłoby zamieszczenie w tekście odsyłaczy do podręczników akademickich dostępnych w bibliotekach. Ponadto cennym uzupełnieniem byłoby podanie adresów stron internetowych, na których można znaleźć (bezpłatne) symulacje komputerowe lub sfilmowane doświadczenia. Na przykład, pod adresem www.hqrd.hitachi.co.jp/global/doubleslit.cfm udostępniony jest film z nagraniem rzeczywistego doświadczenia (znakomitego pod względem dydaktycznym) z rozpraszaniem i interferencją pojedynczo emitowanych elektronów, które przechodzą przez obszar bipryzmatu elektronowego.

W rozdziale 2 w sposób przystępny wprowadzono podstawowe pojęcia mechaniki kwantowej. Na uwagę zasługuje bardzo staranne pod względem matematycznym, a jednocześnie intuicyjnie zrozumiałe wyprowadzenie zasady nieokreśloności położenia i pędu. Brakuje jednak szerszego spojrzenia na tę zasadę przy użyciu entropii informacyjnej.

Rozdział trzeci jest poświęcony przedstawieniu rozwiązań jednowymiarowego równania Schrödingera dla wybranych postaci energii potencjalnej (nazywanych w książce potencjałami). Zwraca uwagę bardzo cenne omówienie zagadnienia cząstki swobodnej opisywanej paczką falową oraz dyskusja rozwiązania równania Schrödingera w przypadku odcinkami stałych energii potencjalnych. Rozdział ten zawiera skromną próbę zapoznania czytelnika z metodami numerycznymi rozwiązywania równania Schrödingera na przykładach harmonicznego oscylatora kwantowego i atomu wodoru oraz 20 zadań. Umiejętność numerycznego rozwiązywania diskutowanego zagadnienia przez studentów kierunków fizyka, fizyka techniczna lub kierunków technicznych ma szczególnie duże znaczenie w kontekście badania właściwości fizycznych nanostruktur oraz układów niskowymiarowych. W mojej ocenie prezentacja metod numerycznych rozwiązywania jednowymiarowego, jednocząstkowego równania Schrödingera jest w omawianej książce niewystarczająca.

Rozdział czwarty, zaledwie pięciostronicowy, ma za zadanie wprowadzenie podstawowych pojęć i narzędzi matematycznych, niezbędnych do aksjomatycznego sformułowania mechaniki kwantowej. Cenny i przekonujący jest tu sposób, w jaki Autor wprowadza notację Diraca, co

znacznie ułatwia czytelnikom rozumienie dalszych rozdziałów.

Rozdział piąty jest poświęcony podstawowym założeniom, postulatami i twierdzeniom mechaniki kwantowej. Podrozdziały 5.1–5.8 zawierają szczegółową dyskusję jej 8 standardowych aksjomatów. Dość obszerne komentarze są bardzo wartościowe z dydaktycznego punktu widzenia, ponieważ pozwalają czytelnikowi zrozumieć ich treść fizyczną, zapisaną zwięźle w notacji Diraca. Na uznanie zasługuje eleganckie wyprowadzenie nierówności Heisenberga (p. 5.7) oraz przedstawienie zasady nieokreśloności dla energii i czasu (p. 5.9). Podrozdziały 5.10 i 5.11 cechuje klarowność niezbędna dla poprawnego rozumienia fizyki stanów mieszanych. Jest to cenny i bardzo wartościowy fragment książki. Cały rozdział 5 uważam zresztą za najważniejszy. Jest on zredagowany zwięźle przy użyciu zrozumiałego słownictwa oraz dobrze zdefiniowanych pojęć i stanowi o wartości recenzowanego podręcznika. Przydatność tego rozdziału podniosłoby jeszcze bardziej zamieszczenie kilkunastu zadań ilustrujących prezentowane w nim treści. Notabene, pojęcie przestrzeni Hilberta (p. 5.1) oraz omówienie operatorów (p. 5.2–5.5) mogłyby się znaleźć już w rozdz. 4.

Rozdział 6 przedstawia analityczne rozwiązania równania Schrödingera dla kwantowego oscylatora harmonicznego oraz atomu wodoropodobnego. Strona matematyczna przedstawianych rozwiązań ścisłych (p. 6.3 i 6.4) jest przejrzysta. Moje zastrzeżenie budzi jedynie tytuł p. 6.3 „Ruch w potencjale oscylatora harmonicznego”. W przypadku rozpatrywania stacjonarnego zagadnienia własnego nie można mówić, w sensie kwantowym, o ruchu.

„Symetria w układach kwantowych” to tytuł rozdziału 7, w którym dyskutowane są obroty, translacje, odbicia i inwersja, a następnie odwrócenie czasu i symetria cechowania. Trafna i oryginalna jest dyskusja operacji inwersji (p. 7.2). Jasno przedstawione są transformacje ciągłe (p. 7.3) ze wskazaniem ich związku z zasadami zachowania pędu i momentu pędu oraz transformacje cechowania (p. 7.4) z podkreśleniem ich związku z klasyczną elektrodynamiką. Rozdział kończą wzmianki o efekcie Aharonova–Bohma, oddziaływaniach elektrosta-tycznych oraz fazie Berry’ego. Sądzę, że w podsumowaniu, którego brak, można byłoby zamieścić wzmiankę o jednym z najważniejszych twierdzeń fizyki teoretycznej, jakim jest twierdzenie Emmy Noether, określające związek między symetriami ciągłymi a istnieniem zasad zachowania.

Kolejny, ósmy rozdział jest poświęcony wewnętrznemu stopniowi swobody cząstek elementarnych – spinowi. Książka Adamowicza jest jedynym znanym recenzentowi polskim podręcznikiem akademickim mechaniki kwantowej, w którym podjęto próbę wprowadzenia czytelnika w informatykę kwantową (p. 8.8) – nową i dynamicznie rozwijającą się interdyscyplinarną dziedzinę nauki i techniki. Uważam jednak, że tej problematyce należało poświęcić znacznie więcej miejsca, naświetlając szerzej takie zagadnienia, jak dekoherencja, klonowanie stanów kwantowych,

teleportacja, przesyłanie informacji kwantowej, jej kodowanie i przetwarzanie w komputerach kwantowych czy też kryptografia kwantowa.

Standardowe podejście do metod przybliżonych rozwiązywania równania Schrödingera, którymi są rachunek zaburzeń (bez czasu i z czasem) oraz metoda wariacyjna, składają się na treść rozdz. 9. Z kolei rozdz. 10 dotyczy mechaniki kwantowej układu wielu cząstek. Autor m.in. w dość prosty sposób wyprowadza postać funkcji falowej dla układu N bozonów, operator gęstości dla układu N bozonów będących w równowadze z termostatem oraz średnią liczbę bozonów w stanie o zadanej energii. Podobnie radzi sobie z układem N fermionów. Rozdział kończy pouczające zastosowanie wprowadzonego formalizmu do oszacowania metodą wariacyjną energii stanu podstawowego atomu helu.

Rozdział 11 jest poświęcony podstawom formalizmu kwantowego opisu elastycznego rozpraszania cząstek. Uwagę zwraca dość eleganckie wyznaczenie amplitudy rozpraszania (p. 11.5) oraz ujęcie przybliżenia Borna (p. 11.6). Autor bardzo zręcznie przedstawia zastosowanie diskutowanego podejścia do oszacowania amplitudy rozpraszania i przekroju czynnego na przykładzie potencjału Yukawy.

Uogólnienie nierelatywistycznej mechaniki kwantowej na przypadek cząstek poruszających się z prędkościami bliskimi prędkości światła jest przedmiotem rozważań ostatniego, dwunastego rozdziału. W łatwy do przyswojenia sposób przedstawiono wyprowadzenie równania Kleina–Gordona, a następnie równania Diraca. Interesującą formę ma zaproponowane przez Autora przejście w równaniu Diraca do granicy nierelatywistycznej, czego wynikiem jest wyprowadzenie równania Pauliego oraz operatora opisującego oddziaływanie spin–orbita.

Dodatki, w liczbie ośmiu, stanowią integralną część książki i są jej cennym uzupełnieniem. Na przykład, w Dodatku 4 znajduje się wzmianka na temat bibliotek programów komputerowych, które można zastosować do numerycznej analizy równania Schrödingera, oraz krótkie wprowadzenie do obliczeń numerycznych i symbolicznych za pomocą pakietu Mathematica. Natomiast ważne zagadnienia ściśle związane z możliwością zastosowania mechaniki kwantowej do przetwarzania informacji kwantowej (splątanie, paradoks EPR, nierówności Bella) są skrótowo poruszone w Dodatku 7.

Moim zdaniem bardzo dobry podręcznik akademicki powinien spełniać dwa podstawowe warunki: po pierwsze, przekazywać czytelnikowi w sposób zwięzły i możliwie najbardziej zrozumiały wybrany zakres wiedzy, po drugie, umożliwić mu zdobycie praktycznych umiejętności poprawnego posługiwania się przekazaną wiedzą. Ten drugi cel ma szczególnie doniosłe znaczenie w przypadku kształcenia inżynierów.

Recenzowana książka jest dobrym, autorskim wprowadzeniem do wybranych zagadnień fizyki kwantowej. Zawiera materiał dotyczący najważniejszych zagadnień z zakresu nierelatywistycznej mechaniki kwantowej z elementami mechaniki relatywistycznej (rozdz. 12). Prezentuje wy-

soki poziom merytoryczny w zakresie, którego dotyczy. Jej strona redakcyjna i kolejność rozdziałów nie budzą moich najmniejszych zastrzeżeń. W ten sposób opiniowany podręcznik akademicki spełnia pierwszy z ww. warunków.

Uważam, że treści poszczególnych rozdziałów książki powinny być uzupełnione przykładami zadań z rozwiązaniami. Brakuje, z wyjątkiem rozdz. 3, zamieszczenia na końcu rozdziału listy zadań i problemów rozwiązanych lub przeznaczonych do samodzielnego przeanalizowania. Większość rozdziałów, z wyjątkiem rozdz. 2, 3 i 12, nie kończy się, niestety, podsumowaniem. Sprawia to wrażenie, że książka została napisana w pośpiechu i że Autorowi nie starczyło konsekwencji. Są to moim zdaniem najpoważniejsze zastrzeżenia wobec recenzowanej książki, które obniżają jej walory jako podręcznika akademickiego. Zrozumienie, a następnie utrwalenie treści podręcznika najefektywniej realizuje się poprzez samodzielne rozwiązywanie zadań i problemów o różnicowanym poziomie trudności. Być może drugie wydanie pozwoli wzbogacić jego treść.

Kolejnym niedostatkim książki jest zbyt skromna bibliografia. Autor mógłby zdecydowanie częściej odsyłać czytelnika do rozdziałów innych książek, w których wiele zagadnień jest omówionych szerzej lub głębiej, a w których znajdują się dyskusje problemów pominiętych w książce. Ponadto w spisie literatury mogłyby zostać zacytowane książki oraz dostępne w internecie artykuły przeglądowe o charakterze popularnonaukowym lub naukowo-dydaktycznym, zaczerpnięte z bieżącej literatury i dotyczące zagadnień dyskutowanych w książce.

Mam nadzieję, że przekonałem Czytelników o przydatności recenzowanej książki jako materiału dydaktycznego dla wykładowców i studentów. Na jej dobre strony zwracałem powyżej uwagę, a znając podręczniki akademickie z zakresu nauk przyrodniczych wydane w Stanach Zjednoczonych, pozwoliłem sobie też na wskazanie kilku uchybień i niedociągnięć głównie o charakterze dydaktyczno-redakcyjnym, sugerując ich uwzględnienie w przyszłych wydaniach książki.

Włodzimierz Salejda

Instytut Fizyki

Politechnika Wrocławska

Sherlock Holmes i kod Wszechświata

Jarosław Włodarczyk: *Sherlock Holmes i kod wszechświata*, Wyd. Świat Książki, Warszawa 2006, s. 311, cena 29 zł.

Genialny detektyw-amator jest postacią stosującą metodę dedukcji w rozwiązywaniu zagadek kryminalnych w książkach Conan Doyle'a i jest też przewodnikiem w odkrywaniu tajemnic Wszechświata w recenzowanej książce Jarosława Włodarczyka. Jak w prawie każdym kryminale, tak i tutaj akcja książki zaczyna się od informacji o tym, że ktoś, nawet kilka osób, stracił życie w tajemniczych okolicznościach. Autor donosi nam o tym już w pierwszych zdaniach Prologu:

Rok 1926 okazał się fatalny dla amerykańskich milionerów. (...) Postradali życie w czasie niezwykle ważnym dla ludzkości.

A dalej jeszcze bardziej zaciekawia i wyjaśnia:

Właśnie astronomowie obserwujący odległe galaktyki i fizycy badający konsekwencje nowej teorii grawitacji Alberta Einsteina zaczęli dochodzić do wspólnych wniosków na temat wszechświata, w którym przyszło nam żyć. Okazał się on znacznie większy, niż sądzono jeszcze w pierwszych latach XX wieku. Ale naprawdę niezwykle było odkrycie, że przestrzeń kosmiczna szybko się rozszerza. Tak więc wszechświat rósł, nadymał się, puchł, rozbiegał się we wszystkie strony... Już nazwanie tego zaskakującego zjawiska sprawia sporo kłopotu, a co dopiero dogłębne zrozumienie.

Tak, naprawdę niezwykle były lata dwudzieste XX w. Jedno odkrycie za drugim coraz bardziej zaskakiwało i zadziwiała. Uczyliśmy się lepiej oceniać odległości do gwiazd i galaktyk. Po Wielkiej Debacie musieliśmy usunąć Słońce ze środka naszego systemu gwiazdnego. To Kopernik umieścił Słońce w środku „wszystkiego” i trzeba było aż prawie 400 lat, aby zrozumieć, że Słońce nie jest najważniejszą, a po prostu przeciętną gwiazdą gdzieś na peryferiach Drogi Mlecznej. Zaczynaliśmy rozumieć, że tzw. mgławice galaktyczne to skupiska ogromnej liczby gwiazd podobnych do naszego Słońca, a Edwin Hubble mierzył ich prędkości i stwierdził, że od nas uciekają. Jan Oort, Bertil Lindblad i inni odkrywali obecność materii między gwiazdami, która bardzo zaburza i zniekształca nasze pomiary, itp.

Kolejne dziesięciolecia przyniosły jeszcze bardziej zdumiewające fakty. (...) Mistrzami kodu wszechświata zawsze byli badacze Kosmosu. Bez nich człowiek do dzisiaj odbierałby teatr zjawisk niebieskich dość powierzchownie: napawając się urodą gwiazdozbiorów, drżąc ze strachu przed złowróżbnymi kometami, z niepokojem oczekując, czy znowu przed wschodem Słońca pojawi się Gwiazda Poranna... Astronomowie i kosmolodzy odkryli trzeci wymiar wszechświata i kosmiczne przestrzenie, a w końcu zrozumieli znaczenie czasu w życiu całego Kosmosu i jego poszczególnych składników. W każdym stuleciu rozwoju naszej cywilizacji kod wszechświata okazał się coraz bardziej fascynujący i – abstrakcyjny. Z tego powodu przedstawione tu przypadki zostały uzupełnione sylwetkami uczonych, dzięki którym nasza wiedza o Kosmosie uległa istotnym przemianom, stając się fizyką wszechświata, opisaną językiem matematyki.

Takie jest wyznanie Autora uzasadniającego swe dzieło. Zaiste, musimy się z nim zgodzić, bo rzeczywistość astronomia wszechobejmuje wszystkie dziedziny naszej świadomości: jest obecna w wielu dziedzinach nauki, kultury i w naszym życiu codziennym, w systemach religijnych, dziełach malarskich i kompozycjach muzycznych. Jarosław Włodarczyk pomaga nam dostrzec, gdzie kryją się tajemnice Wszechświata. Wskazuje wybrane zjawiska i pomaga zrozumieć, jak astronomowie dochodzili do ich rozpoznania i zrozumienia, czyli jak odnajdywali tytułowy kod Wszechświata.

Idąc za przykładem angielskiego detektywa, Autor przy użyciu dostępnych mu instrumentów naukowych, swojej wiedzy, skrupulatności i intuicji, śledzi w źródłach pisanych i niepisanych, w rycinach i freskach, w wierzeniach i religiach starożytnych ludów najwcześniejsze udokumen-

towane związki człowieka z Wszechświatem. Zaczyna tę intelektualną, detektywistyczną przygodę od wierzeń i religii mitraizmu. Czytając tę część, trochę gubiłem się w podziemiach świątyni starożytnej Cylicji, a potem w świątyniach ku czci Mitry. Mitra był indoeuropejskim bogiem światła, popularnym w państwie perskim. W Rzymie czczono go jako twórcę życia, dobroczyńcę ludzkości i pośrednika między ludźmi a bogami. Rzymski kult Mitry-Stońca przybrał charakter misterii, z których najważniejszy był chrzest z krwi byka i rytualny posiłek. Jego wyrazem w sztuce były m.in. przedstawienia walki Mitry z bykiem kosmicznym. Zabijając byka, Mitra dał początek całej przyrodzie, która powstała z ciała i krwi zwierzęcia. Tak więc mitryzm miał liczne powiązania z astrologią. Dalej Autor wiecie nas na spotkanie z wielkimi badaczami i myślicielami starożytności i średniowiecza – Klaudiuszem Ptolemeuszem, Mikołajem Kopernikiem – czy młodszymi: Tychohem Brahe, Johannesem Keplerelem i Williamem Herschelem, że nie wspomnę Newtona i Einsteina. W czasie tej wędrówki przez epoki cywilizacji zatrzymujemy się na chwilę, oczywiście razem z Autorem, przy Augustie Dupin – detektywie-amatorze, którego „dziwacznym wybrykiem” było „umiłowanie nocy dla niej samej”, i przy wyjaśnieniu, co z tego wynikało. Oczywiście nie mogło zabraknąć gigantów nauki XX wieku: Edwina Hubble’a, Georges’a Lemaître’a czy George’a Gamowa. Autor nie ogranicza się tylko do działalności astronomicznej wspomnianych osób, ale analizuje oddziaływanie uzyskanych przez nich wyników na życie kulturalne i naukowe ich epoki i epok późniejszych, a nawet ich wpływ na dzieje świata. Dowiadujemy się, jak reagowali wielcy pisarze i poeci, tacy jak Słowacki, Szekspir, Verne czy Poe, na nowe odkrycia naukowe. Czy książę Hamlet był zwolennikiem teorii Kopernika? A jak odnosili się do ówczesnych odkryć wielcy wodzowie i władcy, jak Juliusz Cezar, Aleksander Wielki czy Ludwik XIV?

O tych postaciach i prawie dwustu innych opowiada Autor w tajemniczy i ciekawy sposób: w konwencji książki detektywistycznej, by nie powiedzieć kryminału. Oczywiście obecny jest Conan Doyle i prowadzi na kartach tej książki swe rozmyślenia, przeplatane refleksjami astronomicznymi, jak uśmierci Sherlocka Holmesa. A kto zabił Niebiańskiego Byka? Kto wymyślił Wielki Wybuch? Autor nie tylko nie przytłacza czytelnika nadmierną, suchą naukowością, ale wręcz przeciwnie, uruchamia pokłady naszej wyobraźni. Jak prawdziwy detektyw-intelektualista nie zadowala się poszlakami czy domniemaniem, ale gromadzi skrzętnie dowody swych dociekań w postaci rycin, drzeworytów, fotografii, wykresów i map, które umieszcza w tekście swej pracy.

W sumie jest to jednak historia odkryć astronomicznych na przestrzeni wielu wieków. Im bardziej zagłębiamy się w lekturę tej książki, tym bardziej się przekonujemy, że Wszechświat jest niewątpliwie niedającym się pominąć elementem naszej świadomości. Tak jak to było od wieków, jesteśmy ciągle ciekawi, jaki on jest, czy i jak sprzyja naszym pragnieniom, czy nam zagraża. Teraz, w epoce odkrywania planet wokół innych gwiazd, zastanawiamy się,

czy tam czasem nie żyją podobne do nas istoty? Czy kiedyś nawiążemy ze sobą jakieś kontakty?

Książka jest bardzo ładnie wydana, bogato ilustrowana. Bardzo użyteczna jest „Nota bibliograficzna dla ciekawego czytelnika” oraz „Indeks osób, dzieł i postaci fikcyjnych”. Ale nie mogę zrozumieć, dlaczego Autor pisze systematycznie „wszechświat” małą literą – przecież to jest nazwa własna obiektu, o którym opowiada. Słońce, Układ Słoneczny, Droga Mleczna też piszemy wielkimi literami, gdy chodzi o te konkretne obiekty naszego kosmicznego środowiska.

Doktor hab. Jarosław Włodarczyk jest astronomem i historykiem nauki, pracuje w Instytucie Historii Nauki Polskiej Akademii Nauk na stanowisku docenta. Jest autorem m.in. takich książek, jak *Wędrówki niebieskie*, *Historia naturalna gwiazdozbiorów* oraz *Tajemnica Gwiazdy Betlejemskiej*. Gorąco polecam lekturę także omówionej tu książki.

Andrzej Woszczyk
Centrum Astronomii UMK
Toruń

Historia fizyki

Andrzej Kajetan Wróblewski: *Historia fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 620.

Książka Andrzeja Kajetana Wróblewskiego jest owocem prowadzonych przez niego od ponad 30 lat na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego wykładów historii fizyki. Zarówno w literaturze poświęconej historii fizyki jak i historii innych nauk przyrodniczych można zaobserwować dwa zasadnicze kierunki; pierwszy z nich przedstawia badacza i jego osiągnięcia często w oderwaniu od epoki i jest właściwie historią badaczy, drugi zaś przedstawia rozwój określonych idei. Profesor Wróblewski w swojej książce stara się połączyć te dwa kierunki i chwala mu za to. Przedstawia więc rozwój idei fizycznych, nie zapominając o twórcach tego rozwoju. Stara się przedstawić twórców nauki jako ludzi wraz z ich słabościami, a nie jak oderwanych od życia „półbogów”, którzy nigdy się nie mylą i zawsze znajdują prawdziwe rozwiązania. *Historia fizyki* jest napisana dla szerokiego grona odbiorców, a nie tylko dla fizyków. Z tego powodu fizyk może czasami odczuwać pewien niedosyt spowodowany brakiem ujęć ilościowych. Jednak dzięki takiemu podejściu książka przyczyni się do spopularyzowania fizyki i jej historii, co stanowi jej niewątpliwą zaletę. Obejmuje ona dzieje rozwoju fizyki od czasów starożytnych do czasów nam współczesnych. Jest to pierwsze takie dzieło w języku polskim poświęcone historii fizyki. Jest ono również istotnym wydarzeniem w historii nauki na skalę światową.

Książka składa się z pięciu części. Część pierwsza obejmuje starożytność i średniowiecze, tj. okres, w którym tkwią korzenie naszej wiedzy. Część druga poświęcona jest początkom fizyki nowożytnej, część trzecia rozwojowi fizyki w dobie Oświecenia, zaś części czwarta i piąta odpowiednio fizyce XIX i XX wieku. Taki podział chronologiczny jest uzasadniony. Gdzie tylko było to możliwe, Autor starał się

korzystać z prac oryginalnych. Aby zobrazować, czym zajmowano się w danej epoce i jakie były podstawowe problemy lub gdzie popełniano błędy, zamieszczono wiele cytatów z dzieł oryginalnych w przekładzie Autora lub innych tłumaczy. Oto trzy przykłady. Na stronach 66–68 znajdujemy obszernie cytaty z dzieła śląskiego uczonego Witelona *Perspektywa* obrazujące, czym była i czym się zajmowała optyka w średniowiecznej łacińskojęzycznej Europie, a na s. 165 cytaty z dzieła Edmégo Mariotte’a *De la nature des couleurs*, w którym neguje on odkrytą przez Francesca Grimaldiego dyfrakcję światła. Trzeci przykład to cytaty z prac Marii Skłodowskiej-Curie zamieszczone na s. 406–408. Na podstawie takich licznych cytowań czytelnik może wyrobić sobie pogląd, jakie były i są drogi rozwoju nauki, jak czasami błędzili wielcy badacze, których nazwiska weszły na stałe do historii fizyki, i ile czasu oraz wysiłku kosztowało poznanie prawdy. Napisanie historii fizyki, a także innych nauk przyrodniczych tylko na podstawie prac oryginalnych nie jest jednak możliwe. Dotyczy to przede wszystkim starożytności oraz średniowiecza i wynika z braku przekładów (wykonanych przy udziale specjalistów, w tym przypadku fizyków) wielu dzieł na języki nowożytne. Chodzi tu przede wszystkim o teksty pisane pismem klinowym, hieroglifami oraz w językach: greckim, arabskim i łacińskim. Przekłady dokonane bez udziału fizyków, chociaż filologicznie poprawne, często budzą wątpliwości merytoryczne. Podobnie jest z opracowaniami wykonanymi na ich podstawie przez nie-fizyków; w takich opracowaniach często występują nadinterpretacje. Korzystanie z tego typu źródeł wtórnych jest niestety w wielu przypadkach konieczne. Wskutek tego w wielu opracowaniach występują te same błędy i nieścisłości. Przykład taki znajdujemy na s. 64, gdzie czytamy: „Ibn Al-Haytam (...) napisał obszerny traktat poświęcony optyce (...), przetłumaczony na łacinę w roku 1270 jako *Opticae Thesaurus Alhazeni*”. Tymczasem traktat optyczny Ibn Al-Haytama (Alhazena) został przetłumaczony na język łaciński przed rokiem 1270 (może nawet w XII w. czy wręcz na jego początku), a wydał go drukiem w Bazylei w roku 1572 F. Risner razem z dziełem Witelona i nadał całości tytuł *Opticae thesaurus. Alhazeni Arabis libri septem, nunc primum editi. Eiusdem liber De crepusculis et Nubium ascensionibus. Item Vitellonis Thuringopoloni libri X. Omnes instaurati, figuris illustrati et aucti adiectis etiam in Alhazenum commentariis a Federico Risnero* (Skarbiec wiedzy optycznej. Siedem ksiąg Alhazena Araba, teraz po raz pierwszy wydanych, i jego dzieło *O zmierzchu* oraz *O wznoszeniu się chmur*. Również dziesięć ksiąg Witelona Turingo-Polaka. Wszystkie księgi na nowo opracowano, zilustrowano rysunkami i powiększono z dodanymi również przez Fryderyka Risnera komentarzami do Alhazena). Reprint tego wydania ukazał się nakładem Johnson Reprint Corporation (New York 1972). Trzeba jednak zaznaczyć, że dzięki korzystaniu z dzieł oryginalnych w znakomitej większości przypadków udało się Autorowi uniknąć wielu błędów i nieścisłości występujących w różnych opracowaniach poświęconych historii fizyki.

Chociaż książka Andrzeja Kajetana Wróblewskiego napisana jest z myślą o szerokim gronie odbiorców, nie

jest pracą popularnonaukową, lecz ma dużą wartość historyczną, ponieważ rozważania są poparte odnośnikami do źródeł pierwotnych bądź wtórnych. W każdej części dzieła znajdujemy od kilkudziesięciu do stu kilkudziesięciu odsyłaczy oraz dodatkowo zamieszczoną obszerną bibliografię.

Wydawcą dzieła jest Wydawnictwo Naukowe PWN, które, jak widać z szaty graficznej, starało się wydać *Historię fizyki* starannie i zdecydowało się zamieścić bogaty materiał ilustracyjny pochodzący ze zbiorów Autora. Nie-

stety, przez korektę przemknęło się trochę literówek i drobnych błędów.

Książka Andrzeja Kajetana Wróblewskiego powinna stać się podstawowym podręcznikiem historii fizyki, zalecanym przez wykładowców tego przedmiotu. Jest ona najpełniejszym i najlepszym opracowaniem historii fizyki, jakie do tej pory zostało wydane w Polsce.

Andrzej Bielski

Instytut Fizyki UMK
Toruń

ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI

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

Komitet, którego niżej podpisany miał zaszczyt być przewodniczącym, zorganizował 17 listopada 2006 r. w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach kolejną, II Dyskusję Panelową na powyższy temat. Wzięli w niej udział wybitni uczeni i artyści polscy, łącznie ok. 300 osób z całej Polski. Celem spotkania była – podobnie jak w I Dyskusji na ten sam temat (2 grudnia 2005 r.) – próba ukazania przedstawicielom innych nauk oraz sztuk, a także całemu społeczeństwu oraz władzom, roli fizyki jako fundamentu naszej cywilizacji i kultury. Chcieliśmy pokazać rozmaite oblicza fizyki, która nie tylko fascynuje, lecz także może wywoływać niepokój. Pragnęliśmy zasypać przynajmniej częściowo rów pojęciowy między fizykami a resztą społeczeństwa, wynikający m.in. stąd, że społeczeństwo jest wciąż za mało poinformowane o znaczeniu i osiągnięciach fizyki oraz o tym, jak głęboko nasze życie jest zanurzone w morzu pojęć fizyki i urządzeń technicznych wytworzonych w oparciu o jej idee. W spotkaniu miał także wziąć udział gość specjalny, prof. Walter Kohn (University of California, Santa Barbara) – laureat Nagrody Nobla z chemii w 1998 r. – który miał wygłosić wykład „The combined challenges of Peak Oil and global warming” (Połączone wyzwania kryzysu energetycznego i globalnego ocieplenia). Niestety, w ostatniej chwili prof. Kohn odwołał swój przyjazd ze względu na nagłe pogorszenie stanu zdrowia. Była to przykra niespodzianka – pół roku wcześniej na konferencji w Grazu wygłosił *keynote lecture*, będąc w świetnej formie. Prowadziliśmy wtedy we dwójkę w restauracji hotelowej dyskusję do późna w nocy i nic nie wskazywało, że ten 83-letni „młodzieniec”, który wykazywał wielką ochotę przyjazdu do Polski i wygłoszenia wykładu podczas naszej sesji, może zachorować w swojej słonecznej Kalifornii i nie przyjechać.

Punkt wyjścia do Dyskusji stanowiły: jej temat, tezy (mojego autorstwa; www.if.us.edu.pl/pl/panel2.htm; ich pełną listę podały też *Postępy* w zesz. 2/2006, s. 83)

oraz rezolucja Graz Forum on Physics and Society (www.wyp2005.at; pod odnośnikiem Presentations są tam też moje dwa teksty: jeden o genezie Symfonii *O ruchu* Wojciecha Kilara, drugi zaś o I Dyskusji).

Program spotkania był następujący (wszystkie wystąpienia traktowano jako głosy w dyskusji!). Sesja przedpołudniowa I (prowadzenie – Jerzy Warczewski, UŚ) rozpoczęła się od powitania i słowa wstępnego, które wygłosił prowadzący sesję. Następnie wykłady wygłosili: Marek Zrałek (UŚ) – „Skale energii od Mikro- do Makrokosmosu”, Jerzy Janik (IFJ PAN) – „Fascynacja i niepokój w związku z penetracją fizyki do pojęcia ESSE” oraz Stanisław Bajtlik (CAMK) – „Czy istnieje życie poza Ziemią?”. Sesja przedpołudniowa II (prowadzenie – Krystian Roleder, UŚ) objęła dwa wykłady: Wiesław Sztumski (UŚ) – „Metamorfoza przedmiotu badań fizyki – od substancji do energii”, ks. Janusz Mączka (PAT) – „Jak fizyka może współtworzyć środowisko filozoficzne – przykład Mariana Smoluchowskiego i Wojciecha Natansona”. W sesji popołudniowej I (prowadzenie – Maciej Sablik, UŚ) uczestnicy wysłuchali dwóch wykładów: Jerzy Łuczka (UŚ) – „Skale energii w komórkach biologicznych”, Ludwik Dobrzyński (UwB) – „Zanim zgaśnie ostatnia żarówka: źródło światła i nadziei”. Natomiast w sesji popołudniowej II (prowadzenie – Wiktor Zipper, UŚ) wykłady wygłosili: Adam Guła (AGH) – „Zrównoważony rozwój energetyki – opcja na przyszłość, także dla Polski” oraz Ludwik Pieńkowski (UW) – „Synergia węglowo-jądrowa”.

Jak widać, mimo nieobecności prof. Kohna motywem przewodnim konferencji pozostały sprawy energii i energetyki. Tematyka ta miała jednak swój kontrapunkt w postaci wykładów dotyczących związków fizyki z filozofią. Na koniec odbyła się dyskusja podsumowująca, prowadzona przez Macieja Sablika i Krzysztofa Wieczorka (UŚ), która trwała aż dwie godziny, a mogłaby trwać znacznie dłużej, gdyby czas na to pozwolił.

Jerzy Warczewski

Instytut Fizyki UŚ
Katowice



Oddział Łódzki

11 grudnia 2006 r. w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego odbyło się zebranie sprawozdawczo-wyborcze członków Oddziału. Po udzieleniu absolutorium dotychczasowemu Zarządowi w tajnym głosowaniu wyłoniono nowy Zarząd w składzie: Bogusław Broda – przewodniczący, Paweł Caban – sekretarz, Paweł Barczyński – skarbnik, Maria Giller, Edward Kapuścik, Jan Olejniczak (wszyscy z IF UŁ), Maria Mucha i Maciej Przanowski (oboje z Instytutu Fizyki Politechniki Łódzkiej) oraz Anna Piotrowska (XXIV LO im. Marii Skłodowskiej-Curie w Łodzi) – członkowie. Korespondentem Oddziału jest autor tej notatki (z IF UŁ).

W okresie sprawozdawczym (od 17 maja 2005 r. do 11 grudnia 2006 r.) liczba członków PTF w Oddziale Łódzkim wynosiła 99 osób i nie uległa zmianie. Z przykrością odnotujemy, iż 5 października 2005 r. zmarł nasz wybitny członek, prof. Marian Kryszewski (Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN).

Oddział organizował zebrania Zarządu zgodnie z wymogami statutu oraz prowadził inne formy działalności. 12 czerwca 2006 r. odbyło się Walne Zebranie Członków Oddziału, na którym m.in. przedstawiono referat „VII Program Ramowy a finansowanie badań w fizyce”. W całym



Od lewej: Anna Piotrowska, Maria Giller, Maciej Przanowski, Paweł Caban, Bogusław Broda, Edward Kapuścik, Jan Olejniczak oraz Paweł Barczyński (fot. Michał Tadeusz Szanecki)

okresie sprawozdawczym w gmachu IF UŁ wygłoszono 9 „referatów plenarnych”. W ramach działalności popularyzatorskiej w Łódzkim Domu Kultury przedstawiono 10 referatów dla młodzieży i nie tylko. Tradycyjnie Oddział ufundował nagrody książkowe dla najlepszych zawodników Olimpiady Fizycznej z regionu. Przy wsparciu IF UŁ przygotowano i rozesłano do ponad 600 szkół regionu broszurę informacyjną o blisko 100 imprezach Światowego Roku Fizyki 2005 (kilka z nich Oddział zorganizował lub bezpośrednio zainspirował).

Michał Tadeusz Szanecki



Liczba prenumeratorów *Postępów Fizyki* (1998–2007) i członków PTF

Oddział PTF	Liczba prenumeratorów			Liczba członków (2007)	Odsetek (2007)
	1998	2002	2007		
Białostocki	3	3	3	31	10
Bydgoski	8	9	17	64	27
Częstochowski	18	14	8	65	17
Gdański	19	24	12	115	10
Gliwicki	17	16	6	52	12
Katowicki	18	17	19	110	17
Kielecki	7	8	7	50	14
Krakowski	110	103	86	219	39
Lubelski	33	36	28	125	22
Łódzki	8	6	10	99	10
Opolski	26	23	27	50	54
Poznański	120	42	45	138	33
Rzeszowski	14	20	8	103	8
Słupski	6	4	2	brak danych	
Szczeciński	24	21	21	56	38
Toruński	80	135	110	100	100
Warszawski	87	56	18	386	5
Wrocławski	51	62	34	176	19
Zielonogórski	—	23	4	91	4
łącznie	649	622	465	2030	23

Theodor Kaluza – gwiazda światowej fizyki z opolskiej wyspy Pasieki

23 listopada 2005 r. w opolskim ratuszu odbyła się uroczysta sesja popularnonaukowa poświęcona upamiętnieniu 120. rocznicy urodzin Teodora Kaluzy – Górnoślązaka z pochodzenia, w swoim czasie pomysłodawcy nowej, z pozoru absurdałnej ścieżki w fizyce. Kaluza odważył się mianowicie podważyć to, co zwykliśmy uważać za oczywiste – trójwymiarowość świata. Musiało upłynąć dużo czasu, nim pomysł ten został szerzej przyjęty, a w końcu – uznany za jedną z najbardziej inspirujących idei XX stulecia. Sesja wpisała się, obok wcześniejszych referatów na Opolskim Festiwalu Nauki, także w obchody Światowego Roku Fizyki 2005 na Opolszczyźnie. Przeprowadzono ją w odświętnej oprawie, w sali posiedzeń Rady Miejskiej Opola, z udziałem prezydenta miasta i przedstawicieli Rady, środowisk naukowych miejscowych uczelni – Uniwersytetu i Politechniki – a także mieszkańców Opola.



Theodor Kaluza (1885–1954)

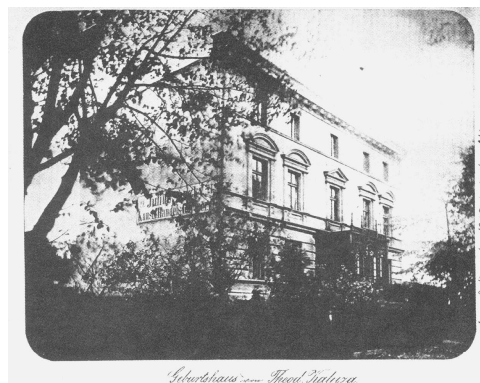
Światowy Rok Fizyki przyniósł dla Opola, prócz spodziewanych plonów, także pewien nieoczekiwany, acz ciekawy owoc. Gdziekolwiek sięgaliśmy dotąd po dane biograficzne Teodora Kaluzy (drukowane, internetowe, zasłyszane), dowiadaliśmy się, zależnie od źródła: niemiecki/polski ... matematyk/fizyk ... urodzony w Königsberg/Ratibor (Królewcu/Raciborzu). Od tego roku wiemy już więcej. Profesor Jan Kubik, mechanik-teoretyk i matematyk z Politechniki Opolskiej, a z zamiłowania odkrywca i badacz niedocenianych lub wprost zapomnianych uczonych-poprzedników, z korzeniami wroslymi w ten region, odnalazł w archiwaliach opolskiego kościoła katedralnego wpis w księdze chrztów, zaświadcający o tym, że trojga imion Theodor Franz Eduard Kaluza urodził się i mieszkał w Opolu, wówczas niemieckim Oppeln – na wyspie Pasiece, kolebce najstarszego osadnic-

twą grodu. (Wspomnijmy przy okazji, że prof. Kubik odkrył też nie mniej fascynujące związki z regionem innych wielkich matematyków epoki: Richarda Couranta, urodzonego w Lublińcu, rówieśnika Theodora, i nieco starszego od niego Martina Kutty, urodzonego w jednym z najciekawszych miast Opolszczyzny – w prastarej Byczynie).

W niecały rok po wspomnianej okolicznościowej sesji, 27 października 2006 r., imię Teodora Kaluzy nadano świeżo zbudowanemu i wtedy właśnie otwieranemu Obserwatorium Astronomicznemu Uniwersytetu Opolskiego (zob. Kronika w tym zeszycie).

Jak na skromne, peryferyjne obserwatorium astronomiczne (ze śródmiejską lokalizacją, na razie wyposażone zaledwie w podstawowy sprzęt), Theodor Kaluza jest bardzo wymagającym patronem. W internetowym słowniku biograficznym AstroCosmo (www.astrocosmo.cl/biografi/biografi.htm) jest on (a także Oskar Klein, o którego związkach ze sprawą wspomniemy za chwilę) umieszczony w panteonie 60 największych uczonych wszech czasów (obok m.in. Arystotelesa, Bohra, Diraca, Einsteina oraz dwojga naszych rodaków – Mikołaja Kopernika i Marii Skłodowskiej-Curie). Kim był, iż jego osiągnięcia budzą aż tak wielki rezonans?

Oto informacje w encyklopedycznym skrócie. Urodził się 9 listopada 1885 r. w Opolu w rodzinie profesora opolskiego gimnazjum – anglisty, dra Maksa Kaluzy – i jego żony Amalii z Zarubów. Mieszkał w domu na wyspie Pasiece (przy dzisiejszej ulicy Strzelców Bytomskich, niedaleko niemieckiego wicekonsulatu). Rodzice przyszłego uczonego pochodzili spod Raciborza (stąd zapewne sporo mylnych tropów do miejsca urodzenia Theodora). W roku 1887 Max Kaluza został najpierw powołany na stanowisko



Archiwalne zdjęcie domu rodzinnego Kaluzy (wg monografii Daniela Wuensche *Der Erfinder der 5. Dimension, Theodor Kaluza Leben und Werk*, Termessos, 2007 – dzięki uprzejmości prof. Józefa Musieloka)

docenta (tzw. Privatdozent), a później, od 1895 r., na stanowisko profesora zwyczajnego Uniwersytetu w Królewcu.

Z Opola mały Theodor wyjechał w wieku trzech lat z rodzicami do Królewca. W tym mieście otrzymał podstawy wykształcenia. Tu też, na Uniwersytecie w Królewcu, ukończył studia matematyczno-fizyczno-astronomiczne. Wzorem ówczesnego niemieckiego systemu kształcenia, studia uzupełnił rocznym stażem na Uniwersytecie w Getyndze pod okiem ponadczasowych sław – Davida Hilberta i Hermanna Minkowskiego, znajomych ojca z czasów królewieckich. Na Uniwersytecie w Królewcu obronił doktorat oraz zrobił habilitację z pogranicza matematyki i fizyki. Po habilitacji przez 20 lat pracował tu jako Privatdozent. W roku 1929 został profesorem matematyki na Uniwersytecie w Kilonii, a od 1935 r. – profesorem zwyczajnym na Uniwersytecie w Getyndze. (Wspomnijmy przy okazji, że był tam – po exodusie żydowskich profesorów z uniwersytetów niemieckich, jaki nastąpił po 1934 r. – następcą swego górnośląskiego ziomka, Richarda Couranta). Zmarł w Getyndze 19 stycznia 1954 r., na dwa miesiące przed osiągnięciem wieku emerytalnego.

Po ojcu odziedziczył nadzwyczajne zdolności językowe i szerokie wykształcenie ogólne. Był poliglotą, znał 16 języków, a najchętniej korzystał z arabskiego. Z częścią swojej rodziny komunikował się po polsku.

Kim był – Polakiem, Niemcem, Czechem, Ślązakiem, Morawianinem? (Jego przodkowie od 300 lat zamieszkiwali pod Raciborzem, u wylotu tzw. Bramy Morawskiej, nieopodal dawnego szlaku bursztynowego). Nie znajdziemy na to pytanie odpowiedzi. Chyba wszystkim po trosze. Czuł się jednak Niemcem i w czasie I wojny światowej służył, jako żołnierz frontowy, w niemieckiej armii. Jako uczonego był obywatelem świata, a Opole ma szczególnie honor szczeni się tym, że jest miejscem jego urodzenia. Wrocławską fizyka ma swego patrona w osobie wrocławianina z urodzenia – noblisty Maksa Borną; fizyka polska najpewniej podobnie wiąże się z nazwiskiem Teodora Kałuży, który nie został noblistą (zresztą nie on jeden z wielkich), ale przed współczesnymi sobie i późniejszymi uczonymi otworzył niebywale szerokie perspektywy zdobycia Nagrody Nobla z fizyki.

W książce – swoistej wizji światów – *Hiperprzestrzeń. Naukowa podróż przez wszechświaty równoległe, pętłe czasowe i dziesiąty wymiar*, autorstwa Michio Kaku, profesora City University of New York, światowej sławy w dziedzinie fizyki teoretycznej, czytamy:

W krótkim artykule, liczącym tylko kilka stron, mało znany matematyk z Królewca, Theodor Kaluza, zaproponował [w 1919 roku] rozwiązanie jednego z największych problemów stulecia. W kilku liniijkach Kaluza jednoczył teorię grawitacji Einsteina z teorią światła Maxwella, osadzając teorię pola nie w czterech (jak to było dotąd), lecz w pięciu wymiarach. Potem wykazał, że pięciowymiarowe równania zawierają w sobie wcześniejszą czterowymiarową Ogólną Teorię Względności Einsteina i pewien dodatek. (...) Einsteinem wstrząsnął fakt, że tym dodatkiem była

dokładnie teoria światła Maxwella. Nieznany uczony jednym pościąganiem pióra zaproponował połączenie dwóch największych teorii pola znanych nauce, scalając je w piątym wymiarze. (...) Światło pojawiało się jako zakrzywienie w geometrii wyższych wymiarów¹.

Kaluza nadał artykułowi imponujący tytuł „O problemie jedności w fizyce” („Zum Unitätsproblem der Physik”, *Sitzungsber. Preuss. Akad. der Wiss., Berlin, Math. Phys. K1*, 966 (1921)). Swoją teorię darzył dużym zaufaniem i z przekonaniem twierdził (cytat nadał za Michio Kaku): „Rzucającej się w oczy prostoty i piękna teorii nie można uznać tylko za fascynującą grę kapryśnego przypadku”.

Zacytujmy jeszcze inną współczesną znakomitość fizyki teoretycznej, Briana Greene’a z Columbia University (*Piękno Wszechświata. Superstruny, ukryte wymiary i poszukiwanie teorii ostatecznej*):

21 kwietnia 1919 roku [Einstein] odpisał Kaluzie, że nigdy nie wpadł na pomysł, aby osiągnąć unifikację przez wprowadzenie „pięciowymiarowego (...) świata”. Po czym dodał: „na pierwszy rzut oka Pański pomysł niezmiernie mi się podoba”. Tydzień później Einstein wysłał jednak do Kaluzy list wyrażający sceptycyzm: „Przeczytałem dokładnie Pański artykuł i stwierdzam, że jest naprawdę interesujący. Na razie nie znalazłem w nim nic niemożliwego. Z drugiej strony, muszę przyznać, że przytoczone argumenty nie są dość przekonujące”. Ponad dwa lata później, po dokładnym przeanalizowaniu nowatorskiego podejścia Kaluzy, 14 października 1921 roku Einstein jeszcze raz do niego napisał: „Zastanawiam się ponownie, czy słusznie zniechęciłem Pana dwa lata temu do publikacji Pańskiego artykułu, zawierającego pomysł na połączenie grawitacji z elektrycznością. (...) Jeśli Pan sobie życzy, ostatecznie jestem skłonny przedstawić Pańską pracę Akademii”².

Z dwuletnim opóźnieniem praca Kałuży weszła wreszcie do obiegu światowej myśli naukowej.

W roku 1926 szwedzki matematyk, Oskar Klein, połączył teorię Kałuży z mechaniką kwantową. Zasugerował mianowicie, że piąty – niewidoczny dla nas – wymiar czasoprzestrzeni nie jest płaski (jak w „zwykłych” wymiarach x, y, z), lecz zwinięty w okrąg/sferę/cylinder. W każdym lokalnym okręgu krąży wpasowana (stojąca) fala kwantowa (okrąg musi „zmieścić” całkowitą liczbę długości fal). To – zdaniem Kleina – może tłumaczyć nieobecność piątego, periodycznego wymiaru w zwykłych eksperymentach, bo te są rezultatem uśrednienia po tym wymiarze. Każda fala odpowiada cząstce o innej energii-masie/ładunku. Aby otrzymać poprawną wartość ładunku e ze znanego nam świata, należy przyjąć rozmiary takiej struktury rzędu tzw. długości Plancka, $l_p = (\hbar G/c^3)^{1/2} \approx 10^{-35}$ m (symbole mają ogólnie przyjęte znaczenie). Fala stojąca o jednym okresie (podstawowa) jest odpowiednikiem masy elektronu, o 1836 okresach – masy protonu. Klein wykazał w szczególności, że „zwykłe” równanie Schrödingera można wyprowadzić z równania falowego w pięciowymiarowej czasoprzestrzeni, przy czym stała Plancka nie występuje w nim w sposób pierwotny, lecz jest konsekwencją periodyczności ukrytego wymiaru. Być może – sądził

¹Tłumaczenie Ewa L. Łokas i Bogumił Bieniok, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 1995.

²Tłumaczenie Ewa L. Łokas i Bogumił Bieniok, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2001.

Klein – planckowska kwantowość w ogóle jest konsekwencją periodyczności piątego wymiaru („The Atomicity of Electricity as a Quantum Theory Law”, *Nature* **118**, 516 (1926)).

W tamtym czasie oddziaływania jądrowe nie były jeszcze znane, nie były też znane inne cząstki elementarne oprócz elektronu i protonu (przy czym masa protonu wydawała się całkowitą wielokrotnością masy elektronu), a więc teoria Kałuży–Kleina (K–K) tłumaczyła w zasadzie wszystko, co w tamtym czasie było do wytłumaczenia, włącznie z odmiennością mas oraz ładunków protonu i elektronu. Później odkryto jednak oddziaływania jądrowe oraz nowe cząstki elementarne, których teoria K–K nie przewidywała – i teoria ta została zapomniana na półwiecze. Nie udało się rozwikłać tego problemu także Einsteinowi.

Renesans teorii K–K nastąpił w latach siedemdziesiątych XX w., gdy zawiodły inne drogi osiągnięcia tzw. unifikacji fizyki. Dziś szeroka klasa teorii, obejmujących gra-

witację, dodatkowe wymiary i tzw. supersymetrię, nosi zamiennie nazwy teorii strun, teorii supergravitacji lub teorii wszystkiego. Są to współczesne (10- lub 11-wymiarowe) wersje teorii K–K. Na tej drodze dąży się w granicy do superteorii fizycznej (ciągle pozostającej w sferze marzeń fizyków) – Grand Unified Theory of Everything, która być może w jednym obrazie zdoła przedstawić naturę wszystkich sił, mas i ładunków, jakie występują w przyrodzie.

Wspomnijmy przy okazji, że dzisiejszy stan wiedzy w fizyce, astrofizyce i kosmologii nie przeczy istnieniu dodatkowych wymiarów przestrzeni, a sama teoria K–K podsuwa, jak się wydaje, znakomite tłumaczenie odkrytego w ostatnich dekadach, niezrozumiałego „dziwu natury” – ciemnej materii, dominującej we Wszechświecie, a niewidocznej w żadnym zakresie promieniowania.

Bolesław Grabowski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Opolski

KRONIKA

■ Nowy profesor

Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych na mocy postanowienia Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 19 kwietnia 2007 r. otrzymał Ludwik Turko (UWr).

Min. Nauki i Szkoln. Wyższego

■ Nowi członkowie PAU

Polska Akademia Umiejętności na Walnym Zebraniu w dniu 23 czerwca 2007 r. wybrała nowych członków. W Wydziale III Matematyczno-Fizyczno-Chemicznym członkiem korespondentem został Krzysztof Redlich, a członkiem zagranicznym Frank Wilczek.

Krzysztof Redlich (ur. 1953 r.) jest profesorem w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego. Głównymi tematami jego badań są: kwantowa teoria pola, modele na sieci, modele plazmy kwarkowo-gluonowej, teoria cząstek elementarnych. Uzyskane przez niego wyniki wprowadzały nowe idee i w istotny sposób wpłynęły na rozwój badań nad plazmą kwarkowo-gluonową. Jest autorem ok. 130 prac naukowych i współautorem 2 monografii. Jego publikacje uzyskały ponad 3 tys. cytowań, w tym 5 prac ponad 100 cytowań, a jedna prawie 300. Był koordynatorem 5 grantów KBN oraz 2 projektów międzynarodowych. Został uhonorowany Nagrodą Naukową Fundacji Humboldta (2001).

Frank Wilczek (ur. 1951 r.) jest profesorem MIT, zajmuje się fizyką cząstek elementarnych i kosmologią. W 2004 r. otrzymał wspólnie z Davidem Grosse i Hugh Politzerem Nagrodę Nobla za odkrycie asymptotycznej swobody w teorii oddziaływań silnych. Wniósł istotny wkład w rozumienie fizycznych i kosmologicznych konsekwencji

występowania w przyrodzie aksjonów. Ma polskie korzenie, utrzymuje kontakty z polskimi fizykami, jest członkiem Polskiego Instytutu Naukowego w Nowym Jorku.

B. W.

■ Nowy skład CKST

Przewodniczącym Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów został na lata 2007–10 prof. Tadeusz Kaczorek, jego zastępcami profesorowie Wojciech Noszczyk i Tadeusz Szulc, a sekretarzem ponownie prof. Osman Achmatowicz.

W Sekcji V Nauk Matematycznych, Fizycznych, Chemicznych i Nauk o Ziemi są m.in. profesorowie: Robert R. Gałazka (IF PAN), Danuta Kisielewska (AGH), Ryszard Sosnowski (IPJ), Jan Stankowski (przewodniczący Sekcji, IFM PAN), Józef Szudy (UMK) i Karol Wysokiński (UMCS) – fizycy, Jerzy Dera (Instytut Oceanografii PAN), Marek Lewandowski (Instytut Nauk Geologicznych PAN) i Kaja Pietsch (AGH) – geofizycy, Michał Różyczka (CAMK) – astronom oraz Andrzej Dobek (UAM) – biofizyk.

www.nauka.gov.pl

B. W.

■ FNP przyznaje honorowe odznaczenia

29 maja 2007 r. w warszawskich Łazienkach odbyło się wiosenne spotkanie Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. Okazją było wręczenie przyznanych po raz pierwszy Honorowych Odznaczeń Fundacji osobom, które wniosły istotny wkład w powstanie FNP oraz jej rozwój i przyczyniły się do zdobycia przez nią dobrego imienia w środowisku naukowym.



Profesorowie Maciej W. Grabski (z lewej) i Marian Grynberg podczas uroczystości (fot. Magda Wiśniewska)

Laureatami zostali profesorowie: Maciej W. Grabski, Marian Grynberg, Henryk Samsonowicz, Janusz Sławiński i Andrzej Zoll. Wspominali oni pierwsze lata istnienia Fundacji i mówili o jej najważniejszych osiągnięciach oraz trudnych momentach w jej historii.

www.fnp.org.pl

B. W.

■ Program FNP NESTOR

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej prowadzi od 2004 r. program NESTOR adresowany do wybitnych polskich uczonych, którzy po przejściu na emeryturę chcieliby wykorzystać swoją wiedzę i doświadczenie, by wesprzeć placówki naukowe w innych polskich ośrodkach. Celem tych wyjazdów jest prowadzenie wykładów, seminariów, udzielanie konsultacji. Wysokość stypendium wynosi 5 tys. złotych miesięcznie, a strona zapraszająca zobowiązuje się do pokrywania kosztów zakwaterowania.

Wśród beneficjentów II tury programu z roku 2006 jest Stanisław Grzegorz Rohoziński, emerytowany profesor Instytutu Fizyki Teoretycznej UW, który w 2007 r. będzie przez 4 miesiące pracować w Instytucie Fizyki UMCS w Lublinie.

fnp.org.pl

B. W.

■ RAN opiera się kontroli państwowej

Członkowie Rosyjskiej Akademii Nauk (RAN) głosowali nieomal jednomyślnie przeciw zatwierdzeniu statutu proponowanego przez władze państwowe. W myśl tego dokumentu kontrola Akademii przeszłaby w gestię tych władz.

Rosyjska Akademia Nauk, założona 300 lat temu, liczy 1200 członków, ma 400 instytutów badawczych, zatrudnia ok. 200 tysięcy naukowców i techników. Dotychczas cieszyła się stosunkową swobodą i niezależnością, lecz w ubiegłym roku parlament rosyjski uchwalił, że prezes Akademii ma być zatwierdzany przez rząd. Utworzona ma być również – zaproponowana przez ministerstwo edukacji – 9-osobowa rada nadzorcza, składająca się głównie z przedstawicieli rządu. Rada miałaby nadzorować pracę Akademii, jej budżet, posiadłości materialne. Taki statut podlega zatwierdzeniu przez Akademię i ratyfikacji przez

rząd, lecz – jak się okazuje – jest nie do przyjęcia przez członków RAN.

Nature 446, nr 7136 (2007)

B. W.

■ Theodor Kaluza (Teodor Kałuża) patronem Obserwatorium Astronomicznego UO

27 października 2006 r. odbyło się uroczyste otwarcie nowo wybudowanego Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Opolskiego i nadanie mu imienia Teodora Kałuży. Uniwersytet gościł z tej okazji czołowych polskich astronomów i astrofizyków – profesorów: Andrzeja Woszczyka – prezesa Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Kazimierza Stępnia, w dwóch rolach – jako przewodniczącego Komitetu Astronomii PAN i wiceprzewodniczącego Rady Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (sponsora Obserwatorium w końcowej fazie jego budowy), Józefa Smaka, członka rzeczywistego PAN i ówczesnego wiceprzewodniczącego Prezydium Centralnej Komisji ds. Stopni Naukowych i Tytułu Naukowego, Jerzego Kreinera – budowniczego i dyrektora obserwatorium astronomicznego na Suhorze pod Krakowem, oraz Michała Tomczaka i Andrzeja Pigulskiego – dyrektorów Instytutu (i Obserwatorium) Astronomicznego UW. Okolicznościowe przemówienia wygłosili prezesi Woszczyk i Stępień, odczytano też listy gratulacyjne, które nadeszły od prof. Antoniego Opolskiego, jednego z pierwszych rektorów tej uczelni, i od – niestety, nieżyjącego już dziś – prof. Bohdana Paczyńskiego z Uniwersytetu w Princeton w USA. Kierownictwo Uniwersytetu Opolskiego reprezentowała pani prof. Krysztyna Czaja, prorektor ds. nauki i polityki finansowej; obecny był także prof. Marek Masnyk, prorektor ds. kształcenia i studentów. Honory *Majordomusa* pełnił dyrektor Instytutu Fizyki, prof. Józef Musielok.



W chwilę po oficjalnym otwarciu Obserwatorium Astronomicznego UO i nadaniu mu imienia Teodora Kałuży przez prof. Krysztynę Czaję. Pod otwartą „kopułą” Obserwatorium pani prorektor stoi w towarzystwie jego projektanta, mgr. inż. arch. Jarosława Gawryśia (pierwszy z prawej) i autora tej notatki – głównych „sprawców” uroczystości.

Otwarcu Obserwatorium i nadaniu mu imienia towarzyszyła sesja naukowa „Theodor Kaluza (Teodor Kałuża)



Dyskusja uczonych – i poważna, i (chwilami) krotocwilna. W pierwszym rzędzie siedzą od lewej: Kazimierz Stępień, Andrzej Woszczyk i autor tekstu, w drugim rzędzie: Krystyna Czaja, Jan Kubik (odkrywca opolskich korzeni Kaluży, patrz s. 186), ks. Tadeusz Dola, tyłem: Witold Karwowski.

– opolanin z urodzenia, prekursor Wielkiej Teorii Wszystkiego”. Kolejne wystąpienia miały następujących prelegentów i tytuły: prof. Jerzy Kreiner (AP Kraków), „O roli »małych« teleskopów w astronomii”; prof. Bolesław Grabowski (UO), „Świat trój-, cztero-, ..., czy dziesięciowymiarowy? Od czterowymiarowej przestrzeni Kaluży–Kleina (K–K Theory) ku GUTE (Grand Unified Theory of Everything); mgr Marcin Szpanko, „Pierwsze testy Obserwatorium Astronomicznego UO”.

Bolesław Grabowski

■ Dni Michelsona

W dniach 12–19 grudnia 2007 r. na terenie gmin Strzelno, Mogilno, Inowrocław, Skulsk i Jeziora Wielkie odbędą się wiele imprez pod ogólną nazwą „Dni Michelsona” z okazji 100. rocznicy otrzymania przez niego Nagrody Nobla z fizyki.

Albert Abraham Michelson urodził się w 1852 r. w Strzelnie, zmarł w 1931 r. w USA. W roku 1963 staraniem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, a przede wszystkim jego ówczesnego prezesa prof. Wojciecha Rubinowicza, została na rynku w Strzelnie wmurowana tablica upamiętniająca Michelsona (patrz *PF* 55, 72 (2004)).

Program obecnych uroczystości jest bardzo obszerny. Przewidziane są wykłady i o interferometrze Michelsona, i o nowoczesnym interferometrze kwantowym, otwarcie wystawy o tym uczonym w muzeum w Inowrocławiu, odsłonięcie pamiątkowych tablic na cmentarzu i w szkole gminy żydowskiej w Strzelnie. Szczegółowy program znajduje się na stronie PTF (ptf.fuw.edu.pl).

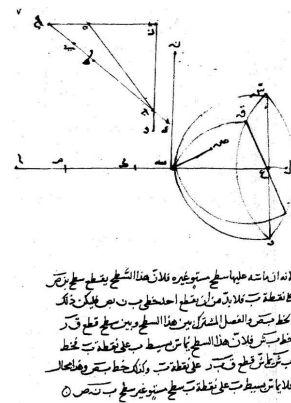
B. W.

■ Historia nauki arabskiej

Fundacja Króla Faisala (Arabia Saudyjska) przyznała w roku 2007 Międzynarodową Nagrodę im. Króla Faisala

Roshdiemu Rashedowi w uznaniu jego głębokich i dociekliwych badań, komentarzy i przekładów arabskich dzieł stanowiących wkład do nauk ścisłych, szczególnie w dziedzinie matematyki i optyki.

Rashed urodził się w 1936 r. w Kairze, studiował na Uniwersytecie Paryskim, gdzie uzyskał doktorat z filozofii matematyki, od 1965 r. pracuje w CNRS w Paryżu, jest emerytowanym dyrektorem Centrum Historii i Filozofii Arabskich oraz Średniowiecznych CNRS. Przełożył i skomentował wiele dotychczas zapomnianych i mało znanych średniowiecznych dzieł arabskich z zakresu matematyki i optyki. Jednym z jego odkryć jest traktat (983–985), którego autorem był Abu Sa'd al-'Ala' ibn Sahl (ok. 940–1000) z Bagdadu. W analogii do wcześniej znanych zapalających zwierciadeł wklęsłych ibn Sahl rozpoczął badania skupiających soczewek zapalających, co można uznać za narodziny dioptryki, o 6 wieków wyprzedzające prawo Snella.



Roshdi Rashed i reprodukcja strony manuskryptu ibn Sahla opisującej jego odkrycie prawa załamania (R. Rashed, *Isis* 81, 464 (1990))

Rashed jest m.in. redaktorem i współautorem kilkunastu tomów dzieła *Encyclopedia of the History of Arabic Science* (Routledge, Londyn i Nowy Jork 1996). Polski przekład pt. *Historia nauki arabskiej* opublikowało w latach 2000–05 wydawnictwo Dialog.

Europhys. News 38, nr 2 (2007)

B. W.

■ Nagroda L'Oréal–UNESCO

Firma L'Oréal i organizacja UNESCO od kilku lat przyznają nagrody dla wybitnych kobiet naukowców z 5 regionów świata. Spośród nadsyłanych wniosków jury wybiera tę kandydatkę, która zasługuje na najwyższe uznanie w danym regionie. Jury składa się z 14 ludzi nauki, przewodniczącym był Pierre-Gilles de Gennes (Nagroda Nobla z fizyki 1991).

W roku 2007 laureatkami zostały: z Afryki – Ameenah Gurib-Fakim (University of Mauritius) za badania roślin i ich zastosowań biomedycznych, z Azji i Oceanii – Margaret Brimble (University of Auckland) za badania nad syntezą złożonych związków naturalnych, z Europy – Tatiana Birsztajn (Rosyjska Akademia Nauk w Sankt Petersburgu) za badania kształtów, rozmiarów i ruchów wielkich

cząstek polimerów, z Ameryki Łacińskiej – Ligia Garrallo (Uniwersytet w Santiago, Chile) za badania nad rozpuszczalnością polimerów, z Ameryki Północnej – Mildred Dresselhaus (MIT) za badania w dziedzinie fizyki ciała stałego, w szczególności nad wytwarzaniem nanorurek węglowych.

B. W.

■ Wyróżnienia dla polskich popularyzatorów

Na I Europejskim Festiwalu Nauki WONDERS w grudniu 2006 r. w Vantaa koło Helsinek Marek Pawłowski i Jacek Rożynek (IPJ) otrzymali najwyższe wyróżnienie za najlepszy pokaz popularnonaukowy „Fizyczna piaskownica”. Pokaz ten, którego przygotowanie nie wymaga żadnych specjalnych przyrządów, a tylko przedmiotów użytku domowego, obejmuje prezentację kilkadziesiątu zjawisk fizycznych.



Od lewej: Michał Surma (UWr), Marek Pawłowski (IPJ), Kaziemiera Wilk (PWR), Jacek Rożynek (IPJ)

Pokaz izolowania DNA z pomidora metodą domową, „Home made DNA”, autorstwa Michała Surmy ze Studenckiego Koła Naukowego Biotechnologów „Przybysz” Uniwersytetu Wrocławskiego, został nagrodzony wyróżnieniem festiwalowej publiczności.

www.nauka.gov.pl

B. W.

■ Pokrycie antyodbiciowe

Grupa optyków z amerykańskiej Politechniki w Troy (stan Nowy Jork) zaprojektowała i wytworzyła powłokę znacznie zmniejszającą odbicie światła. Składa się ona z pięciu porowatych warstw naparowanych ukośnie na podłożu z azotku glinu. Są to kolejno: trzy warstwy TiO_2 o grubościach 77,4 nm, 80,2 nm i 99,3 nm oraz współczynnikach załamania (dla $\lambda = 633$ nm) odpowiednio 2,03, 1,97 i 1,67, a następnie dwie warstwy SiO_2 o grubościach 145 nm i 223 nm oraz $n = 1,27$ i $n = 1,05$. Dzięki stopniowo zmniejszającemu się współczynnikowi załamania i dopasowaniu jego wartości do współczynnika dla AIN ($n = 2,05$) oraz powietrza ($n \approx 1$) wielowarstwa nie odbija prawie zupełnie promieniowania w zakresie widzialnym.

Nature Photonics 1, 176 (2007)

B. W.

■ Globalne ocieplenie skraca dobę

Wydaje się, że średnia temperatura powierzchni Ziemi rośnie, co spowoduje podniesienie poziomu oceanów. Część wód z obecnych głębokich obszarów oceanicznych przesunie się na płytsze szelfy kontynentalne. Wskutek tego nastąpi przesunięcie mas wody z półkuli południowej na północną i więcej wody znajdzie się bliżej osi Ziemi, co z kolei skróci okres jej obrotu dobowego. Nie będzie to jednak duża zmiana – według naukowców z hamburskiego Instytutu Meteorologii Maksa Plancka doba skróci się o 0,12 milisekund w ciągu następnych dwóch stuleci.

Phys. News Update 826

B. W.

■ Carl Friedrich von Weizsäcker (1912–2007)

28 kwietnia 2007 r. zmarł Carl Friedrich von Weizsäcker, chyba ostatni z ekipy, która w Niemczech w czasie II wojny światowej próbowała zbudować bombę atomową, jak wiemy – na szczęście bezskutecznie. Był nie tylko fizykiem teoretykiem, lecz zajmował się także filozofią, etyką, odpowiedzialnością uczonych za skutki ich badań.

Urodził się 28 czerwca 1912 r. w Kilonii. Jego ojciec Ernst był niemieckim dyplomatą, a młodszy brat Richard (ur. 1920 r.) – działaczem politycznym, burmistrzem Berlina Zachodniego, od 1984 r. prezydentem RFN, także po zjednoczeniu Niemiec w 1989 r.

Carl Friedrich studiował fizykę, matematykę i astronomię w Berlinie, Getyndze oraz Lipsku. Prowadził badania z fizyki jądowej i astrofizyki (m.in. w 1937 r. ogłosił niezależnie od Bethego pracę na temat energii wiązania jąder atomowych – stąd wzór Bethego–Weizsäckera). Uzyskał istotne wyniki w zakresie teorii nukleosyntezy w gwiazdach. Był jednym z 10 fizyków niemieckich internowanych w lipcu 1945 r. w Anglii. Z rozmów zarejestrowanych przez podsłuch wynika, że namawiał kolegów, aby twierdzili, iż ich intencją nie było skonstruowanie bomby.

Po powrocie z Anglii w grudniu 1945 r. kierował zakładem fizyki teoretycznej Instytutu Maksa Plancka w Getyndze. Poważnie traktował kwestię odpowiedzialności uczonych. W 1957 r. był jednym z „getyńskiej osiemnastki” – 18 profesorów Uniwersytetu w Getyndze, autorów manifestu sprzeciwiającego się próbom budowy broni jądowej w Niemczech. W latach 1957–69 był profesorem filozofii na Uniwersytecie w Hamburgu, a w latach 1970–80 kierował Instytutem Maksa Plancka Badań Warunków Życia we Współczesnym Świecie w Starnbergu. Utworzył wtedy pojęcie „polityki wewnętrznej świata” (Weltinnenpolitik), dające impuls do debaty nad rozbrojeniem, sytuacją w trzecim świecie, ekologią. W ostatnim dwudziestolecu interesowały go przede wszystkim sprawy religii. Próbował zorganizować światowe zebranie kościołów w celu dyskusji nad zagadnieniami pokoju i rozbrojenia. W wieku 80 lat opublikował 200-stronicowe dzieło *Zeit und Wissen*, w którym sformułował podstawy filozoficzne fizyki.

Phys. World 20, nr 6 (2007)

B. W.

NOWE KSIĄŻKI

- Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands, *Feynmana wykłady z fizyki*, tomy 1–3, wyd. VI uaktualnione, PWN, Warszawa 2007.
- Richard P. Feynman, Michael A. Gottlieb, Ralph Leighton, *Feynmana wykłady z fizyki. Feynman radzi*, z jęz. angielskiego tłum. Zygmunt Ajduk; PWN, Warszawa 2007, s. 150.
- *Feynmana wykłady z fizyki. Rozwiązania zadań*, red. A.P. Lewaniuk, z jęz. angielskiego tłum. Małgorzata Pociask, Małgorzata Sznajder, Sławomir Wolski; PWN, Warszawa 2007, s. 384.
- Andrzej Huczko, Michał Bystrzejewski, *Fulereny 20 lat później*, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2007, s. 304.
- David O. Hayward, *Mechanika kwantowa dla chemików*, z jęz. angielskiego tłum. Agata Jurkiewicz; PWN, Warszawa 2007, s. 180.
- *Badania aerozolu miejskiego*, praca zbiorowa red. Maciej Kolwas, Tadeusz Stacewicz i Anna Zwoździak; Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2007, s. 169.
- Robert A. Kosiński, *Sztuczne sieci neuronowe – dynamika nieliniowa i chaos*, wyd. III uaktualnione, WNT, Warszawa 2007, s. 208.

POSTĘPY FIZYKI W INTERNECIE

Zapraszamy do odwiedzania naszej strony internetowej <http://postepy.fuw.edu.pl>, gdzie można znaleźć:

- ▶ szczegółowe spisy treści wszystkich zeszytów wydanych od 1993 r.
- ▶ archiwum zawierające spisy treści PF z lat 1949–1992
- ▶ materiały dodatkowe, uzupełniające treść niektórych artykułów
- ▶ materiały XXXV Zjazdu Fizyków Polskich (Białystok, 1999 r.) i XXXVI Zjazdu Fizyków Polskich (Toruń, 2001 r.)
- ▶ WYBRANE ARTYKUŁY W FORMACIE PDF, w tym:
 - wykłady noblowskie z lat 2001–05
 - zamieszczone w *Postęпах Fizyki* teksty wykładów na XXXVII Zjeździe Fizyków Polskich (Gdańsk, 2003 r.) i XXXVIII Zjeździe Fizyków Polskich (Warszawa, 2005 r.)

WKRÓTCE W POSTĘPACH

- *Wykład noblowski Johna Halla*
- *Krzysztof Byczuk o nadpłynnych kryształach*
- *Wspomnienie o Marianie Kryszewskim*

WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty krajowej w 2007 r. wynosi 36,00 zł za pół roku, 72,00 zł za rok. Prenumeratę przyjmują:

I. „RUCH” S.A.

1. Wpłaty na prenumeratę przyjmują jednostki kolportażowe „RUCH” S.A. właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora.
2. Terminy przyjmowania wpłat na prenumeratę krajową: do 5 każdego miesiąca poprzedzającego okres rozpoczęcia prenumeraty.
3. Informacji o prenumeracie ze zleceniem dostawy za granicę udziela Dział Obrót Zagraniczny, ul. Jana Kazimierza 31/33, 01-248 Warszawa, tel. 022-5328731, e-mail: prenumerata@okdp.ruch.com.pl, Internet: www.ruch.pol.pl.

II. ZARZĄD GŁÓWNY PTF

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. Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową pod wskazany adres.

III. ODDZIAŁY PTF

Opłata roczna dla członków PTF oraz studentów wynosi 48,00 zł. Dostawa *Postępów Fizyki* odbywa się za pośrednictwem oddziału PTF.

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

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Artykuły powinny mieć charakter przeglądowy i być dostępne dla ogółu fizyków. Prace należy nadsyłać pod adresem redakcji. O przyjęciu pracy do druku decyduje komitet redakcyjny. Prac niezamówionych i niezakwalifikowanych do druku redakcja nie zwraca. Bardziej szczegółowe informacje na temat układu i sposobu przygotowania pracy znajdują się na stronie internetowej *Postępów Fizyki*.

REKLAMA W POSTĘPACH FIZYKI

Zapraszamy – szczególnie przedstawicieli producentów aparatury oraz sprzętu i oprogramowania komputerowego, wydawców podręczników i książek naukowych oraz popularnonaukowych – 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 z redakcją pod adresem: postepy@fuw.edu.pl.

POSTĘPY FIZYKI (ADVANCES IN PHYSICS)

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

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributor or directly to „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy, ul. Jana Kazimierza 31/33, skrytka pocztowa 12, 00-958 Warszawa, Poland (for details see <http://www.ruch.pol.pl>).