

Foton 98

Jesień
2007

Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI X UNIwersYTET Jagielloński
SEKCJA NAuczycielska POLskiego Towarzystwa Fizycznego



Lepkość i ciekłe kryształy
Polski kondensat Bosego-Einsteina
Powstawanie pierwiastków we wszechświecie
Samolot bez skrzydeł



Marian Mięśowicz i Leopold Jurkiewicz w latach pięćdziesiątych



Mimo wszystko optymizm

Mimo wszystko stale można mieć podstawy do optymizmu. Co chwila dochodzą nas komunikaty o młodych ludziach, uczniach i studentach, którzy odnoszą międzynarodowe sukcesy na rozmaitych konkursach z informatyki, matematyki, fizyki, a także tak zwanej kreatywności. Istnieją fundacje, władze miejskie czy wojewódzkie, które wspierają i „łowią perły”. Takim poławiaczem pereł był, zmarły nagle w czasie trwania 38 Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej, Waldemar Gorzkowski. Jego odejście to wielka strata dla olimpiad i konkursu „First Step to Nobel Prize”.

Mam nadzieję, że dzieci naszych emigrantów będą się sprawdzać w angielskich i innych szkołach, i że to pokolenie będzie naszą najlepszą wizytówką. Nie trzeba nikogo przekonywać, że najlepszym polem dla zdrowej konkurencji z „tubylcami” jest matematyka i przedmioty ścisłe. Tu baza rodzinna i język schodzą na dalszy plan. Liczy się pracowitość i zdolności. Tubylcy, jak i uczniowie z dużych zasobnych miast są często rozleniwieni, myślą o przejadaniu kapitału zgromadzonego przez rodziców. Często to przybysze, czy to dotyczy mniejszych miejscowości, czy innych krajów, są bardziej aktywni i ambitni. Jednakowoż bez bardzo dobrych i oddanych uczniom nauczycieli nic się nie uda. Jakimś cudem, przy maksymalnie niesprzyjających dobremu nauczaniu fizyki warunkach, to tu, to tam można odnaleźć wspaniałych nauczycieli. Komisja Nagród Polskiego Towarzystwa Fizycznego nie narzekała na brak kandydatów przedstawionych do wyróżnienia.

W roku 2007 nagrodę im. Grzegorza Białkowskiego przyznano dr Jadwidze Ewie Salach z Krakowa. Młodszym z Państwa przypominam, że dr Salach wykształciła na krakowskiej Akademii Pedagogicznej pokolenia nauczycieli fizyki i jako bezkompromisowa strażniczka poprawności merytorycznej przekazała swoim uczniom dbałość o nią w nauczaniu, tępiła niedbałość, chodzenie na nieuzasadnione skróty. To Jej uczniowie wychowują i kształcą solidnie kolejne pokolenia. Redakcja *Fotonu* gratuluje nagrody naszej byłej współredaktorce!

Państwa zachęcamy do lektury *Fotonu*. Powinniście Państwo znaleźć w zeszycie rozmaite bardzo użyteczne, pouczające i ciekawe materiały.



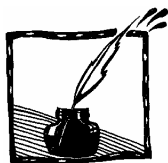
Contents

Editorial: Optimism against all odds <i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	1
Waldemar Gorzkowski is dead – 12 XI 1939–15 VII 2007 <i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	4
The first Polish Bose-Einstein condensate <i>Wojciech Gawlik</i>	5
Creation of elements in the Universe <i>Lucjan Jarczyk</i>	16
How to measure the viscosity of a liquid? <i>Andrzej Zięba</i>	28
Viscosity anisotropy in liquid crystals – the discovery <i>Jerzy Bartke</i>	32
Reading in English. The Three Coefficients of Viscosity of Anisotropic Liquids	35
Marian Mięśowicz (1907–1992).....	36
Adam Strzałkowski's memories <i>Adam Strzałkowski</i>	38
Jerzy Jurkiewicz's memories of Marian Mięśowicz <i>Jerzy Jurkiewicz</i>	40
How did I become a physicist? Memories of professor Marian Mięśowicz <i>Krzysztof Fiałkowski</i>	42
Otton Marcin Nikodym (1889–1974). Famous mathematician – the teacher of Marian Mięśowicz <i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	44
Interview with Waldemar Gorzkowski <i>Przemysław Stępiński</i>	46
Aérotrain – forgotten plane without wings <i>Andrzej Sitarz</i>	49
Inertial and non-inertial reference frames <i>Jadwiga Salach</i>	53
Problems. Noises from the cave(6) – Distance or displacement? <i>Adam Smólski</i>	59
Experiments. Simple motor ... and not only this! <i>Grzegorz Brzezinka</i>	63
Dangerous websites <i>Stanisław Bednarek</i>	65
International Competitions in Physics in Philately <u>Waldemar Gorzkowski</u>	69
What to Read.....	71
PTF awards in year 2007	74
PTF announcement.....	76
Kindergarten of Physics 2007. Scientific session for high school students and teachers. <i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	78
The final of the XXth Polish Tournament of Young Physicists <i>Urszula Woźnikowska-Bezak</i>	81
XIVth International Conference of Young Scientists <i>Urszula Woźnikowska-Bezak</i>	83
Announcement. Borowice in Kudowa 2007 <i>Ludwik Lehman</i>	85
Results of the IV competition „Physics and Photography”	86
Editorial News.....	88



Spis treści

Mimo wszystko optymizm <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
Waldemar Gorzkowski nie żyje – 12 listopada 1939–15 lipca 2007 <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	4
Pierwszy polski kondensat Bosego-Einsteina <i>Wojciech Gawlik</i>	5
Powstanie pierwiastków we Wszechświecie <i>Lucjan Jarczyk</i>	16
Lepkość cieczy – jak zmierzyć współczynnik lepkości <i>Andrzej Zięba</i>	28
Odkrycie anizotropii lepkości w ciekłych kryształach <i>Jerzy Bartke</i>	32
Czytamy po angielsku. The Three Coefficients of Viscosity of Anisotropic Liquids	35
Marian Mięśowicz (1907–1992).....	36
Wspomnienia profesora Adama Strzałkowskiego <i>Adam Strzałkowski</i>	38
Wspomnienia Jerzego Jurkiewicza o Marianie Mięśowiczu <i>Jerzy Jurkiewicz</i>	40
Jak zostałem fizykiem? Wspomnienia z profesorem Marianem Mięśowiczem w tle <i>Krzysztof Fiałkowski</i>	42
Otton Marcin Nikodym (1889–1974). Znany matematyk, nauczyciel gimnazjalny Mariana Mięśowicza <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	44
Wywiad z Waldemarem Gorzkowskim <i>Przemysław Stępiński</i>	46
Aérotrain – zapomniany samolot bez skrzydeł <i>Andrzej Sitarz</i>	49
Układy inercjalne i nieinercjalne w zadaniach <i>Jadwiga Salach</i>	53
Kącik zadań. Odgłosy z jaskini (6) – Droga czy przemieszczenie? <i>Adam Smólski</i>	59
Kącik doświadczalny. Prosty silnik... i nie tylko! <i>Grzegorz Brzezinka</i>	63
Niebezpieczne strony <i>Stanisław Bednarek</i>	65
Międzynarodowe Olimpiady Fizyczne w filatelistyce <i>Waldemar Gorzkowski</i>	69
Co czytać.....	71
Nagrody PTF za rok 2007	74
Komunikat PTF. Ze sprawozdania Zarządu Głównego PTF.....	76
Przedszkole fizyki 2007 Sesja naukowa dla uczniów szkół średnich i nauczycieli <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	78
Final XX Ogólnopolskiego Turnieju Młodych Fizyków <i>Urszula Woźnikowska-Bezak</i>	81
XIV Międzynarodowa Konferencja Młodych Naukowców <i>Urszula Woźnikowska-Bezak</i>	83
Komunikat. Borowice w Kudowie 2007 <i>Ludwik Lehman</i>	85
Rozstrzygnięcie V Ogólnopolskiego konkursu fizyczno-fotograficznego „Zjawiska fizyczne wokół nas”	86
Komunikaty Redakcji.....	88



Waldemar Gorzkowski nie żyje 12 listopad 1939–15 lipiec 2007

Zofia Gołąb-Meyer

15 lipca w Isfahanie (Iran) zmarł na atak serca dr Waldemar Gorzkowski. Odszedł w czasie trwania Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej, w organizację której włożył niesłychanie dużo serca, zaangażowania i energii. Miał mocną opozycję przeciwko lokalizacji olimpiady właśnie w Iranie. Zrozumiałe powody – od obawy o bezpieczeństwo uczestników po racje polityczne. Zachodziła obawa bojkotu Olimpiady przez Stany Zjednoczone i inne kraje. Waldek cierpliwie tłumaczył, że sam był w Iranie, wie jak tam jest, a młodzież w Iranie trzeba popierać a nie izolować. Przypominał, jak to nas kiedyś wspierano. Waldek dopiął swego; tegoroczna olimpiada odbyła się w Iranie.



Mówi się, że nie ma ludzi niezastąpionych. Prawda, nie ma, ale są tacy, po których zostaje wyrwa i pustka. Waldka będzie brakowało! Zapewne schedę po nim w konkursie *First Step to Nobel Prize* i Międzynarodowych Olimpiadach Fizycznych przejmą inni, ale osobowości Waldka nic nie zastąpi; jego zaangażowania, pasji i bezkompromisowości. Waldek był ostry i jednoznaczny w sądach. W jednym z ostatnich listów napisał „Byłem w Iranie, jak zwykle rzeczywistość ma się nijak do obrazu tworzonego przez media. Dziennikarzy to należałoby rozstrzeliwać bez sądu za robienie wody z mózgu.” (11 lipca 2007). Pomimo to akceptował – przynajmniej u mnie – odmienne zdanie. Reprezentował swoją społecznikowską, głęboko emocjonalną postawą, swoim przestrzeganiem zasad dobrej roboty, tępieniem bylejakości etos naukowca i nauczyciela poprzedniego stulecia. Z drugiej strony ze swoimi pomysłami i wizjami wychodził w przyszłość. Mimo wszystkich zalet i rozkwitu olimpiad, dostrzegł palącą potrzebę innej formy konkursu i stworzył taki konkurs.

Waldemar Gorzkowski przeżyje nie tylko w pamięci uczniów i kolegów, ale przede wszystkim w książkach z zadaniami z olimpiad, książkach tłumaczonych na wiele języków. Na zbiorach zadań Waldka kształci się przyszła elita Chińczyków. Jego zbiory zadań mają tam bardzo duże nakłady i są poszukiwane przez uczniów i studentów.



Pierwszy polski kondensat Bosego-Einsteina

Wojciech Gawlik
Instytut Fizyki UJ

2 marca 2007 roku grupa fizyków z kilku polskich ośrodków pracująca w Krajowym Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej w Toruniu otrzymała pierwszy w Polsce kondensat Bosego-Einsteina 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 z 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 pierwszej doświadczalnej obserwacji, 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

Co to jest kondensat Bosego-Einsteina

W zwykłych warunkach, np. wówczas, gdy mamy do czynienia z gazem atomowym w temperaturze pokojowej, atomy poruszają się jak bardzo szybkie cząstki klasyczne i ich kwantowe własności nie są widoczne. Wygodnym parametrem do oceny tych własności jest tzw. długość fali de Broglie'a, $\lambda_{dB} = h/p$, gdzie h to stała Plancka, a p określa pęd cząstki. W temperaturach pokojowych, dla typowych gazów λ_{dB} jest rzędu 10^{-12} m, a więc jest znacznie mniejsza niż rozmiary atomów. Inaczej jednak dzieje się, gdy gaz atomowy zostanie ochłodzony do temperatur poniżej 1 mK. Wraz z ochłodzeniem zmniejsza się bowiem energia kinetyczna gazu atomowego, a więc wartości pędów atomowych, przez co λ_{dB} staje się już rzędu 10^{-5} m, a więc może być porównywalna ze średnią odległością poszczególnych atomów w gazie. Atomy przestają być wtedy rozróżnialne jako pojedyncze obiekty klasyczne, a zaczynają być w stanie tzw. degeneracji kwantowej – gazem nierozróżnialnych obiektów kwantowych. W takich warunkach dochodzi do głosu statystyka kwantowa i wtedy widać

drastyczne różnice pomiędzy bozonami i fermionami. Wyobraźmy sobie, że chcemy zamknąć określoną liczbę atomów w pewnej pułapce. Pułapka atomowa, to urządzenie, w którym działamy na atomy siłami utrzymującymi je w określonym obszarze. Siły te wytwarzane przez zewnętrzne pola elektromagnetyczne (ramka) powodują, że gaz atomowy grupuje się w pobliżu minimum potencjału. Fermiony nie mogą wszystkie znaleźć się w minimum potencjału – zabrania tego statystyka Fermiego (jej konsekwencją to zakaz Pauliego), bozony zaś mogą.

W 1924 r. Satyendra Bose i Albert Einstein sformułowali teorię, zgodnie z którą gromadzenie się bozonów w minimum potencjału, po przekroczeniu pewnej krytycznej temperatury ma gwałtowny charakter określany przez fizyków przejściem fazowym. To przejście nazwane jest kondensacją Bosego-Einsteina.

Tak więc w sytuacji, gdy spułapkowane atomy zostaną dostatecznie ochłodzone, wszystkie bozony znajdują się na samym dnie minimum potencjału, a z fermionów może tam być tylko jeden, zaś pozostałe zajmą wyższe stany. Zjawisko kondensacji B-E przewidziano teoretycznie bardzo dawno temu (w 1924 r.), ale nawet jego odkrywcy nie wierzyli, że kiedykolwiek będzie ono obserwowalne doświadczalnie (w liście do Paula Ehrenfesta w 1924 r. Einstein pisał: „*The theory is pretty, but is there also some truth in it?* – teoria jest ładna ale, czy aby jest prawdziwa?”). Jedną z głównych trudności polegała bowiem na tym, że gdy ochładza się gaz o dużej gęstości, oddziaływania pomiędzy poszczególnymi atomami powodują tworzenie się cząsteczek i kryształów (zestawianie się i skraplanie gazów), które uniemożliwiają obserwację zjawisk degeneracji kwantowej. Przez wiele lat uważano, że nadciekłość jest przejawem kondensacji B-E. W istocie jednak w ciekłym helu 3, w którym zjawisko nadciekłości jest obserwowane, występują tak silne oddziaływania, że kondensacji podlega zaledwie ok. 8% wszystkich atomów. Przełomem w badaniu zjawisk degeneracji kwantowej było rozwinięcie doświadczalnych metod ochładzania i pułapkowania rozrzedzonych gazów atomowych z zachowaniem ich gazowego stanu skupienia. Za prace te przyznano nagrody Nobla w 1997 roku trzem fizykom (Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji, William Phillips [1]). Dzięki tym niezwykłym technikom badawczym można było najpierw osiągnąć rekordowo niskie temperatury chmur gazów atomowych poniżej 1 μK – najniższe, jakie panują we Wszechświecie, a następnie w 1995 r. uzyskać pierwszy „czysty kondensat” atomów rubidu (za to osiągnięcie nagrodę Nobla w 2001 roku otrzymali: Eric Cornell, Wolfgang Ketterle, Carl Wieman [2]).

Bozony i fermiony

Wszystkie cząstki fizyczne, nie tylko elementarne, ale też złożone – atomy czy cząsteczki, można podzielić w zależności od tego czy funkcje falowe, jakie opisują ich zespoły są symetryczne względem zamiany dwóch cząstek w zespole. Te, których funkcje falowe są symetryczne nazywane są *bozonami* a te, które mają funkcje antysymetryczne to *fermiony*. O tym czy dany obiekt jest fermionem, czy bozonem decyduje jego kręt. Chodzi tu o całkowity moment pędu, który dla cząstek złożonych jest sumą krętów wszystkich składników. Bozony mają kręty opisane całkowitymi liczbami, a więc równe 0, 1, 2, ..., zaś fermiony mają tzw. kręty połówkowe, czyli $1/2$, $3/2$, $5/2$, ... (w jednostkach stałej Plancka). Najważniejsze konsekwencje tego podziału widoczne są dopiero, gdy cząstki/obiekty te mają kwantowe własności – zachowują się jak *fale materii*. Bozony i fermiony zachowują się zupełnie inaczej, gdy próbujemy dwa lub więcej z nich umieścić w tym samym stanie kwantowym. O ile każdy z fermionów musi być w innym stanie, o tyle bozony mogą dowolnie licznie zajmować dany stan. Obiekty takie, jak atomy, złożone z wielu fermionów są albo fermionami, albo bozonami w zależności od swojej liczby masowej (liczby wszystkich elektronów i nukleonów). Niektóre izotopy tego samego pierwiastka mogą więc być bozonami a inne fermionami.

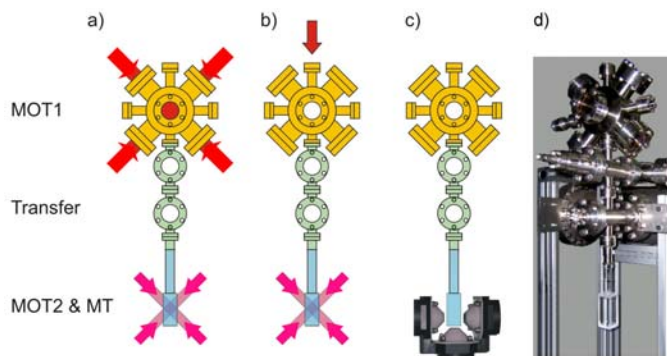
W Polsce prace z laserowym chłodzeniem atomów prowadzi się od 1998 roku, kiedy to w IF UJ powstała pierwsza polska pułapka magnetooptryczna. Z jej pomocą metodami laserowego chłodzenia (szczegóły w dodatku poniżej i w artykule [4]) ochłodzono w Krakowie atomy rubidu do ok. 100 mikrokelwinów [3]. Było to duże osiągnięcie i dzięki niemu powstało kilka ważnych prac badawczych. Niestety, 100 mikrokelwinów to granica, poniżej której nie można już zejść metodami chłodzenia optycznego. Światło absorbowane przez atomy jest bowiem reemitowane w emisji spontanicznej, z którą związane jest zjawisko odrzutu atomów, odpowiedzialne za niezerową energię kinetyczną gazu atomowego. Tymczasem temperatura krytyczna, przy której zachodzić może kondensacja B-E (rzędu 100 nK) jest ok. 1000 razy niższa. Konieczne więc było opracowanie innych sposobów pułapkowania i chłodzenia. Odpowiedni do takich temperatur rodzaj pułapki to pułapka magnetyczna, w której atomy są najpierw w odpowiedni sposób magnetyzowane (ich momenty magnetyczne ustawiane są w odpowiednim kierunku np. wzdłuż pola magnetycznego), a następnie mogą być lokalizowane (pułapkowane) w odpowiednio ukształtowanym niejednorodnym polu magnetycznym już bez obecności światła. Sama pułapka magnetyczna nie zmienia energii gazu atomowego – czyli nie chłodzi. Do tego trzeba zastosować inny mechanizm, tzw. chłodzenie przez wymuszone odparowanie. Nazwa pochodzi od znanego każdemu zjawiska oddawania ciepła przy parowaniu. U nas parowaniem jest ucieczka najgorętszych (najszybszych) atomów z jamy potencjału pułapki magnetycznej. Zachodzi ona, gdy głębokość pułapki (związana z energią potencjalną) jest mniejsza od energii kinetycznej najgorętszych spułapkowanych atomów. Po usunięciu (odparowaniu) najgorę-

szych składników gazu, te które pozostały w pułapce doprowadza się do równowagi termodynamicznej (zachodzi tzw. termalizacja), przez co ustala się nowa temperatura gazu, niższa od początkowej. Powtarzając krok po kroku tę procedurę dla coraz mniejszej głębokości jamy potencjału pułapki, można znacznie ochłodzić te atomy, które w niej pozostaną. W procedurze tej ochładzanie polega na usuwaniu atomów, co wiąże się z drastycznym ubytkiem atomów z pułapki. Odpowiednie dobranie szybkości, z jaką obniżana jest głębokość pułapki (szybkość odparowania) do szybkości termalizacji, decyduje o tym czy liczba atomów pozostałych w pułapce wystarcza do osiągnięcia kondensacji. W optymalnych warunkach pozostaje nam zaledwie ok. 1% początkowej liczby atomów, ale za to ochładzamy je ok. 1000 razy, co na ogół wystarcza na osiągnięcie kondensacji B-E.

Jak zrobiliśmy kondensat?

Osiągnięcie kondensacji Bosego-Einsteina gazu atomowego jest ogromnym wyzwaniem eksperymentalnym. Jedną z podstawowych trudności polega na tym, że dla osiągnięcia degeneracji kwantowej konieczne jest równoczesne zagęszczenie gazu atomowego i jego ochłodzenie, przy zachowaniu jego gazowego stanu skupienia. Są to na ogół przeciwstawne wymagania, bardzo trudne do spełnienia.

Nasze doświadczenie prowadzące do wytworzenia stanu kondensatu Bosego-Einsteina w chmurze atomów Rb było przeprowadzanie w kilku etapach za pomocą układu przedstawionego schematycznie na rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu eksperymentalnego składającego się z górnej pułapki magnetoopcyjnej (MOT1), kanału przepychania atomów (Transfer) i dolnej pułapki (MOT2) wraz z pułapką magnetyczną (MT). Trzy etapy działania układu są kolejno przedstawione: (a) MOT1 zbiera ok. 10^9 atomów ^{87}Rb w temperaturze ok. 100–300 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 i atomy są utrzymywane w ciemności w pułapce magnetycznej i tam chłodzone przez odparowanie. Dla jasności obrazu cewki pułapki magnetycznej są pokazane wyłącznie w rys. (c), a rys. (d) przedstawia zdjęcie próżniowej części prawdziwej aparatury przed jej obudowaniem cewkami poszczególnych pułapek

1. Pierwszy etap polegał na pułapkowaniu i ochłodzeniu od temperatury pokojowej do ok. 100 μK ok. 10–100 milionów atomów (chmura o średnicy ok. 3 mm i gęstości $n \approx 10^{11} \text{cm}^{-3}$).

2. Dalsze etapy doświadczenia należało prowadzić w warunkach ultra-wysokiej próżni, aby ograniczyć zderzenia z atomami termicznymi. W tym celu wstępnie ochłodzone atomy przepchano z obszaru MOT1 do drugiej komory, gdzie zostały one przechwycone przez drugą pułapkę magnetooptyczną (MOT2). W tej drugiej komorze, w warunkach ultra-wysokiej próżni, czas pułapkowania atomów mógł być znacznie wydłużony, bo ograniczono częstość zderzeń zimnych atomów z gorącymi atomami i cząsteczkami gazu resztkowego. Trzeba sobie uzmysłowić, że tzw. przepchanie atomów z jednej komory do drugiej nie jest prostym zadaniem – atomów nie możemy przenieść manipulatorem (choćby dlatego, że nie istnieją manipulatory, pracujące w 100 μK), nie można ich też prowadzić w polu elektrycznym, jak cząstek naładowanych w akceleratorach, bo są elektrycznie obojętne. Robimy to działając na atomy siłami optycznymi (ciśnieniem światła od pojedynczej wiązki laserowej dostrojonej do atomowej linii absorpcyjnej). Takie przepychanie musi być wykonane z bardzo dużym „wyczuciem”. Należy bowiem przyspieszyć atomy tak, by udało się je zatrzymać w drugiej komorze.

3. Po wyłapaniu atomów przez pułapkę MOT2 w drugiej komorze, były one przejmowane przez pułapkę magnetyczną (MT), która – jak już wiemy pozwala na chłodzenie do niższych temperatur. Pułapka magnetyczna jest jednak dość „płytką” – można ją załadować tylko atomami o dostatecznie niskiej energii kinetycznej, czyli wstępnie schłodzonymi. Ponadto, aby atomy mogły być w niej uwięzione, muszą być w odpowiednim stanie, co osiąga się przez tzw. pompowanie optyczne.

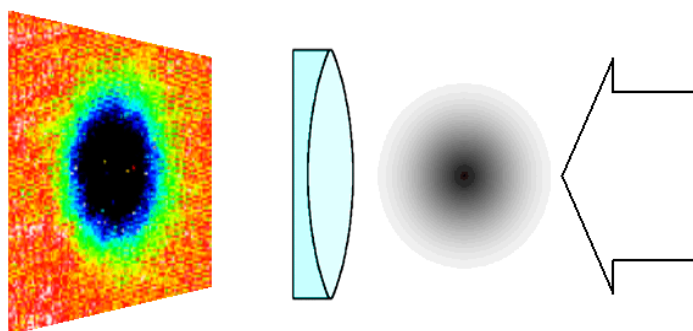
4. Atomy w pułapce MT były następnie poddane chłodzeniu przez odparowanie za pomocą pola magnetycznego oscylującego z częstością radiową (RF), które tak działa jak obniżanie głębokości jamy potencjału pułapkującego odpowiednie stany. W ten sposób można wydajnie regulować szybkość odparowania i aplikować je do atomów o wybranej energii.

5. Ostatnim etapem doświadczenia była detekcja i diagnostyka pozwalająca wyznaczyć temperaturę atomów oraz stwierdzić czy nastąpiła kondensacja.

Detekcja i charakterystyka kondensatu

Podobnie, jak nie da się prosto przepchać ultrazimnych atomów z jednego obszaru do drugiego, nie można też przyłożyć do nich ani termometru ani linijki. Jedynym sposobem ich diagnostyki jest poddanie ich oddziaływaniu z polami elektromagnetycznymi (światłem lub falami radiowymi). O tym czy zaszła kondensacja można się przekonać przez oświetlenie chmury atomów wiązką światła laserowego i oglądanie za pomocą kamery jak atomy absorbują fotony z wiązki – im większa gęstość atomów, tym cień, jaki rzuca na kamerę chmura

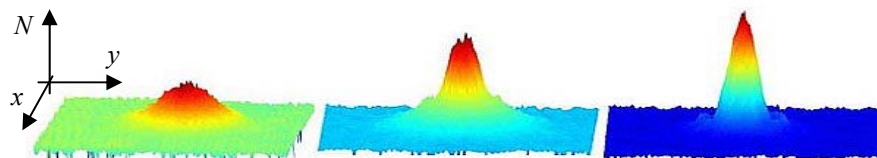
atomów, jest ciemniejszy. Obraz cienia odwzorowywany przez matrycę kamery daje nam rozkład gęstości chmury atomowej (rys. 2). Obrazując atomy w pułapce można więc zobaczyć, czy są one szeroko rozłożone w całej objętości pułapki, czy też skupione na dnie jamy potencjału, co byłoby dowodem kondensacji Bosego-Einsteina. Ponieważ rozmiary chmury atomowej są zaledwie rzędu ułamka milimetra, taki sposób detekcji nie jest łatwy i dlatego częściej obrazuje się chmurę atomów po wyłączeniu pułapki.



Rys. 2. Schemat detekcji kondensatu Bosego-Einsteina. Układ optyczny odwzorowuje na kamery CCD cień, jaki powstał w wiązce laserowej z powodu jej absorpcji przez atomy

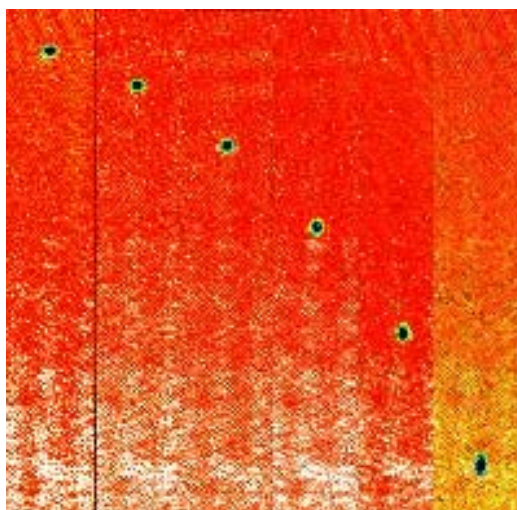
Chmura atomów opada wówczas w polu grawitacyjnym rozszerzając się równocześnie. Powodem rozszerzania jest to, że nawet ultra-zimne atomy nigdy nie mają zerowych pędów, a więc gdy przestaną być pułapowane, będą się rozszerzać w różnych kierunkach zgodnie z rozkładem swoich pędów. Rozszerzona chmura jest po pierwsze łatwiejsza do fotografowania przez kamerę, ale przede wszystkim pozwala na analizę rozkładu pędów rozbiegających się atomów. Statystyka kwantowa wykazuje, że rozkłady pędów atomów termicznych (przed przejściem fazowym) i w fazie kondensatu drastycznie się różnią, co daje wyraźnie różne kształty cienia ekspandujących atomów po ich wypuszczeniu z pułapki. Rys. 3 ilustruje odpowiednie rozkłady pędów otrzymane z rejestracji cieni dla trzech różnych temperatur gazu atomowego przed wyłączeniem pułapki (kontrolowanych przez częstość fal radiowych powodujących odparowanie).

W temperaturze 500 nK chmura atomowa daje obraz cieniowy typowy dla klasycznego obłoku gazu o maxwellovskim rozkładzie pędów. W temperaturze 250 nK rozpoczyna się kondensacja Bosego-Einsteina, która powoduje pojawienie się frakcji atomów o znacznie węższym rozkładzie pędowym, a poniżej 70 nK obserwujemy już czysty kondensat Bosego-Einsteina, który związany jest z grupą atomów o bardzo wąskim rozkładzie pędów.



Rys. 3. Trójwymiarowe mapy rozkładów pędowych dla przypadków (od lewej): chmury atomów termicznych ($T = 500$ nK), przejścia fazowego ($T = 250$ nK) i czystego kondensatu Bosego-Einsteina ($T < 70$ nK). Osie x , y na tych wykresach odpowiadają współrzędnym w płaszczyźnie fotografii, a N gęstości chmury atomowej odtworzonej z gęstości cienia.

Tego typu diagnostyka ultrazimnych atomów nie tylko pozwala stwierdzić, że kondensacja już zaszła, ale umożliwia również bardzo spektakularną wizualizację kwantowej natury kondensatu. Przestrzenny kształt kondensatu odtwarza przestrzenny rozkład potencjału pułapującego. Jeżeli, tak jak u nas, rozkład ten nie jest sferyczny, lecz ma wydłużony poziomo cygarowaty kształt, kondensat o takim kształcie ma lepiej określone położenie w kierunku pionowym niż poziomym. Zgodnie z zasadą nieokreśloności Heisenberga, ma bardziej rozmyty pęd w kierunku pionowym niż poziomym. W wyniku tego, po wypuszczeniu go z pułapki, na początku opadania grawitacyjnego będzie zachowywał pierwotny kształt wydłużonego poziomo cygara, ale po pewnym czasie zacznie być bardziej wydłużony w kierunku pionowym. Ta bezpośrednia konsekwencja faktu, że kondensat jest obiektem kwantowym jest widoczna na rys. 4, który pokazuje obrazy kondensatu w kolejnych, jednakowych odstępach czasowych od wypuszczenia kondensatu z pułapki. Ponadto widać, że w kolejnych interwałach odcinki przebywane przez spadający kondensat rosną kwadratowo – rys. 4 ilustruje więc zarówno klasyczne, jak i kwantowe własności kondensatu.



Rys. 4. Zdjęcia opadającego kondensatu Bosego-Einsteina (poszczególne klatki co 5 ms). Kondensat, który pierwotnie był w pułapce ściśnięty (miał dobrze określone położenie) w kierunku pionowym, na skutek zasady Heisenberga ma dużą nieokreśloność pionowej składowej pędu, co prowadzi do szybszego rozbiegania się atomów w tym kierunku. W konsekwencji, po ok. 30 ms spadku grawitacyjnego kondensat, który pierwotnie miał kształt poziomego cygara, opada jako rozciągnięty pionowo

Gdy czytamy o fotografowaniu może się wydawać, że to już najłatwiejsza część doświadczenia – pamiątkowe zdjęcie atomów na końcu wycieczki. Tymczasem każde zdjęcie kondensatu to absorpcja fotonów i wraz z nią przekaz pędu od wiązki światła do chmury atomowej, który całkowicie niszczy stan kondensatu. Tak więc obrazowanie cieniowe kondensatu można porównać ze sprawdzaniem zapalek: jeśli się zapalą, to znaczy, że były dobre. Właśnie *były*, bo przez operację sprawdzenia już nie *są*. Kolejna rejestracja kondensatu wymaga powtórzenia całego cyklu ochładzania, pułapkowania, przepychania, dalszego ochładzania, który trwa ok. dwóch minut. W typowym doświadczeniu, w którym chcemy zbadać własności kondensatu w zależności od rozmaitych parametrów, musimy powtarzać ten cykl wielokrotnie. I tak, każdy z obrazów na rys. 4 przedstawia inny kondensat wykonany i następnie zniszczony przez obrazowanie w kolejnym cyklu doświadczenia.

Za co kochamy kondensat

Badania kondensatów B-E stanowią stosunkowo nowy temat badawczy, lecz ogromnie szybko się rozwijają w wielu krajach i to, że od niedawna w Polsce też możemy to robić, bardzo cieszy.

Dlaczego tymi badaniami interesuje się tak wielu fizyków? Otóż rozrzedzone gazy atomowe w stanie degeneracji kwantowej to wymarzony obiekt do weryfikacji wielu modeli teoretycznych i narzędzie do zrozumienia tak ważnych zjawisk, jak np. nadprzewodnictwo. W dotychczasowych badaniach tych zjawisk stosowano materię skondensowaną, a więc układy bardzo silnie oddziałujące ze sobą, co ogromnie komplikowało analizę podstawowych mechanizmów związanych z degeneracją kwantową. Tymczasem rozrzedzone gazy atomowe stanowią niezwykle uniwersalną próbkę. Może ona reprezentować układ cząstek albo całkowicie nieoddziałujących ze sobą, albo oddziałujących w kontrolowany sposób, regulowany np. przez zewnętrzne pole magnetyczne. Możliwe jest także badanie efektów związanych z przestrzennym uporządkowaniem próbek, ale o ile w „normalnych” kryształach, stałe sieci są dla danej próbki ustalone i ograniczone do kilku nm, o tyle atomy można umieszczać w tzw. sieciach optycznych, które są czymś w rodzaju kryształów o stałych sieciowych, które można zmieniać w bardzo szerokich granicach od nm do dziesiątków μm . Ponadto atomy w takich sieciach można magnesować (polaryzować) na najrozmaitsze sposoby (np. z pełnym uporządkowaniem ferromagnetycznym lub z przemienną orientacją momentów magnetycznych w kolejnych węzłach sieci). Można zmieniać wartości ich momentów magnetycznych i wiele innych parametrów. To bogactwo możliwości uzasadnia zapał badaczy i radość z tego, że można tę dziedzinę fizyki uprawiać już w Polsce. Nie można przy tym zapominać, że osiągnięcie kondensatu B-E to nie cel, jaki mógłby zostać zwieńczony np. publikacją w *Physical Review Letters*, ale dopiero wstępny etap na drodze do doświadczalnego badania materii w ultraniskich temperaturach.

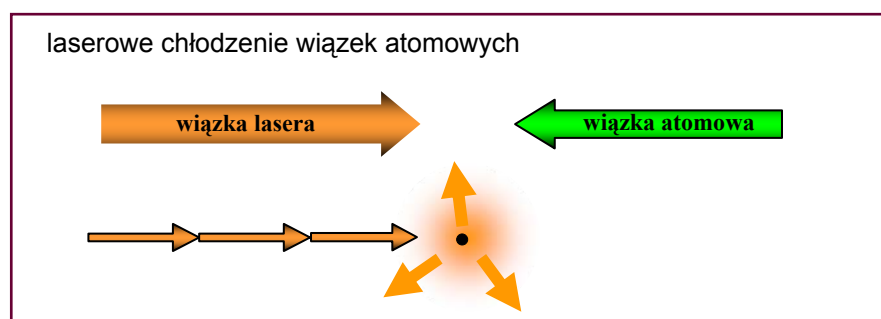
Można to obrazowo porównać z tym, że wstępnym warunkiem na osiągnięcie jakichkolwiek znaczących rezultatów w dowolnym współzawodnictwie – np. w wyścigach kolarskich elementarnym warunkiem uczestnictwa jest posiadanie roweru. Od 2 marca 2007 r. mamy już w Polsce odpowiedni „rower”.

DODATEK

Siły optyczne, chłodzenie i pułapkowanie

Pola elektromagnetyczne pozwalają na oddziaływanie tzw. *siłami optycznymi* na neutralne atomy. Siły te mogą być związane z dwoma różnymi mechanizmami: *sila spontaniczna* (inaczej *sila ciśnienia światła*) wynika z przekazu pędu w oddziaływaniu rezonansowych fotonów z atomami, czyli z występowania ciśnienia światła, zaś *sila dipolowa* pochodzi od oddziaływania indukowanych momentów dipolowych (polaryzacji elektrycznej) atomów z polem elektromagnetycznym. Oddziaływanie takie możliwe jest, gdy pole fali świetlnej jest odstrojone od rezonansu z przejściem atomowym i jest przestrzennie niejednorodne. Wartości sił optycznych zależą od wartości i przestrzennego rozkładu natężenia oraz od częstotliwości fali świetlnej i od rodzaju atomu.

Za pomocą sił optycznych możliwe jest *optyczne (laserowe) spowalnianie (ochładzanie)* atomów. Najprościej wyjaśnić je na przykładzie spowalniania skolimowanych wiązek atomowych rozchodzących się w próżni, zgodnie z rys. 5.



Rys. 5. Idea chłodzenia skolimowanych wiązek atomowych przy pomocy promieniowania laserowego. Gdy częstość promieniowania jest dopasowana do częstości przejścia atomowego, atom pochłania fotony laserowe z równoległej wiązki laserowej i następnie spontanicznie reemituje je w przypadkowych kierunkach, co schematycznie ilustruje dolna część rysunku.

Jeśli częstość lasera jest dopasowana do rezonansu z częstością przejścia atomu poruszającego się w wiązce laserowej, w wyniku absorpcji fotonów z przeciwbieżnej wiązki laserowej atomy przejmują energię oraz pęd fotonu, wzbudzając się do wyższego stanu. Po czasie życia (rzędu 10^{-8} s) atom powraca

do stanu podstawowego emitując spontanicznie foton, z czym związany jest odrzut. Ponieważ fotony emisji spontanicznej są wysyłane we wszystkich kierunkach, a fotony laserowe przybywają z określonego kierunku, więc po wielu cyklach absorpcja-emisja, przekaz pędu od emisji spontanicznej uśrednia się do zera, i atom uzyskuje pęd, równy sumie pędów zaabsorbowanych fotonów z wiązki laserowej, które dodają się do znacznej wartości.

Dla atomów w fazie gazowej, gdzie występują różne kierunki ruchu atomów, oświetlenie rezonansowym światłem wcale nie musi prowadzić do globalnego spowolnienia ruchu ze względu na równowagę pomiędzy spowalnianiem i przyspieszaniem. Mimo to możliwe jest spowalnianie i ochładzanie gazu za pomocą światła, jeżeli atomy gazu wykonujące izotropowy ruch termiczny oświetlane zostają dwiema, przeciwbieżnymi wiązkami laserowymi. W odróżnieniu jednak od chłodzenia wiązek atomowych, częstości tych wiązek nie są dostrojone do rezonansu, ale nieco poniżej częstości przejścia atomowego ω_0 . Poruszające się atomy, „widzą” częstość każdej z wiązek zmienioną o przesunięcie dopplerowskie. Ta z wiązek, która biegnie w kierunku przeciwnym do ruchu atomu jest przestrojona ku wyższym częstościom i jest bliższa rezonansu atomowego niż wiązka biegnąca w tę samą stronę, co atom. Ponieważ prawdopodobieństwo absorpcji fotonu przez atom zależy od odstrojenia częstości światła ω_L od ω_0 , $\omega_L - \omega_0$, ciśnienie światła od wiązki przeciwbieżnej jest większe niż od współbieżnej, dzięki czemu na ruchomy atom działa siła zawsze przeciwnie skierowana do jego prędkości, niezależnie od jej kierunku. Mamy więc do czynienia z mechanizmem spowalniającym ruch atomów czyli z chłodzeniem gazu. Siły ciśnienia światła od obu wiązek równoważą się, gdy atom jest w spoczynku, co powinno doprowadzić do całkowitego zatrzymania atomów w fazie gazowej. Dla małych wartości prędkości atomu v , wypadkowa siła zależy od v , jak $F(v) \propto -v$, co jest typową zależnością dla ruchu z tarciem. Ośrodek złożony z gazu atomowego i quasi-rezonansowych fotonów ma zatem podobne własności, jak lepka ciecz i dlatego tak ochładzany gaz nazywany jest *melasą optyczną*. Omówiony mechanizm chłodzenia gazu można też uzasadnić zasadą zachowania energii. Na to, aby ruchomy atom mógł zostać wzbudzony przez absorpcję fotonu o energii $\hbar\omega_L < \hbar\omega_0$, konieczne jest uzupełnienie deficytu energii $\hbar(\omega_L - \omega_0)$ przez energię kinetyczną atomu. Po absorpcji atom powraca do niższego stanu emitując spontanicznie foton o energii $\hbar\omega_0$. W ten sposób, kosztem swej energii kinetycznej, atom emituje więcej energii świetlnej niż pochłania i stopniowo zmniejsza swą prędkość, a więc gaz się ochładza.

Omówiony powyżej mechanizm pozwala na ochładzanie atomów do bardzo niskich temperatur. Zimne atomy w melasie optycznej dyfundują z prędkościami rzędu 1–10 cm/s i nie są przestrzennie lokalizowane. Możliwość lokalizacji dają dopiero specjalne pułapki, z których najbardziej popularną jest pułapka magnetooptyczna (MOT) (ang. *magneto-optical trap*). Podobnie, jak przy wytwarzaniu melasy optycznej są w niej przeciwbieżne laserowe wiązki chłodzące

($\omega_L < \omega_0$), ale są one teraz spolaryzowane kołowo w przeciwnych kierunkach (w układzie odniesienia związanym z atomem są to polaryzacje σ^+ i σ^-). Ponadto, stosowane jest niejednorodne pole magnetyczne $B(x)$, takie że w centrum układu ($x = 0$) ma ono zerową wartość i narasta liniowo (ze zmianą znaku wokół $x = 0$). W polu magnetycznym atomy poziomy energetyczne rozszczepiają się na składowe zeemanowskie, które zgodnie z regułami wyboru ($\Delta m = \pm 1$) w różnym stopniu oddziałują ze światłem kołowo spolaryzowanym. Ponieważ B ma różną wartość dla różnych x , na atomy działa siła optyczna (ciśnienie światła) o różnej wartości w różnych odległościach x od centrum układu, co wynika z różnych wielkości odstrojenia częstości danej składowej zeemanowskiej od częstości lasera. Dobór odpowiedniego znaku gradientu pola B i skrętności polaryzacji, sprawia, że atomy oddalone od $x = 0$ będą poddane sile kierującej je do centrum: $F(x) \propto -x$. Taka zależność jest charakterystyczna dla harmonicznego potencjału pułapkującego, a więc opisany układ może lokalizować (pułapkować) atomy w $x = 0$. Rozszerzenie omówionego sposobu jednowymiarowego chłodzenia i pułapkowania na trzy wymiary wymaga użycia trzech par przeciwnie rozchodzących się i przeciwnie spolaryzowanych wiązek oraz zastosowania trójwymiarowo niejednorodnego pola $B(x, y, z)$ o kwadrupolowej symetrii. Pułapkę tego typu zaproponował Jean Dalibard, a pierwszy zrealizował Steven Chu, który w 1997 za swe prace nad laserowym chłodzeniem i pułapkowaniem atomów neutralnych otrzymał wspólnie z Claudem Cohenem-Tannoudjim i Williamem Phillipsem nagrodę Nobla [1].

Literatura:

- [1] *Foton* **55**, (styczeń/luty 1998), warto także przeczytać wykłady noblowskie: S. Chu, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 685 (1998); przekład polski *Postępy Fizyki* **50**, 113 (1999); C. Cohen-Tannoudji, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 707 (1998); przekład polski *Postępy Fizyki* **50**, 2 (1999); W.D. Phillips, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 721 (1998); przekład polski *Postępy Fizyki* **49**, 297 (1998).
- [2] *Foton* **75** (zima 2001), oraz wykłady noblowskie: E.A. Cornell and C. E. Wieman, *Rev. Mod. Phys.* **74**, 875 (2002); przekład polski *Postępy Fizyki* **53**, 221 (2002); W. Ketterle, *Rev. Mod. Phys.* **74**, 1131 (2002); przekład polski *Postępy Fizyki* **54**, 11 (2003).
- [3] J. Zachorowski, T. Pałasz, W. Gawlik, *Postępy Fizyki* **49**, 338 (1998).
- [4] W. Gawlik, *Postępy Fizyki* **53D**, 54 (2002).



Powstanie pierwiastków we Wszechświecie

Lucjan Jarczyk
Instytut Fizyki UJ

Otoczający nas świat zbudowany jest z niezliczonej wręcz liczby różnych substancji. Ich powstanie to domena chemii i pokrewnych nauk. Do ich budowy natura oraz człowiek wykorzystują około 100 różnego rodzaju cegiełek-pierwiastków. Cegiełkami-pierwiastkami są atomy. Atom składa się z jądra atomowego i powłoki elektronowej. Atom ma strukturę podobną do układu planetarnego. Jądro atomowe gra rolę Słońca. Elektrony poruszają się po orbitach podobnych do orbit planet wokół Słońca. Rozmiary jądra atomowego wynoszą około 10^{-14} cm. Orbitsy, po których krążą elektrony mają rozmiary około 10^{-8} cm. Dobrze sobie uświadomić, co to znaczy. Gdyby elektrony krążyły po torach zlokalizowanych na koronie stadionu piłkarskiego, to jądro o wielkości ziarenek maku musielibyśmy umieścić na środku boiska. Jeden atom waży od około $2 \cdot 10^{-27}$ kg (wodór) do około $4 \cdot 10^{-25}$ kg (uran). Masa atomu jest praktycznie skoncentrowana w jądrze atomowym. Masa elektronów to tylko około 1/2000 masy jądra wodoru, a w przypadku atomów złota – około 1/4000. Znaczący to, że atom jest, jeżeli tak można powiedzieć, pusty. Własności chemiczne atomów zależą od ich struktury elektronowej, od struktury powłokowej elektronowej. Ta ostatnia zależy od jądra atomowego.

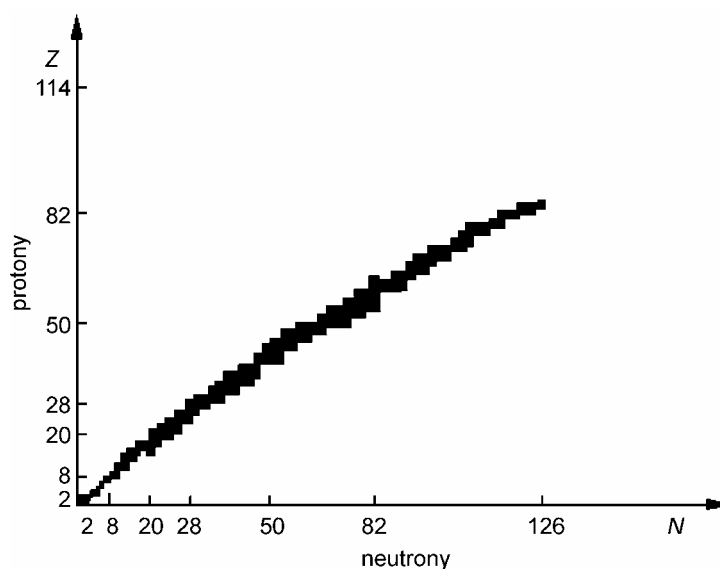
Zastanówmy się, kiedy powstały atomy różnych pierwiastków. Historia powstania pierwiastków jest ciekawa i dość złożona i zależy zasadniczo od historii powstania jąder atomowych. Wychwytywanie elektronów przez jądro atomowe i utworzenie atomu jest w zasadzie prostym procesem. Zanim rozpatrzemy scenariusz powstawania jąder atomowych, kilka bardzo ważnych informacji o ich budowie. Jądra atomowe nie są cząstkami elementarnymi. Są zbudowane z nukleonów, to znaczy z protonów i neutronów. Składają się z Z protonów oraz $N = (A - Z)$ neutronów, przy czym A określa liczbę nukleonów w jądrze atomowym. Nukleony przyciągają się siłami jądrowymi tworząc jądro atomowe. Masa jądra atomowego m_Z^A jest mniejsza od sumy mas składników, z których jądro się składa, czyli $m_Z^A < (Zm_p + Nm_n)$. Energię wiązania nukleonów w jądrze atomowym określa wyrażenie:

$$\Delta E = [(Zm_p + Nm_n) - m_Z^A]c^2 \quad (1)$$

Energia wiązania zależy nie tylko od oddziaływania jądrowego, ale także, chociaż już w znacznie mniejszym stopniu, od odpychania kulombowskiego pomiędzy protonami, od tzw. napięcia powierzchniowego jądrowego, od efek-

tów kwantowych. W przyrodzie w formie stabilnej występują jedynie takie jądra atomowe, których energia wiązania ΔE jest dodatnia. Jądra atomowe, które składają się z określonej liczby protonów Z i różnej liczby neutronów N nazywamy izotopami tego samego pierwiastka. Dla przykładu znamy trzy stabilne izotopy helu. Są to jądra o $Z = 2$ protonach oraz o $N = 1$, względnie 2 lub 4 neutronach, czyli ${}^3_2\text{He}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^6_2\text{He}$.

Występujące w przyrodzie jądra atomowe możemy uszeregować wzdłuż tzw. ścieżki stabilności. Na rysunku 1 na płaszczyźnie Z i N zaznaczono wszystkie stabilne jądra. Tworzą one ścieżkę stabilności jąder atomowych. Okazuje się, że jądra składające się z co najwyżej $A = 240$ nukleonów są stabilne.



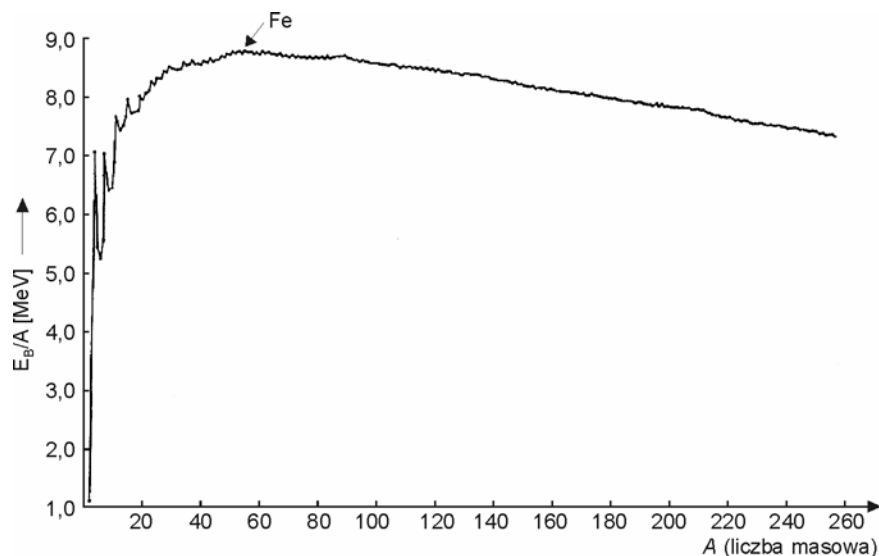
Rys. 1. Ścieżka stabilności jąder atomowych

Jądra atomowe wzdłuż ścieżki stabilności nie są równie silnie związane. By prześledzić stopień związania nukleonów w jądrze atomowym wprowadzamy średnią energię wiązania B nukleonu w jądrze A , czyli

$$B = \frac{\Delta E}{A} \quad (2)$$

Rysunek 2 prezentuje zależność średniej energii wiązania B od liczby masyowej A . Maksymalna wartość, jaką osiąga energia wiązania B wynosi 8,8 MeV/nukleon. Jądrem najsilniej związanym jest izotop żelaza o $Z = 26$ i liczbie masyowej $A = 56$. Oznacza to, że łącząc 26 protonów z 30 neutronami w jądro żelaza, wyzwala się najwięcej energii. W krzywej zależności B od liczby masyowej A występują struktury – lokalne maksima. Zależą one przede wszystkim

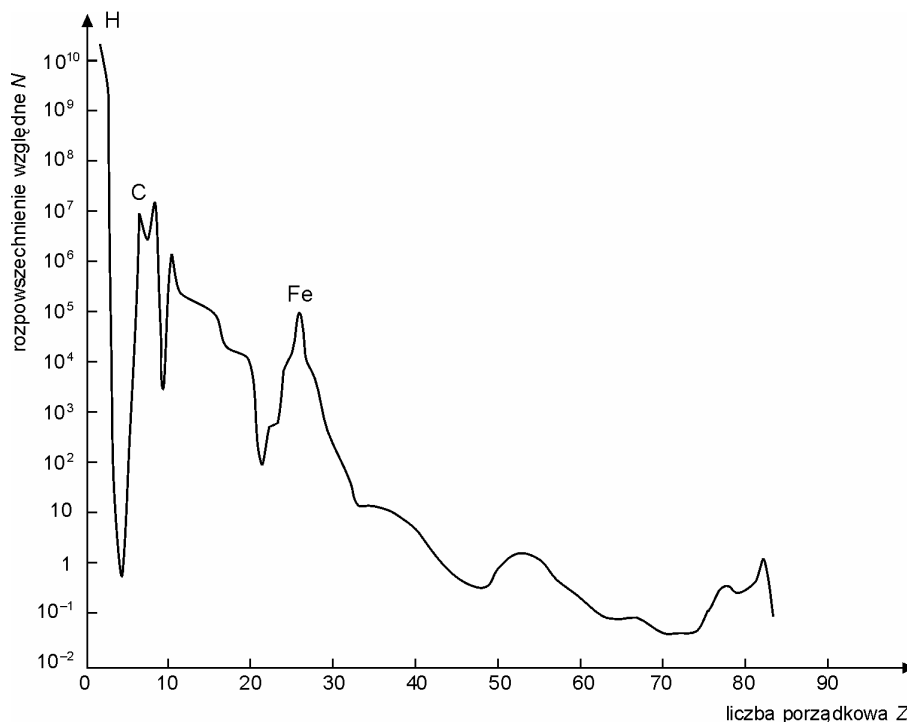
od efektów kwantowych – by wymienić chociażby tzw. siły sparowania. Dotyczy to głównie lekkich pierwiastków takich jak jądra o $Z = 2, 4, 6, 8$. Na ziemi występuje 274 różnego rodzaju stabilnych nuklidów-izotopów.



Rys. 2. Średnia energia wiązania nukleonu w jądrze atomowym

Jakie wnioski można wyciągnąć z zależności prezentowanej na rys. 2? Jeżeli do stabilnego jądra atomowego o $A < 56$ będziemy „dodawali” następny nukleon, to wtedy nowy układ nukleonowy-jądro atomowe staje się bardziej związane. Dzięki silniejszemu związaniu nukleonów wydziela się energia. Procesy takie nazywamy procesami egzoenergetycznymi. W przypadku jąder o $A > 56$ wprowadzenie nowego nukleonu powoduje, że średnia energia wiązania zmaleje. Związanie nowego nukleonu wymaga dostarczenia odpowiedniej energii. Jeżeli to nie nastąpi, to nukleon nie zostanie schwytyany. Proces taki jest procesem endoenergetycznym. Wyróżniamy wobec tego procesy jądrowe *egzoenergetyczne*, w których będzie się wydzielać energia, oraz procesy *endoenergetyczne*, wymagające dostarczenia z zewnątrz energii, by proces mógł zajść, by dodatkowy nukleon został związany w jądrze.

Rozpatrzmy jeszcze jedną zależność, krzywą opisującą rozpowszechnienie pierwiastków na ziemi, czyli krzywą określającą tzw. abundancję pierwiastków (rys. 3).



Rys. 3. Rozproszczenie pierwiastków

W zasadzie możemy wyróżnić trzy obszary. **Pierwszy** z nich obejmuje pierwiastki do boru ($Z = 5$) włącznie. Średnie rozproszczenie wodoru i helu sięga 10^{10} (we względnych jednostkach). **Drugi** obszar obejmuje pierwiastki kończące się w okolicach żelaza ($Z = 28$, $A = 56$). Ich średnie rozproszczenie jest znacznie mniejsze i wynosi około 10^4 . **Trzeci** obszar obejmuje pierwiastki do uranu ($Z = 92$) o średnim rozproszczeniu około 10^{-1} . Te trzy grupy różnią się między sobą bardzo różnym stopniem rozproszczenia. Jest to związane z tym, że jądra należące do poszczególnych grup powstają w różnych procesach i okolicznościach. Pierwiastki należące do pierwszego obszaru produkowane są w tzw. pierwotnej nukleosynecie, pierwiastki drugiego obszaru powstają w procesach syntezy w gwiazdach. Trzecia grupa pierwiastków związana jest z procesami wychwytu neutronów. Neutrony te powstają w różnych etapach rozwoju gwiazd. Najcięższe jądra powstają w ostatniej fazie rozwoju ciężkich gwiazd, w czasie wybuchu znanego supernową.

Pierwotna nukleosyneta

Najlżejsze pierwiastki powstały w początkowej fazie rozwoju Wszechświata. Zgodnie z modelem Wielkiego Wybuchu opisującym rozwój naszego Wszechświata, musimy sięgnąć do 10^{-5} sekundy po Wielkim Wybuchu, kiedy to tempe-

ratura panująca we Wszechświecie wynosiła $T = 3 \cdot 10^{12} \text{ K} \cong 300 \text{ MeV}$ ($E = k \cdot T$, k – stała Boltzmanna). Nasz Wszechświat zajmował wówczas obszar R o średnicy rzędu 1 roku świetlnego. Wtedy powstały cegiełki, z których zbudowane są jądra atomowe, czyli nukleony. Elementarne cząstki, jakimi są kwarki łączyły się wtedy ze sobą w wyniku oddziaływań silnych. Układy składające się z trzech najbliższych kwarków utworzyły protony, względnie neutrony. Protony są cząstkami trwałymi, swobodne neutrony nie są trwałe. Rozpadają się w procesie β^- z dość długim czasem połowicznego rozpadu wynoszącym około 1000 s. Zgodnie z modelem Wielkiego Wybuchu Wszechświat składał się wtedy z fotonów, neutrin, antyneutrin i niewielkiej liczby elektronów i nukleonów. W czasie pomiędzy 10^{-5} sekundy a 3 minutą po Wielkim Wybuchu zachodziły różne procesy jądrowe. Nie wchodząc w szczegóły, między innymi w wyniku oddziaływania neutrin z protonami ubytek neutronów spowodowany rozpadem został spowolniony. W czasie około 2 minut po Wielkim Wybuchu protonów było około 6 razy więcej niż neutronów. W 3–4 minucie po Wielkim Wybuchu rozpoczęły się procesy prowadzące do pierwotnej nukleosyntezy. Podstawową reakcją w pierwotnej nukleosyntezie jest proces:



czyli synteza jąder deuteru d . Jądra deuteru składają się ze związanych ze sobą protonu i neutronu. Energię wiązania unosi foton γ . Energia fotonu E_γ jest równa energii wiązania neutronu z protonem w jądrze deuteru, czyli

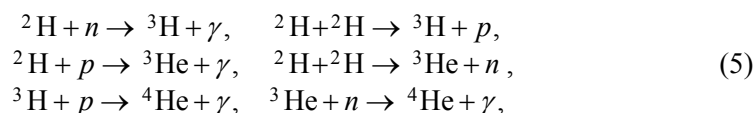
$$E_\gamma = \Delta E = (m_p + m_n - m_d)c^2 = 2,23 \text{ MeV} . \quad (4)$$

Należy w tym miejscu podkreślić, że neutrony związane w jądrze atomowym ze względów energetycznych nie rozpadają się.

Proces syntezy deuteronu jest spowalniany przez konkurencyjny proces, tzw. dysocjację, proces odwrotny do (3). Pochłonięcie przez jądro deuteru fotonu o odpowiedniej energii [$d + \gamma \rightarrow n + p$] powoduje, że jądro deuteru rozpada się na składniki, czyli na proton i neutron. Proces tworzenia i dysocjacji jąder deuteru będzie trwał tak długo, jak długo we Wszechświecie będą istniały fotony o energii 2,23 MeV. Okres dynamicznej równowagi ma duże znaczenie w pierwotnej nukleosyntezie. Spowalnia w sposób znacząco tworzenie jąder atomowych. We Wszechświecie istnieje bowiem olbrzymia ilość fotonów. Na jeden proton przypada ponad 10^9 fotonów. Okazuje się, że średnia energia fotonów zależy od temperatury T czyli $E_\gamma \propto T$. Wszechświat cały czas się rozszerza, jego rozmiary rosną (R rośnie). Temperatura T panująca we Wszechświecie maleje zgodnie z wzorem $T \propto \frac{1}{R}$ i w konsekwencji maleje energia fotonów.

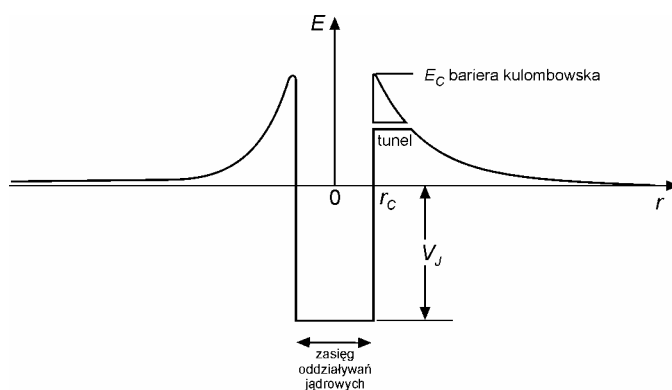
W 100 sekund po Wielkim Wybuchu temperatura T we Wszechświecie spadła do około 10^9 K. Tempo dysocjacji stało się tak małe, że jądra deuteru nie

mogły się już rozpadać. Nastąpił wzrost liczby jąder deuteru d . Zaczęły w sposób znaczący zachodzić procesy:



przy czym jądra deuteru d oznaczamy ${}^2\text{H}$, jądra trytu – ${}^3\text{H}$, a jądra helu o liczbie masowej $A = 3$ – ${}^3\text{He}$, zaś jądra helu o $A = 4$ – ${}^4\text{He}$. Są to najważniejsze procesy prowadzące do powstania jąder helu. W 100 s po Wielkim Wybuchu powstała ich znacząca liczba. W tym okresie rozwoju Wszechświata powstały także jądra Li, Be, B.

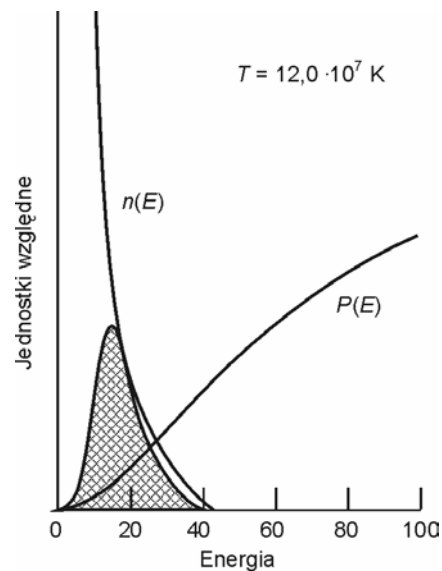
Co możemy powiedzieć o prawdopodobieństwie zajścia powyższych reakcji? Aby nukleony względnie jądra atomowe mogły łączyć się ze sobą i tworzyć nowe jądra, muszą zbliżyć się do siebie na bardzo małą odległość rzędu 10^{-14} cm. Na tych odległościach zaczynają działać siły jądrowe. Neutrony nie mają problemu, by zbliżyć się do protonu, względnie innego jądra atomowego na tak małą odległość i zostać schwytane. Protony i inne naładowane jądra atomowe muszą przewyciężyć odpychanie spowodowane siłami kulombowskimi. Cząstki naładowane napotykają na tzw. barierę kulombowską, będącą wynikiem współgrania oddziaływań jądrowych przyciągających i odpychania kulombowskiego. Wysokość bariery kulombowskiej E_C , jaką odczuwa cząstka o ładunku Z_2e zbliżająca się do drugiej o ładunku Z_1e jest proporcjonalna do $E_C \propto Z_1e \cdot Z_2e$. Rysunek 4 prezentuje przebieg bariery kulombowskiej; r_C nazywamy promieniem bariery, czyli odległością od środka jądra, przy której zaczynają działać siły jądrowe.



Rys. 4. Energia oddziaływania pomiędzy dwoma cząstkami naładowanymi w wyniku oddziaływania kulombowskiego i jądrowego

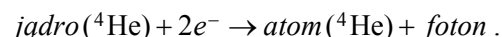
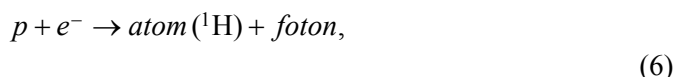
Prawdopodobieństwo zajścia reakcji wywołanej przez naładowane cząstki jest funkcją dwu prawdopodobieństw. Jednym jest prawdopodobieństwo $n(E)$, że cząstki naładowane będą posiadać energię kinetyczną E , drugim prawdopodobieństwo $P(E)$, że cząstka o energii E przeniknie do wnętrza jądra. Rozkład energii kinetycznej cząstek w ośrodku o temperaturze T (wyrażonej w Kelwinach) opisuje rozkład Maxwella-Boltzmann $n(E) \propto E^{1/2} e^{-E/2kT}$. Prawdopodobieństwo przejścia cząstki przez barierę kulombowską określa mechanika kwantowa. Jest to tzw. efekt tunelowy opisany przez wyrażenie Gamowa. Prawdopodobieństwo to dane jest wyrażeniem $P(E) = e^{-\sqrt{E_G/E}}$, przy czym E_G jest energią Gamowa. Rysunek 5 prezentuje rozkład prawdopodobieństwa obydwu efektów w funkcji energii w środka masy oddziałujących cząstek naładowanych dla określonej temperatury T . Powierzchnia zakreskowa określa prawdopodobieństwo zajścia reakcji. Jej wielkość zależy od iloczynu obydwu prawdopodobieństw $n(E)$ i $P(E)$. Jest to, jak to wynika z rysunku 5 efekt silnie zależny od temperatury. Zaprezentowane rozumowanie dotyczy wszystkich reakcji, o których będzie mowa w tym artykule. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w artykule w *Fotonie* 95/2006, a także w podręcznikach fizyki współczesnej lub fizyki jądrowej.

Co można powiedzieć o pierwotnej nukleosyntezie? Warunki, jakie istniały we Wszechświecie w 3–4 minucie po Wielkim Wybuchu powodowały, że mogły powstać jedynie najlżejsze pierwiastki. W temperaturze panującej we Wszechświecie w 3–4 minucie po Wielkim Wybuchu mogły zachodzić jedynie reakcje pomiędzy cząstkami o niezbyt dużym ładunku elektrycznym. W wyniku tych ograniczeń okazało się, że część swobodnych protonów i wszystkie swobodne neutrony połączyły się, tworząc jądra atomowe lekkich pierwiastków. Po związaniu wszystkich neutronów materia we Wszechświecie składała się w 76% z jąder wodoru, oraz w 24% z izotopu helu o $A = 4$. Powstały także jądra deuteru ${}^2\text{H}$, helu ${}^3\text{He}$, litu ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$ oraz w bardzo niedużych ilościach berylu i boru. Dla przykładu na około 10^9 jąder wodoru przypadało jedno jądro ${}^7\text{Li}$. Inne izotopy Li, Be i B produkowane były w jeszcze bardziej śladowych ilościach.



Rys. 5. Prawdopodobieństwo zajścia reakcji pomiędzy cząstkami naładowanymi elektrycznie

Co działo się dalej? Temperatura w czasie ekspansji nadal spadała. Temperatura stała się tak mała, że zaczęły się tworzyć atomy pierwiastków. Zachodziły procesy wychwytu elektronów. Dwa przykłady:



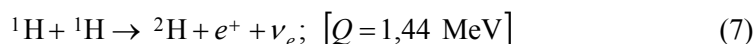
Fotony unoszą tym razem energię wiązania elektronów w atomie. Energia wiązania elektronów jest około milion razy mniejsza niż np. energia wiązania p i n w jądro d i wynosi około 10 eV. Także w tym przypadku zachodzi konkurencja pomiędzy procesem wychwytu elektronu przez jądro atomowe i procesem dysocjacji, czyli wyrwaniem elektronów z orbit atomowych. Dopiero około 10^5 lat po Wielkim Wybuchu skończył się proces dysocjacji atomów. Temperatura panująca we Wszechświecie zmalała do około $T = 4000$ K. Wtedy energia fotonów wypełniających Wszechświat stała się zbyt mała, by jonizować powstałe atomy. Od tego momentu Wszechświat składa się z atomów wodoru i helu oraz śladowych ilości atomów litu, berylu, boru a także fotonów i neutrin. Zaprezentowany scenariusz powstania atomów potwierdza obserwowane promieniowanie reliktowe. Badania własności tego promieniowania prowadzone są intensywnie do dzisiaj. Za odkrycie i badania promieniowania relikтового przyznano Nagrody Nobla w roku 1978 (Arno Penzias i Robert W. Wilson) oraz w ubiegłym roku (John C. Mather i George F. Smoot – *Foton* 95/2006).

W pierwotnej nukleosyntezie, która wystąpiła w bardzo wczesnym okresie rozwoju Wszechświata powstały jedynie bardzo lekkie pierwiastki, głównie atomy wodoru oraz helu. Na cięższe pierwiastki musieliśmy czekać bardzo długo. Rozpoczęło się to co najmniej 10^9 lat po Wielkim Wybuchu, czyli około 10^{15} lat temu i trwa do dzisiaj.

Synteza pierwiastków w gwiazdach

Zajmijmy się najpierw pierwiastkami grupy drugiej, pierwiastkami, których jądra atomowe zawierają mniej niż $Z = 26$ protonów i mniej niż $A = 56$ nukleonów. Powstanie pierwiastków tej grupy związane jest z rozwojem gwiazd. Co możemy powiedzieć o powstaniu gwiazd? W 10^5 lat po Wielkim Wybuchu mieliśmy następującą sytuację. Wszechświat wypełniony był gazem, składającym się przede wszystkim z atomów wodoru stanowiących ponad 75% materii oraz w pozostałej części praktycznie z atomów helu 4 (^4He). W wyniku termicznego ruchu atomów powstały niejednorodności materii o charakterze statystycznym. Na zagęszczeniach w wyniku grawitacyjnego przyciągania powstały coraz większe skupiska materii. Prowadziło to ostatecznie do powstania gwiazd. Kiedy powstały pierwsze gwiazdy? Szacuje się, że było to 10^9 lat po Wielkim Wybuchu. W 10^{10} lat istniała już znacząca liczba gwiazd. Proces powstania gwiazd nie ustał. Dzisiaj nadal powstają gwiazdy z materii międzygwiazdnej.

W wyniku grawitacji następuje sprężenie materii. We wnętrzu gwiazdy powstaje materia o dużym ciśnieniu. Sprężeniu materii towarzyszy wzrost temperatury. W wyniku kompresji grawitacyjnej w centrum gwiazdy temperatura osiąga taką wartość, że gwiazda się zapala, czyli jądra wodoru zaczynają oddziaływać ze sobą. Zgodnie z tym, co zostało wcześniej powiedziane powstają warunki, by mogły zachodzić reakcje jądrowe. W pierwszym etapie powstają jądra deuteru:

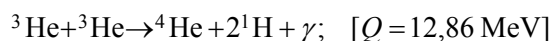
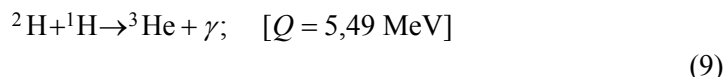


Jest to proces egzoenergetyczny ($Q > 0$), w którym wydziela się energia 1,44 MeV. Wielkość wydzielanej energii związana jest w tym przypadku z różnicą pomiędzy masami dwu swobodnych protonów i masą jądra deuteru oraz elektronu przy założeniu, że neutrino jest bezmasowe. Ogólnie w reakcji $m_1 + m_2 \rightarrow m_3 + m_4 + Q$, przy czym tzw. ciepło reakcji Q wynosi

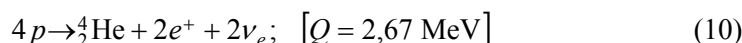
$$Q = [(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)]c^2 \quad (8)$$

Z reakcją egzoenergetyczną mamy do czynienia, gdy $Q > 0$, endoenergetyczną, gdy $Q < 0$.

Prześledźmy procesy zachodzące w typowej gwiazdzie, jaką jest Słońce. W wyniku oddziaływań grawitacyjnych średnia temperatura w centrum Słońca osiąga 15 milionów stopni Kelvina. Dzięki temu protony mają tak dużą energię kinetyczną, że mogą się ze sobą połączyć (7). Następnymi procesami są między innymi reakcje:



Zachodzące procesy jądrowe prowadzą ostatecznie do wiązania 4 protonów w cząstkę alfa (${}^4\text{He}$), czyli do procesu:



W wyniku procesu syntezy jądra ${}^4\text{H}$ wydziela się energia 26,7 MeV. Gęstość wodoru w gwiazdach jest bardzo duża. Np. w centrum Słońca wynosi około 125 g/cm^3 , czyli $7,5 \cdot 10^{25}$ protonów/ cm^3 . Zachodzi dostatecznie duża liczba reakcji syntezy w jednostce czasu. Wyzwała się olbrzymia energia, którą obserwujemy jako świecenie gwiazdy. W wyniku spalania zmniejsza się gęstość wodoru w centrum gwiazdy, maleje liczba zachodzących reakcji, czemu towarzyszy zmniejszenie produkcji ciepła. Wówczas „produkcja energii” w gwiazdzie znacząco maleje. W konsekwencji maleje powoli temperatura we wnętrzu gwiazdy. Jej wnętrze stygnie, ciśnienie wewnętrzne maleje. Skład materii we wnętrzu gwiazdy zmienia się. Wzrasta znacząco udział jąder helu.

Co się dzieje dalej? W wyniku sił grawitacji materia gwiazdy ulega ponownemu sprężeniu. We wnętrzu podnosi się gęstość i temperatura. Jeżeli masa gwiazdy jest dostatecznie duża, to temperatura osiągnie dostatecznie dużą wartość. Gwiazda zapala się ponownie. Zachodzą reakcje, w których ${}^4\text{He}$ mogą przezwyciężyć odpowiednio wyższą barierę kulombowską. Zaczynają zachodzić nowe procesy. Nie wchodząc w szczegóły, podstawową reakcją są procesy ${}^4\text{He}+{}^4\text{He}\rightarrow{}^8\text{Be}\rightarrow{}^8\text{Be}+{}^4\text{He}\rightarrow{}^{12}\text{C}$. Mówimy, że gwiazda przeszła do nowej fazy, *fazy helowej*. W fazie tej powstają jądra cięższe niż w czasie etapu wodorowego, w tym jądra węgla.

Sytuacja zaczyna się powtarzać. Hel ulega spalaniu. Następuje kolejna faza. Materia gwiazdowa ulega dalszej kompresji. Temperatura we wnętrzu gwiazdy osiąga odpowiednią wartość, gwiazda przechodzi do *epoki węglowej*. Zachodzące reakcje prowadzą do procesu ${}^{12}\text{C}+{}^{12}\text{C}\rightarrow{}^{20}\text{Ne}$. Ostatecznie następuje synteza neonu o liczbie masowej $A = 20$. Sytuacja się powtarza. Gwiazda stygnie, następuje ponowna kompresja. Gwiazda się ponownie zapala. Mówimy o *epoce neonowej*. Zachodzące reakcje jądrowe sprowadzają się do procesu ${}^{12}\text{C}+{}^{20}\text{Ne}$. Następny etap to *epoka tlenowa* z reakcjami prowadzącymi do procesu ${}^{16}\text{O}+{}^{16}\text{O}$, w wyniku którego powstają jądra krzemu Si. Spalanie gwiazdy w poszczególnych etapach staje się coraz szybsze. Zależy to od masy gwiazdy. Ostatnim etapem jest epoka krzemowa prowadząca do powstania jąder żelaza Fe. Dalszych etapów nie ma, gdyż reakcje jądrowe przestają być egzoenergetyczne. Powstanie w wyniku syntezy cięższych pierwiastków staje się niemożliwe. Reakcje jądrowe stają się endoenergetyczne. Aby zachodziły, zderzające się cząstki musiałyby mieć tak duże energie, by skompensować malejącą energię wiązania nukleonów w jądrze.

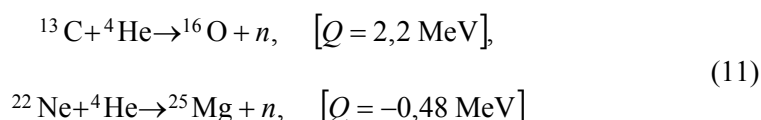
To, na którym etapie kończy się żywot gwiazdy, zależy od jej wielkości i od możliwości kompresji grawitacyjnej. Gwiazdy o większej masie przechodzą przez większą liczbę etapów. Przewidziany scenariusz dla gwiazdy o masie 25 razy większej od masy Słońca powinien przebiegać następująco:

<i>Faza</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Czas trwania</i>
<i>wodorowa</i>	$6,10^7$	10^7 lat
<i>helowa</i>	$2,10^8$	10^5 lat
<i>węglowe</i>	10^9	600 lat
<i>neonowa</i>	$1,7 \cdot 10^9$	1 rok
<i>tlenowa</i>	$2,5 \cdot 10^9$	6 miesięcy
<i>krzemowa</i>	$4 \cdot 10^9$	1 dzień

Nasze Słońce, mała gwiazda, kończy swój żywot już po pierwszym etapie wodorowym. Po wypaleniu Słońce stanie się tzw. czerwonym karłem.

Procesy wychwyty neutronów

Synteza pierwiastków w gwiazdach w reakcjach jądrowych kończy się na jądrach żelaza. Cięższe pierwiastki o masach $A > 56$ powstają w innych procesach. Są to procesy wychwyty neutronów. W poszczególnych stadiach rozwoju gwiazd oprócz reakcji podstawowych, o których była mowa, zachodzą reakcje, w wyniku których powstają neutrony. Jako przykład można wymienić:



Gęstości neutronów powstałych w ten sposób osiągają w gwiazdach tylko wartości rzędu 10^8 neutronów w 1 cm^3 . Neutrony są chwyte przez jądra atomowe w procesach (n, γ) . Oznacza to, że jądro typu (A, Z) w wyniku procesu wychwyty neutronu (n, γ) przechodzi w jądro o większej liczbie neutronów, czyli staje się jądrem $(A + 1, Z)$. Zwiększa się liczba neutronów w jądrze. Zachodzą procesy wielokrotnego wychwyty neutronów. W ten sposób powstają jądra cięższe. Jeżeli powstałe jądro oddali się od ścieżki stabilności, gdyż stało się jądrem o nadmiarze neutronów, to wtedy zachodzi rozpad promieniotwórczy β^- . Wówczas jeden z neutronów jądra zamienia się w proton. Zachodzi proces ${}^A_{Z+1}X \rightarrow {}^A_ZY + e^- + \bar{\nu}_e$. Oznacza to, że jądro X składające się z $(A + 1)$ nukleonów, w tym Z protonów, przechodzi w jądro Y nadal o $(A + 1)$ nukleonach, ale o $(Z + 1)$ protonów. W ten sposób jądro neutronnadmiarowe staje się jądrem stabilnym. Procesy (n, γ) zachodzą wielokrotnie. Otrzymujemy jądra o A dochodzących do 150, a nawet znacznie cięższe. Aby proces ten, proces poruszania się po „drabince masowej” był skuteczny, jądra nie mogą się zbyt szybko rozpadać w procesie β^- . Musi istnieć możliwość wychwyty następnego neutronu. Mimo dużych przekrojów czynnych na reakcję (n, γ) wychwyty neutronu następuje średnio w odstępach dni, lat a nawet kilkudziesięciu lat. Procesy wychwyty, o których mowa nazywamy **procesami typu s** (powolny – *slow*) i to nie z tego powodu, że neutrony miałyby poruszać się powoli, ale że wychwyty neutronów zachodzą zbyt rzadko. Neutrony mają oczywiście dostatecznie dużą energię, by być wychwyte w tych endoenergetycznych procesach.

Jednakże im cięższe jądra, tym czasy życia ze względu na rozpad β^- stają się coraz krótsze. Procesy s są zbyt wolne. Kiedy wystąpią zatem warunki umożliwiające powstanie najcięższych pierwiastków? Głównym procesem są nadal reakcje (n, γ) . Przy bardzo krótkich czasach życia, sięgających milisekund, wychwyty neutronów muszą nastąpić bardzo szybko po sobie. Wymaga to bardzo dużych gęstości neutronów. Pod koniec, trwającej zresztą bardzo krótko, epoki krzemowej gwiazda nie może się już zapalić. Reakcje jądrowe, które mogłyby być zainicjowane są już tylko endoenergetyczne. Następuje załamanie się gwiazdy. Powstaje gwałtowny wybuch. Mówimy o supernowej. W wyniku wielkiej

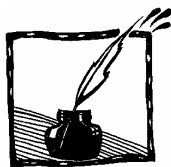
implozji znacząca część materii wyrzucana jest na zewnątrz. Sama gwiazda w zależności od swojej wielkości staje się albo czarną dziurą albo gwiazdą neutronową. W tym czasie powstaje między innymi olbrzymia liczba neutronów. W porównaniu do procesów *s*, w których mamy do czynienia z neutronami o gęstościach rzędu 10^8 cm^{-3} , gęstość neutronów w tym krótkim czasie trwania wybuchu supernowej jest znacznie większa i sięga 10^{20} cm^{-3} . Wychwyty neutronów stają się bardzo częste. Zachodzą gwałtowne procesy, w wyniku których produkowane są najcięższe znane nam pierwiastki sięgające $A = 210$. Mówimy w tym przypadku o **procesach r** (szybkie – *rapid*), procesach wychwytu szybkich neutronów, których energia sięga 10–20 MeV, w bardzo krótkich odstępach czasu.

Z przedstawionego scenariusza wynika, że pierwiastki produkowane są w następujących procesach: najlżejsze (praktycznie wodór i hel) w pierwotnej nukleosyntezie; w reakcjach jądrowych w gwiazdach prowadzących do syntezy jąder do żelaza włącznie; w procesach wychwytu neutronów – procesy *s* względnie procesy *r* (pierwiastki cięższe od żelaza), przy czym niezbędne neutrony powstają albo w różnych stadiach rozwoju gwiazd względnie w wyniku wybuchu gwiazdy w ostatnim etapie rozwoju gwiazdy, czyli w tzw. supernowej. Nie znaczy to, że nie występują jeszcze pewne specyficzne procesy. Mają one znikome znaczenie w pełnym bilansie produkcji pierwiastków. Są jednak interesujące. Dla przykładu supernowa jest nie tylko źródłem neutronów *r*, ale także bardzo dużej liczby neutrin, antyneutrin, protonów. Neutrina także odgrywają pewną rolę, gdyż w takich reakcjach jak $n + \bar{\nu}_e \rightarrow p + e^-$ zamieniają neutrony w protony i wpływają na szczegółowy bilans produkcji. Przy produkcji niektórych rodzajów jąder ważne są także reakcje (p, γ) . W omawianych procesach powstaje 264 stabilnych izotopów, tworzących 92 pierwiastki.

Oddzielnym bardzo interesującym zagadnieniem jest produkcja przy użyciu urządzeń zbudowanych przez człowieka. W laboratorium potrafimy oprócz stabilnych pierwiastków wytworzyć ponad 2000 różnego rodzaju jąder atomowych. Są to jądra niestabilne, promieniotwórcze. Na specjalną uwagę zasługują prace nad wytwarzaniem superciężkich jąder o $Z > 92$. Rekordem jest utworzenie jąder o $Z = 116$. Badania te mają istotne znaczenie poznawcze. Są to prace interesujące z punktu widzenia fizyki, studiowania mechanizmów reakcji jądrowych, struktur jąder atomowych. Ale to już historie wykraczające poza ramy tego artykułu.

Od Redakcji:

O podobnej tematyce polecamy książkę *Magiczny tygiel* Marcusa Chowna, Wyd. Zysk i S-ka, Poznań 2004.



Lepkość cieczy – jak zmierzyć współczynnik lepkości

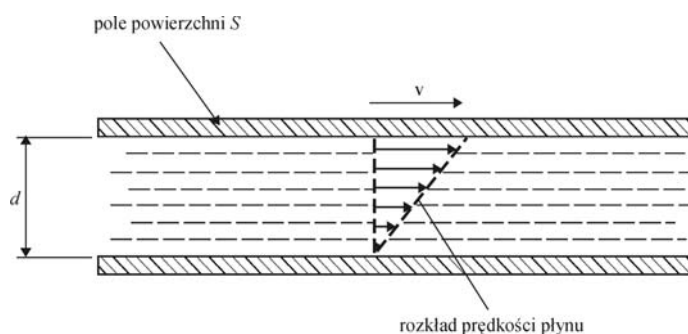
Andrzej Zięba

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH

Spróbujmy zamieszać łyżką w słoiku miodu. Wyraźnie odczujemy opór, tym większy, im szybciej usiłujemy poruszać łyżką. Zjawisko to jest pod pewnymi względami podobne do siły tarcia między dwiema powierzchniami ciał stałych, i bywa nawet nazywane „tarcie wewnętrzne”. W analogii do zwykłego tarcia, siła oporu lepkiego ma kierunek przeciwny do kierunku ruchu łyżki. Również w obu przypadkach energia mechaniczna zamienia się na ciepło. Poza tym własności siły oporu lepkiego są inne.

Z „kuchennego” doświadczenia wiemy, że zastępując miód olejem jadalnym, a następnie wodą, zaobserwujemy sukcesywne zmniejszenie siły oporu. W analogii do współczynnika tarcia domyślamy się, że istnieje współczynnik, charakteryzujący zdolność cieczy do wytwarzania siły oporu lepkiego. Jest nim *współczynnik lepkości*. Oprócz cieczy, współczynnik lepkości może być określony również dla gazów, dlatego od tego miejsca termin „ciecz” zastępujemy terminem „płyn”, obejmującym zarówno ciecze jak i gazy.

Łyżka w garnku jest układem o skomplikowanej geometrii. By precyzyjnie zdefiniować współczynnik lepkości, trzeba wytworzyć siłę oporu lepkiego w układzie możliwie prostym. Rysunek 1 przedstawia taki układ, złożony z dwu płyt o powierzchni S , oddalonych na odległość d , między którymi znajduje się nasz płyn. Umówmy się, że płyta dolna jest nieruchoma, a górna porusza się z prędkością v . Ponieważ ciecz przykleja się do powierzchni ciała stałego, jej prędkość przy powierzchni dolnej jest zerowa, przy płycie górnej równa v . Pomiedzy płytami, wartość wektora prędkości zmienia się liniowo (rys. 1), tak że kolejne warstwy „ślizgają się” po sobie, co uzasadnia nazwę „tarcie wewnętrzne”.



Rys. 1. Rysunek pomocniczy do definicji współczynnika lepkości (wg [1])

By podtrzymać ruch, potrzebna jest siła F . Jest ona proporcjonalna do powierzchni S oraz prędkości v , zaś odwrotnie proporcjonalna do odległości między płytami d (i nie zależy od materiału płyt). Współczynnikiem proporcjonalności w wyrażającym te zależności wzorze

$$F = \eta \frac{S v}{d} \quad (1)$$

jest współczynnik lepkości η . Jego wartość zależy od rodzaju cieczy oraz od jej temperatury.

Tabela 1 podaje wartość η dla różnych płynów. Dla cieczy wartość η silnie rośnie w funkcji temperatury. Wyzwaniem dla producentów olejów silnikowych jest wyprodukowanie oleju, którego współczynnik lepkości jak najslabiej zależy od temperatury – by nie stosować, jak dawniej, osobnego oleju „letniego” i „zimowego”. W przypadku gazów jest odwrotnie – ich lepkość rośnie proporcjonalnie do temperatury. Najbardziej osobliwym płynem jest ciekły hel: jako jedyna substancja pozostaje cieczą aż do temperatury zera bezwzględnego, i w tych najniższych temperaturach wykazuje zjawisko nadciekłości, czyli zupełnego zniknięcia sił hamujących przepływ cieczy.

Tabela 1. Wartości współczynnika lepkości dla wybranych gazów i cieczy (wg [2])

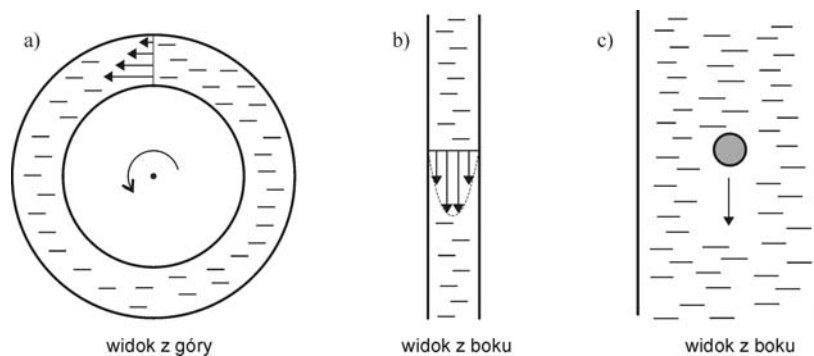
Substancja	η [10^{-3} Pa·s]
Powietrze	0,0185
Argon	0,0226
Ciekły azot (70 K)	0,2039
Aceton	0,3040
Woda (0°C)	1,793
Woda (25°C)	0,8905
Woda (100°C)	0,2818
Oliwa z oliwek	84

Jak zmierzyć współczynnik lepkości? Układ pokazany na rysunku 1 niezbyt się do tego nadaje. Uważny czytelnik spostrzeże, że przesuwanie się płytki spowoduje spiętrzenie płynu przed płytką, zaburzające wyidealizowany obraz przepływu. Poniżej przedstawimy trzy metody, które mogą być realnie użyte do pomiaru współczynnika lepkości.

(a) współśrodkowe cylindry

Aby uniknąć kłopotu związanego z brzegami płyt, „zwińmy” je do postaci dwu cylindrów, między które wlewamy badaną ciecz (rys. 2a). Miarą współ-

czynnika lepkości jest moment siły, jaki powstanie w cylindrze środkowym, obracającym z określoną prędkością.



Rys. 2. Wybrane metody pomiaru współczynnika lepkości – strzałki ilustrują wektory prędkości cieczy (rys. a i b) i kulki w cieczy (rys. c)

(b) przepływ przez rurkę (kapilarę)

Wyobraźmy sobie przepływ cieczy przez rurkę (rys. 2b) pod wpływem różnicy ciśnień między jej końcami. Prędkość cieczy jest największa na osi rury i maleje do zera przy ściankach. Wyprowadzenie wymagające użycia rachunku różniczkowego pokaże, że objętość Q cieczy wypływającej z rurki w ciągu sekundy jest proporcjonalna do różnicy ciśnień Δp oraz czwartej potęgi jej promienia r , zaś odwrotnie proporcjonalna do długości rurki l i współczynnika lepkości η ,

$$Q = \frac{\pi \Delta p r^4}{8 \eta l} \quad (2)$$

Przepływ cieczy Q wyznaczamy przez pomiar objętości lub masy cieczy, jaka wypłynie z rurki w określonym czasie. Różnicę ciśnień realizuje się najczęściej jako ciśnienie hydrostatyczne słupa cieczy. Metoda nadaje się do pomiaru lepkości tak cieczy, jak i gazów.

(c) metoda spadania kulki

Obliczenie siły oporu lepkiego, jakiego doznaje kula poruszająca się w cieczy lepkiej jest jeszcze trudniejsze, niż dla przypadku przepływu cieczy przez rurkę. Zagadnienie to rozwiązał matematyk brytyjski Stokes, podając wzór na siłę oporu lepkiego

$$F = 6\pi \eta r v \quad (3)$$

gdzie r jest promieniem kulki, a v – jej prędkością. Pomiar polega na wyznaczeniu szybkości spadania kulki w cylindrze wypełnionym badaną cieczą (rys. 2c).

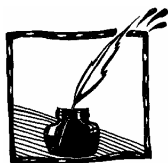
Szybkość ta zależy od równowagi trzech sił działających na kulkę: grawitacji, siły oporu lepkiego i siły wyporu Archimedesesa. Ciekawą modyfikacją metody jest wykorzystanie w charakterze kulki banieczek powietrza, poruszających się w cieczy do góry. Wadą metody jest relatywnie duża objętość cieczy niezbędnej do wykonania pomiaru i możliwość zastosowania jej tylko do cieczy o dość dużej lepkości. Opisane trzy metody realizowane są w pracowniach fizycznych [1], [3].

Pomiar lepkości cieczy ma znaczenie dla wielu dziedzin gospodarki. Wykonywany jest przy pomocy przyrządów zwanych lepkościomierzami. (Dawna nazwa viskozymetr jest coraz rzadziej używana). Ze względu na silną zależność lepkości od temperatury, wiele przyrządów wyposażonych jest w termostat do regulacji temperatury.

Na rynku oferowana jest mnogość lepkościomierzy, o zaskakująco różnych zasadach działania [4]. Wszystkie trzy opisane sposoby pomiaru współczynnika lepkości mają swoje odpowiedniki w postaci profesjonalnych przyrządów. Omówmy jeszcze kilka innych zasad konstrukcji lepkościomierzy. Bodaj najprostszym jest odpowiednio zbudowany lejek, lepkość wyznacza się na podstawie czasu wypływu nalanej doń cieczy. Do bardziej wyrafinowanych należy przyrząd wykorzystujący ruchy tłoczka w cylindrze wypełnionym badaną cieczą, przy czym poruszanie tłoczkiem realizowane jest przy pomocy pola magnetycznego. Ciągły pomiar lepkości płynu przepływającego przez rurociąg umożliwia przyrząd wykorzystujący tłumienie drgań odpowiedniego elementu zanurzonego w cieczy. Przypomnijmy w tym miejscu, że właśnie metoda pomiaru szybkości tłumienia powolnych drgań płytki była wykorzystana przez prof. Mięśowicza do badania lepkości ciekłych kryształów [5].

Literatura:

- [1] A. Zięba, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, cz. 1, skrypt AGH nr SU 1608, Kraków 1999.
- [2] *Tablice Fizyczno-Astronomiczne*, opr. W. Mizerski i W. Nowaczek, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 1995.
- [3] H. Szydłowski, *Pracownia Fizyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994
- [4] Informacje z www, słowo kluczowe „lepkościomierz”.
- [5] J. Janik, *Ciekłe kryształy*, *Foton 94*, Jesień 2006, s. 4.



Odkrycie anizotropii lepkości w ciekłych kryształach

Jerzy Bartke

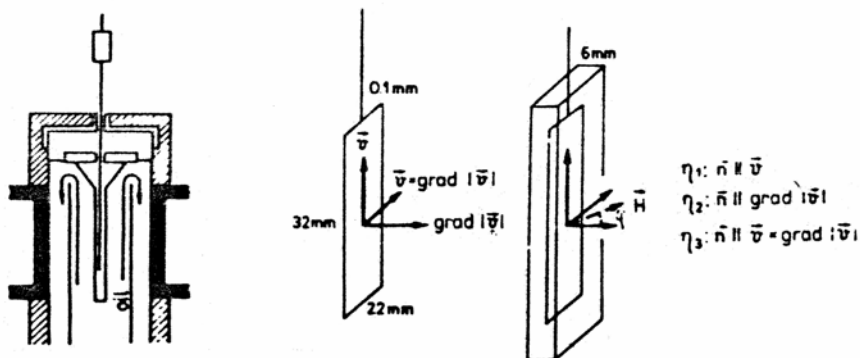
Instytut Fizyki Jądrowej PAN

Niektóre ciecze organiczne, zawierające cząsteczki o wydłużonym kształcie, wykazują własności anizotropowe podobne do własności kryształów jednoosiowych, przy jednoczesnym zachowaniu płynności. Ciecze takie nazywamy ciekłymi kryształami*. Faza ciekło-kryształiczna zanika przy pewnej temperaturze, charakterystycznej dla danej cieczy, powyżej której występuje już zwykła faza ciekła. Anizotropia własności ciekłych kryształów jest wynikiem uporządkowania cząsteczek – w najprostszej fazie ciekło-kryształicznej, tzw. fazie nematicznej, cząsteczki cieczy ułożone są równoległe względem siebie.

Anizotropowe własności optyczne ciekłych kryształów (dwójłomność, selektywne odbicie i załamanie światła) były znane od dawna i znalazły szerokie zastosowania praktyczne (wskaźniki różnych przyrządów pomiarowych, ekrany komputerowe i telewizyjne). Równoległe uporządkowanie cząsteczek powinno jednak także powodować anizotropię innych własności fizycznych – np. lepkości. Pierwsze pomiary zależności lepkości cieczy ciekło-kryształicznych od kierunku ułożenia cząsteczek nie dały jednak jednoznacznego rezultatu.

W latach 1934–1936 badaniem lepkości cieczy ciekło-kryształicznych zajął się Marian Mięrowicz, pracujący wówczas w katedrze fizyki Akademii Górniczej w Krakowie.

Zrozumiał on, że przyczyną niepowodzenia wcześniejszych pomiarów była konkurencja dwóch czynników wpływających na ułożenie cząsteczek: zewnętrznego pola magnetycznego używanego jako czynnik orientujący cząsteczki, oraz szybkiego przepływu cieczy w kapilarze pomiarowej, i skonstruował urządzenie wolne od tej wady. Schemat tego urządzenia pokazany jest na rys. 1.



Rys. 1

Cienka płytką szklaną o wymiarach podanych na rysunku zanurzona była w płaskim prostopadłościennym naczyniu zawierającym badaną ciecz. Naczynie umieszczone było w termostacie olejowym pozwalającym na utrzymanie dokładnie ustalonej temperatury. Płytką zawieszona była na nici kwarcowej na ramieniu wagi analitycznej i mogła być wprowadzona w oscylacje w płaszczyźnie pionowej. Amplituda oscylacji wynosiła ok. 3 mm, a okres ok. 5 s, gradient prędkości w cieczy miał zatem bardzo małą wartość. Współczynnik lepkości wyznaczano z tłumienia oscylacji płytki. Cały układ umieszczony był w polu magnetycznym o natężeniu do 8 kOe, o kierunku poziomym, tzn. prostopadłym do gradientu prędkości (porównaj rysunek). Kąt pomiędzy kierunkiem pola magnetycznego i normalną do płaszczyzny płytki mógł być zmieniany w granicach od 0 do 90 stopni.

Okazało się, że w zależności od orientacji cząsteczek w stosunku do kierunku prędkości cieczy i gradientu tej prędkości otrzymuje się różne wartości współczynnika lepkości.

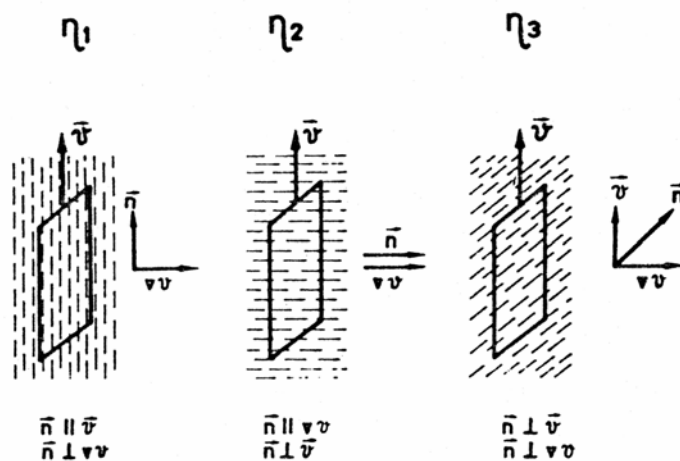
Dla opisu tej sytuacji Mięśowicz wprowadził trzy współczynniki lepkości:

η_1 – cząsteczki ustawione równoległe do kierunku prędkości cieczy

η_2 – cząsteczki ustawione równoległe do gradientu prędkości

η_3 – cząsteczki ustawione prostopadłe do kierunku prędkości i do jej gradientu.

Definicje te ilustruje rys. 2.



Rys. 2

Mięśowicz zaobserwował też zależność $\eta_1 < \eta_3 < \eta_2$.

Wstępna publikacja na ten temat ukazała się w prestiżowym czasopiśmie *Nature* w roku 1935, zaś pełne wyniki dla dwóch różnych cieczy: p-azoksyanizolu i p-azoksyfenetolu, ukazały się w tymże czasopiśmie już po wojnie, w roku 1946.

Wprowadzone przez Mariana Mięśowicza trzy współczynniki lepkości dla cieczy ciekło-krystalicznych weszły na trwałe do literatury przedmiotu i są cytowane w monografiach naukowych dotyczących ciekłych kryształów pod nazwą „współczynników lepkości Mięśowicza”.

Tabela wyników Mięśowicza z pracy opublikowanej w *Nature* z 1946 roku

Substancja i temperatura	η_1	η_2	η_3
p-azoksyanizol 122°C	0,024 ± 0,0005	0,092 ± 0,004	0,034 ± 0,003
p-azoksyfenetol 144,4°C	0,013 ± 0,0005	0,083 ± 0,004	0,025 ± 0,003

* *Ciekłe kryształy*, Joanna Janik, *Foton* 94, 2006, str. 4.



CZYTAMY PO ANGIELSKU

The Three Coefficients of Viscosity of Anisotropic Liquids

Nature, No. 4001, July 6, 1946, p. 27

BEFORE and during the War, investigations were reported on the viscosity of anisotropic liquids^{1,2,3,4}. As is well known, the flow of an anisotropic liquid influences the orientation of the molecules. On the other hand, the value of the viscosity coefficient depends on this orientation. Therefore this coefficient is a function of the velocity-gradient, and the usual definition of the viscosity coefficient for these liquids loses its significance. If under the influence of any factor the molecules of the liquid should be orientated in one direction and the motion is unable to change this orientation, then we have the viscosity coefficient in the ordinary sense. But in this case we have to deal with the anisotropy of the viscosity, and in case of a liquid of the type of *p*-azoxyanisol we have three principal viscosity coefficients belonging to the three directions of orientation; these are: (1) direction of the flow; (2) direction of the velocity gradient; (3) perpendicular to both these directions. Having given the molecules an orientation by means of a magnetic field in such circumstances that the flow did not change this orientation, I obtained the following values for the three principal viscosity coefficients for *p*-azoxyanisol and *p*-azoxyphenetol⁵.

Substance and temperature	Molecules parallel to the direction of the flow, η_1	Molecules parallel to the gradient of velocity, η_2	Molecules perpendicular to the direction of flow and to the velocity gradient, η_3
<i>p</i> -Azoxyanisol 122° C.	0.024 ± 0.0005	0.092 ± 0.004	0.034 ± 0.003
<i>p</i> -Azoxyphenetol 144.4° C.	0.013 ± 0.0005	0.083 ± 0.004	0.025 ± 0.003

These results throw light on those obtained by the other investigators. The results of the older investigators (Eichwald⁶ and Dickenschied⁶) obtained by the method of flow through capillary tubes are in agreement with my results. Evidently, in both cases we were dealing with the orientation of molecules parallel to the direction of flow. Zwetkoff and Michajlow³, using the method of flow through a tube with rectangular cross-section, by application of the strongest available magnetic field and with the smallest possible velocity of flow, obtained values about 80 per cent of my value, η_2 . From the dependence of the results on the intensity of the magnetic field, it is clear that these investigators did not reach the state of constant orientation of molecules, and that the flow of the liquid changed this orientation. The results obtained by these authors for the different values of velocity and for different intensities of magnetic field lie between η_1 (orientation parallel to the flow) and η_2 (parallel to the velocity gradient) $\eta_1 \leq \eta_{\text{Zwetkoff}} < \eta_2$.

The measurements recently published by Becherer and Kast⁴ were not carried out with constant orientation of the molecules. They were, however, orientated (at least in the layers where the phenomenon of viscosity chiefly takes place) in the planes of friction, but without a definite angle in this plane. The value obtained by these investigators is therefore not one of the three principal coefficients in the sense given by me. Clearly, $\eta_1 < \eta_{\text{Kast}} < \eta_3$, because in my measurements of η_1 and η_3 we have also an orientation parallel to the plane of friction, but once parallel and then perpendicular to the direction of the flow.

Hence the coefficient η_1 was measured by other workers as well as by me. The method of flow through capillaries gives usually the result corresponding to an orientation of molecules in the direction of flow; the other values given by different investigators do not correspond to constant orientation of molecules.

M. MIESOWICZ



Marian Mięśowicz (1907–1992)

Marian Mięśowicz urodził się w 1907 roku we Lwowie, zmarł w 1992 w Krakowie. Był absolwentem wydziału fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego (1930) i autorem obronionej na UJ pracy doktorskiej *O krótkich, powoli zanikających falach elektromagnetycznych*. Od 1931 roku był pracownikiem Katedry Fizyki Akademii Górniczej, gdzie habilitował się tuż przed wojną. W czasie II wojny światowej był nauczycielem Średniej Szkoły Górniczej oraz wykładowcą fizyki dla studentów tajnego uniwersytetu. W latach 1941–1946 był pracownikiem Państwowej Szkoły Górniczo-Hutniczo-Mierniczej. W 1946 roku został profesorem Akademii Górniczej, która od 1949 została nazwana Akademią Górniczo-Hutniczą. Od 1959 roku był członkiem Polskiej Akademii Nauk, w latach 1969–1977 jej wiceprezesem. W 1989 został członkiem Polskiej Akademii Umiejętności. W latach 1972–1980 był posłem na sejm PRL. Był laureatem nagród państwowych I stopnia (1964) i specjalnej (1979), nagrody Alfreda Jurzykowskiego, otrzymał doktorat *honoris causa* UJ, AGH i UW. Wypromował 15 doktorów.



Jest autorem prac w następujących dziedzinach:

- fizyka cieczy anizotropowych (ciekłych kryształów) – twórca metody opisu lepkości takich ośrodków. Do dnia dzisiejszego za Mięśowiczem wyróżnia się trzy współczynniki lepkości dla takich cieczy;
- fizyka cząstek elementarnych – pod koniec lat 30. autor wraz z profesorem Jeżewskim projektu wyniesienia do stratosfery balonu z licznikami mającymi mierzyć natężenie promieniowania kosmicznego. Start miał nastąpić z doliny Chochołowskiej, jednak nie doszedł do skutku, gdyż balon spłonął.
- fizyka jądrowa – twórca zakładu Fizyki Jądrowej na AGH, inicjator uczestnictwa polskich fizyków w europejskim centrum badań jądrowych CERN.

Źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Marian_Mi%C4%99sowicz

O życiu profesora Mięśowicza można dowiedzieć się z artykułu Magdaleny Bajer zamieszczonego w Internecie na stronie http://forumakad.pl/archiwum/2004/03/27-rody_uczone.htm.

W artykule znajduje się opis dramatycznego wydarzenia w życiu profesora. We Lwowie podczas wojny polsko-ukraińskiej odłamek bomby wpadł do sypialni, zabijając rodziców; on i kuzynka uratowali się. Jako jedenastoletni sierota trafił na wychowanie do dalszej rodziny – państwa Dudziaków w Krakowie. Państwo Dudziakowie, pomimo że najchętniej widzieliby wychowanka obejmującego po nich prowadzenie warsztatu stolarsko-tapicerskiego, zapewnili mu staranne wykształcenie. Młody Marian kształcił się w nowoczesnym gimnazjum typu realnego. Matematyki uczył tam doskonały prof. Nikodym (piszemy o nim na dalszych stronach *Fotonu*), który wprowadzał uczniów w arkana rachunku różniczkowego. Miał on powtarzać, że rachunek różniczkowy jest tym w matematyce, czym w muzyce IX symfonia Bethoveena. Porównanie to trafiło na podatny grunt – prof. Mięśowicz został melomanem. Już w gimnazjum młody Mięśowicz wiedział, że chce studiować i poświęcić się nauce. Dziadek Dudziak, widząc determinację wychowanka, powiedział mu: „żebyś chociaż został profesorem”. Okazało się to prorocstwem, adresat spełnił życzenie ponad miarę oczekiwań.

Z.G-M



Fot. K. Meyer

Państwo Mięśowiczowie na Bukowinie



Wspomnienia profesora Adama Strzałkowskiego

*Adam Strzałkowski
Instytut Fizyki UJ*

Poznałem Profesora Mariana Mięśowicza wcześniej nawet niż moich dwóch mistrzów Profesorów Tadeusza Banachiewicza i Henryka Niewodniczańskiego. Gdzieś w 1940 lub 1941 roku utworzona została z inicjatywy profesorów Akademii Górniczej Szkoła Techniczna Górniczo-Hutniczo-Miernicza, której dyrektorem został Walery Goetel i od jego nazwiska zwana była „goetlówką”. Profesor Mięśowicz uczył w niej fizyki. Mieściła się ta goetlówka w budynku Akademii Górniczej na ul. Krzemionki w Podgórzu. Nieco później w tym samym gmachu powstał Staatliche Technische Prüfanstalt, w którym zatrudniony zostałem jako technik w laboratorium elektrotechniki.



Zdjęcie z czasów wojny Profesora Mariana Mięśowicza

Profesor Mięśowicz często do nas zachodził. Coś tam grzebali razem z Profesorem Mieczysławem Jeżewskim w aparaturze do pomiarów promieniowania kosmicznego, która tuż przed wojną poleciałaby do stratosfery balonem *Gwiazda Polski*, gdyby nie spalił się on przy starcie w Dolinie Chochołowskiej. Ale główny cel wizyt Prof. Mięśowicza u nas był inny. Pewnego razu minister oświaty w rządzie Generalnego Gubernatorstwa, Wächter posłał nam do naprawy odbiornik radiowy. Był to wspaniały aparat firmy *Blaupunkt*, ostatni krzyk mody przed wojną z mapą Europy w miejscu skali, na której zapalały się światełka przy wybranej stacji radiowej. Gdy otworzyliśmy tylną ściankę okazało się, że był on własnością Gen. Bernarda Monda, dowódcy krakowskiego 6 pułku piechoty, a Niemcy go po prostu ukradli. Gdy go naprawiliśmy wiadomość o tym rozeszła się wśród Niemców i zaczęli nam dostarczać zepsute aparaty do naprawy. Staraliśmy się przy tym reperować je tak długo, aż zjawiał się aparat

następny i dzięki temu mieliśmy stale dostęp do audycji BBC i Wolnej Europy. Gdy przechodziło się w naszym laboratorium korytarzem, to zawsze można było usłyszeć charakterystyczny sygnał *bum, bum, bum, buuum* otwierający audycje. I to właśnie przyciągało do nas Profesora Mariana Mięśowicza.

A potem skończyła się wojna, zacząłem studiować w Uniwersytecie Jagiellońskim fizykę. Z Profesorem Mięśowiczem spotykałem się często. Wraz z Jerzym Janikiem robiliśmy wtedy u Dra Jana Wesołowskiego prace magisterskie z badania promieniowania kosmicznego. W roku 1948 organizowaliśmy w Krakowie pierwszą po wojnie międzynarodową konferencję poświęconą promieniom kosmicznym. Gościliśmy wielu wybitnych fizyków z całego świata zajmujących się tymi zagadnieniami: Cecila Powella, Blacketta, Wheelera, Janossyego, Bernardiniego, Heitlera, Augera... Przed jednym z posiedzeń stałem z Profesorem Mięśowiczem i Jurkiem Janikiem przed wejściem do dużej sali wykładowej Instytutu Fizyki UJ na Gołębiej w Collegium Witkowskiego. W pewnym momencie pojawiał się G. Barnardini w towarzystwie bardzo atrakcyjnej pani. Janik powiedział:

– *Patrzcie Panowie jaką fajną babkę już sobie Bernardini przygrucha!*

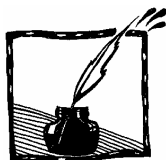
A na to Profesor Mięśowicz:

– *Ta fajna babka to jest moja żona.*

Gdy po latach w roku 1978 na konferencji Europejskiego Towarzystwa Fizycznego w Yorku opowiedziałem to Bernardiniemu, bardzo go to ubawiło.

A potem już po studiach nasza grupa fizyków jądrowych, pracujących w Instytucie Fizyki UJ stwierdziła w pewnym momencie, że bardzo jesteśmy niedouczeni z mechaniki kwantowej. Nasi profesorowie byli co prawda przy narodzinach mechaniki kwantowej, ale... Profesor Jan Weysenhoff mawiał na przykład, że był przy tym, jak powstawała mechanika kwantowa tylko... on się wtedy akurat kochał.

Postanowiliśmy się douczać. Byliśmy przy tym na tyle bezczelni, że zaproponowaliśmy naszym profesorom, aby też się douczali razem z nami. I Profesor Niewodniczański i Mięśowicz podeszli do tego wręcz entuzjastycznie. Postanowiliśmy przerabiać książkę Leonarda Schiffa *Quantum Mechanics*, która się niedawno ukazała i była wtedy wśród różnych podręczników fizyki kwantowej dobrze notowana. Referowaliśmy kolejno różne rozdziały i przerabialiśmy ćwiczenia rachunkowe. Profesor Niewodniczański, który miał inny temperament, referował, ale już do rozwiązywania zadań nie miał cierpliwości, ale Profesor Mięśowicz potulnie przeliczał przypadające na niego zadania.



Wspomnienia Jerzego Jurkiewicza o Marianie Mięśowiczu

Jerzy Jurkiewicz

Instytut Fizyki UJ

Z Marianem Mięśowiczem, „wujkiem Marianem”, łączy się duża część mojego dzieciństwa i młodości. Po Powstaniu Warszawskim moi rodzice wyładowali u przyjaciół pod Krakowem. Mój ojciec, jako fizyk, został zaproszony przez prof. Mięśowicza do współpracy i tworzenia Katedry Fizyki na Akademii Górniczo-Hutniczej. Cała rodzina została przygarnięta i zamieszkała w domu prof. Mięśowicza przy ulicy Mikołajskiej. Tutaj ja przyszedłem na świat.

Współpraca naukowa mojego ojca przekształciła się wkrótce w serdeczną przyjaźń między naszymi rodzinami. Mieszkaliśmy w tej samej kamienicy, więc od najwcześniejszego dzieciństwa miałem okazję spędzać wiele czasu w otoczeniu rodziny Mięśowiczów, bawić się z ich dziećmi i uczestniczyć we wszystkich rodzinnych uroczystościach. Czuję się zawsze członkiem tej rodziny, wierząc święcie, że Marian Mięśowicz jest moim prawdziwym, a nie tylko przyszywanym wujkiem.

Postać prof. Mięśowicza stanowiła zawsze magnes, do którego ciągnęli wszyscy, zarówno sławni, jak i mniej sławni znajomi. Przyjęcia w jego domu często były okazją spotkania wielu wspaniałych ludzi. Oczywiście, jako dziecko nie doceniałem w pełni wyjątkowości tej atmosfery, którą potrafił wokół siebie wytworzyć, ale nawet będąc dzieckiem cieszyłem się mogąc brać udział w spotkaniach tej niezwykłej grupy przyjaciół, która go otaczała.

Atrakcją były też wakacje letnie, kiedy czasami miałem okazję wyruszać z Mięśowiczami na wyprawy w Tatry. To właśnie z nim łączą się moje pierwsze doświadczenia w zdobywaniu szczytów górskich, noclegami w schroniskach i czasem moknięciem w tatrzańskich ulewach.

W ostatnich klasach szkoły podstawowej połączyła nas jeszcze jedna pasja. Co roku spędzaliśmy wspólnie okres przerwy semestralnej w Bukowinie Tatrzańskiej, gdzie pod jego okiem uczyłem się jazdy na nartach oraz umiejętności zachwycenia się pięknem zimowych gór. Jakoś zawsze udawało mi się wyrwać ze szkoły na parę dni w tym okresie. Wyruszyliśmy we dwójkę rano w kierunku Głodówki, niosąc narty i rozmawiając. Na Głodówce siadaliśmy na tradycyjną herbatę z cytryną i zjadaliśmy nasze kanapki, patrząc na wspaniały widok. Wujek Marian potrafił rozpoznawać wszystkie szczyty i miał mnóstwo fascynujących opowieści na temat swoich wypraw górskich. Później zjeżdżaliśmy piękną, pokrytą grubą warstwą śniegu, Błękitną Dolinką. Nie wiem, czy tak się naprawdę nazywa, my ją w każdym razie tak nazywaliśmy. To jest chyba ciągle jeszcze moje najpiękniejsze wspomnienie narciarskie.

Jestem pewien, że obok tradycji rodzinnych, również jego postać odegrała ważną rolę w mojej decyzji, by wybrać fizykę jako kierunek moich studiów. Niestety, radość ze studiowania wybranego przedmiotu połączyła się z moim osobistym dramatem, w ciągu dwu miesięcy niespodziewanie zmarli moi rodzice. W tym trudnym okresie dom prof. Mięśowicza, a zwłaszcza jego wsparcie stały się dla mnie wielką pociechą. Wielokrotnie korzystałem z jego rad, zawsze mogłem liczyć na jego pomoc. Uważnie śledził moje postępy w nauce i cieszył się razem ze mną moimi sukcesami.

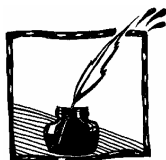
Już po studiach, w roku 1979 wybierałem się na mój pierwszy wyjazd naukowy, na staż podoktorski na Uniwersytecie w Utrechcie. Wuj Marian bardzo przeżywał ten wyjazd, bo również on, jako młody naukowiec, miał okazję pracować w tym samym ośrodku. Miał wiele własnych wspomnień z tego okresu i wiele rad, dotyczących środowiska holenderskich fizyków. Do dziś mam przewodnik po Utrechcie, który dostałem od niego.

Moje późniejsze kontakty nie ograniczały się do cotygodniowych seminariów w Instytucie na Kawiorach. Zawsze interesował się moją pracą, miał niezwykły talent wnikania w problemy fizyki, nawet bardzo odległe od jego specjalności.

Myślę, że tak jak wielu moim kolegom brak mi w dzisiejszej rzeczywistości osoby jego pokroju, która potrafiłaby zintegrować środowisko naukowe, które stworzył.



Od lewej: prof. M. Mięśowicz, prof. H. Niewodniczański i prof. J. Weyssenhoff w Tatrach w czasie wakacji na Bukowinie



Jak zostałem fizykiem? Wspomnienia z profesorem Marianem Mięśowiczem w tle

Krzysztof Fiałkowski

Instytut Fizyki UJ

Kiedy na kilka miesięcy przed maturą zdecydowałem się studiować fizykę, moja rodzina wpadła w lekką panikę, bo nikt nie wiedział, na czym studia fizyki polegają. Zdarzyło się jednak akurat, że pacjentką mojego ojca została z jakimś urazem żona profesora Mięśowicza, jednego z nielicznych fizyków znanych wszystkim w Krakowie. Ojciec zapytał go więc nieśmiało, czy mógłby się ze mną spotkać i ocenić, czy ja się na takie studia nadaję. Profesor oczywiście zgodził się zaprosić mnie do domu przy Mikołajskiej, ale samą rozmowę zlecił swojemu zięciowi, Krzysztofowi Rybickiemu, jako lepiej obeznanemu z aktualnym programem studiów. Krzysztof uznał, że rokuję pewne nadzieje, ale zaniepokoił się trochę moją kompletną ignorancją w zakresie fizyki współczesnej i zaoferował krótkie korepetycje z tego tematu. Przez parę tygodni chodziłem więc na takie lekcje, które wzmocniły moje przekonanie, że dobrze wybrałem studia, a rodzinę w znacznym stopniu uspokoiły.

Ponieważ jednak żona Profesora nadal była pacjentką mojego ojca, poczuwał się on do pewnego zainteresowania moimi studiami. Podobno powiedział znacznie później Andrzejowi Białasowi: „wie Pan, ta moja żona ciągle sobie coś łamie, więc jeśli mogę zrobić jakąś przyjemność jej lekarzowi, to chciałbym sprawdzić, co z tym jego synem”. Poszedłem do niego w szczególności przed decyzją o wyborze tematyki na specjalizacji. Sam wybór specjalizacji był już dość skomplikowany: wprawdzie wyraźnie wolałem teorię, ale praktyka w krakowskim cyklotronie po III roku też bardzo mi się podobała. W rezultacie wybrałem „teoretyczną fizykę jądrową”, która obejmowała dodatkowe dwa semestry pracowni jądrowej. Teraz Profesor zapewnił mnie, że fizyka cząstek jest nadal najciekawszym tematem dla teoretyka, co ujął bardzo ładnie: „wie Pan, bo my dalej nie wiemy, co to właściwie są te cząstki, ale tacy młodzi, na przykład Jurek Bartke, to uważają, że niedługo będziemy wiedzieć”.

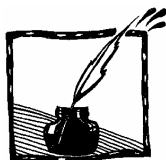
Na V roku wybrałem na opiekuna pracy magisterskiej Andrzeja Białasa, choć wcale go nie znałem: słyszałem tylko od mojej koleżanki z roku, Basi Gorczycey, że jest znakomitym fizykiem, który z teorii względności przerzucił się na fizykę cząstek, a teraz od półtora roku przebywa w CERNie. Bardzo byłem dumny z takiej odważnej decyzji, ale niedawno tę dumę nieco osłabił Andrzej Białas łagodnym stwierdzeniem: „nie wiem, kiedy Ty się zdecydowałeś, ale myśmy rozdzielili wasz rok między siebie już znacznie wcześniej i to ja Ciebie wybrałem”. Wynika stąd, że najlepiej wybrać tak, jak już za nas wybra-

no... Przez pierwsze miesiące opiekował się mną zresztą Andrzej Kotański, bo Białas wrócił do Polski dopiero na Boże Narodzenie.

Jako jeden z wykładów wybrałem „Fizykę jądrową wysokich energii”, którą wykładał Profesor gościnnie w naszym nowym Instytucie przy ulicy Reymonta. Wykład był bardzo ładnie przygotowany, niezbyt szybki i ozdobiony licznymi anegdotami. Wykładowca robił wrażenie bardzo zrelaksowanego, co znalazło swój wyraz podczas nagłego wyłączenia prądu: Profesor nie przerwał nawet zdania i nie skomentował zapadnięcia ciemności, tylko spokojnie mówił jeszcze minutę i dopiero potem stwierdził: „wiecie, a może teraz znaleźlibyście jakieś awaryjne oświetlenie, bo chciałbym napisać jeden wzór”. Kiedyś jednak przerwał wykład: po spotkaniu pod tablicą z jedną z polnych myszek, które jesienią uciekały tłumnie z Błon do naszego budynku. Przyjrzał się jej uważnie i stwierdził pogodnie: „o, taki nowoczesny instytut, a myszki tu hodujecie!”.

Pod koniec roku Profesor zaprosił mnie do siebie, co wprawiło mnie w konfuzję: Białas zaproponował mi nieco wcześniej ubieganie się o staż na Uniwersytecie i teraz (nie wiem czemu) wyobraziłem sobie, że Profesor może zaoferować mi staż u siebie i stanę wobec konieczności naprawdę trudnego wyboru. Zwierzyłem się z tego Białasowi, który rozwiązał problem bardzo prosto: zapytał wprost Profesora, czy chce mi coś zaproponować. Okazało się, że Profesor chciał tylko przed magisterium zobaczyć swojego „protegowanego” i zapytać, czy nadal jestem zadowolony z wyboru, w którym miał swój udział. Odbyliśmy więc bardzo miłą rozmowę, kiedy ochłonąłem już ze wstydu, że byłem tak zarozumiały.

Oprócz zakończenia studiów i przyjęcia na staż w 1966 roku zdarzył się inny fakt, który potem uznałem za jeden z najważniejszych kamieni milowych w drodze od studenta do pracownika uniwersytetu. Była nim pierwsza moja wizyta na seminarium organizowanym przez Andrzeja Białasa w gabinecie Profesora w budynku C1 AGH, naprzeciw Parku Krakowskiego, na którym tłoczyłem się wśród tłumu starszych kolegów z obu stron Reymonta i z Bronowic. To było prawdziwe pasowanie na fizyka i – jak wypadło – dokonał go Profesor.



Otton Marcin Nikodym (1889–1974)

Znany matematyk, nauczyciel gimnazjalny
Mariana Mięśowicza

Zofia Gołąb-Meyer

Profesor Marian Mięśowicz miał szczęście, że trafił w Krakowie do doskonałego gimnazjum realnego (zamiast łaciny i greki było więcej przedmiotów ścisłych i języków nowożytnych), w którym uczył matematyki nie kto inny, jak późniejszy znany w świecie matematyk, Otton Marcin Nikodym.

Informacje o nim i jego osiągnięciach zaczerpnęliśmy z Internetu, między innymi ze stron: http://www.wiw.pl/matematyka/Biogramy/Biogramy_11.Asp; <http://www.matematycy.interklasa.pl/biografie/matematyk.php?str=otton>.

Otton Marcin Nikodym urodził się w 1889 roku w Zabłotowie koło Kołomyi. Jego ojciec Otton Bogusław był inżynierem chemii. Ukończył gimnazjum matematyczne we Lwowie i po samodzielnym uzupełnieniu w ciągu roku łaciny i greki, uzyskał dyplom gimnazjum klasycznego, co mu dało wstęp na studia. Studiował matematykę na Uniwersytecie im. Jana Kazimierza we Lwowie. Jego mistrzami byli m.in. Waclaw Sierpiński i Józef Puzyna oraz Marian Smoluchowski. W 1911 roku ukończył studia i przeniósł się do Krakowa, gdzie w latach 1911–1924 był nauczycielem gimnazjalnym matematyki i fizyki. Wtedy właśnie jego uczniem był Marian Mięśowicz.



W owym czasie przy ograniczonej liczbie pozycji uniwersyteckich młodzi naukowcy, często nawet po habilitacji, uczyli w gimnazjach. W Krakowie nauczycielami gimnazjalistów byli też Antoni Hoborski i Leon Chwistek.

W 1919 roku był założycielem Polskiego Towarzystwa Matematycznego. W 1924 doktoryzował się na Uniwersytecie Warszawskim i tam też się habilitował w 1927 po rocznych studiach na Sorbonie. Od 1930 mieszkał w Warszawie i prowadził wykłady zleczone na Uniwersytecie Warszawskim. Tam też spędził okres wojny. W 1946 roku, po rocznym pobycie w Krakowie, wyjechał na Zachód, by w końcu osiąść w Stanach Zjednoczonych.

Napisał 86 prac matematycznych, 7 prac dotyczących dydaktyki oraz popularyzacji matematyki, fizyki i logiki, a także 5 podręczników akademickich. Jego prace dotyczyły logiki, teorii miary, teorii potencjału, analizy funkcjonalnej, równań różniczkowych cząstkowych rzędu drugiego, algebry, teorii sieci, matematycznych metod fizyki. Wśród nich był podręcznik akademicki *Równa-*

nia różniczkowe (1949), *Teoria tensorów wraz z zastosowaniami do geometrii i fizyki matematycznej* (1938), a także mający dwa wydania, napisany wspólnie z żoną Stanisławą *Wstęp do rachunku różniczkowego* (1936) przeznaczony dla samokształcenia absolwentów szkół średnich i studentów pierwszych lat kierunków matematycznych.

Nikodym interesował się problemami dydaktyki matematyki zarówno szkoły średniej, jak i wyższej. Był autorem cyklu wykładów z dziedziny nauk ścisłych. Napisał *Spójrzmy w głębinę myśli* (1946) oraz *Dydaktykę matematyki czystej w zakresie gimnazjum wyższego* (I tom *Liczby naturalne* – 1930 r., II tom *Ułamki oraz ich algebra* – 1937 r.).

Trwale zapisał się w światowej literaturze matematycznej twierdzeniem o możliwości przedstawienia przeliczalnie addytywnej funkcji zbioru w postaci całki, zwanym później twierdzeniem Radona-Nikodyma („*Fundamenta Mathematicae*”, 15/1930). Za główny cel swój uważał uściślenie podstaw fizyki teoretycznej, co częściowo zrealizował w książce *The Mathematical Apparatus for Quantum-Theories*, „Springer Verlag”, (1966). Poza matematyką jego pasją była muzyka poważna; sam grał na fortepianie. Zmarł w 1974 roku w Utica (USA).



Wywiad z Waldemarem Gorzkowskim

Przemysław Stępiński

I Liceum Ogólnokształcące w Wieluniu

Na stronie Wikipedii, pod hasłem **Waldemar Gorzkowski** można znaleźć wywiad z nim przeprowadzony przez ucznia I LO w Wieluniu, Przemysława Stępińskiego.

Ku wygodzie Państwa przedrukowujemy ten wywiad, a Przemka Stępińskiego przepraszamy za brak pytania o zgodę.

1. Czy mógłby Pan powiedzieć parę słów o sobie i czym zajmuje się Pan na co dzień?

Fizyką teoretyczną. Ostatnio bardzo pociąga mnie elektrodynamika nieliniowa. Dodatkowo zajmuję się Międzynarodowymi Olimpiadami Fizycznymi, którym mam przyjemność szefować już piątą kadencję. Prowadzę też międzynarodowy konkurs uczniowskich prac naukowych z fizyki znany pod nazwą „First Step to Nobel Prize in Physics”



2. Jak zaczęła się Pańska przygoda z fizyką? Kiedy zainteresował się Pan tą dziedziną wiedzy?

Od kiedy tylko pamiętam, zawsze interesowałem się matematyką, fizyką i chemią. Przez dłuższy czas najciekawsza wydawała mi się chemia. Nawet trzy razy byłem zwycięzcą naszej Olimpiady Chemicznej (w 1955, 1956 i 1957 roku). Pod koniec liceum zaczęła mnie coraz bardziej pociągać fizyka jako nauka bardziej podstawowa.

3. Czy miał Pan w swojej rodzinie kogoś o zawodzie fizyka? Jeżeli tak, to czy rozmawiał Pan z nim o fizyce?

Tak, ale w bardzo odległej przeszłości (w XIX wieku) i szans na rozmowę nie było.

4. Czy zawsze miał Pan piątkę z fizyki?

Tak.

5. Jak Panu „szło” z innymi lekcjami?

Nie miałem żadnych problemów i – co ciekawsze – zawsze miałem dużo czasu. Na świadectwie maturalnym wszystkie oceny miałem bardzo dobre, choć nie wszystkie przedmioty mnie interesowały. Nie lubiłem historii, PW (prowadzo-

nego przez tego samego nauczyciela), nauki o konstytucji (przedmiot ten zlikwidowano krótko przed maturą) i niektórych naszych pisarzy (np. nigdy nie udało mi się przeczytać „Nad Niemnem” do końca, choć wiele razy do tego się przymierzałem). Ale polski lubiłem, zwłaszcza lekcje poświęcone gramatyce i tematom pokrewnym.

6. Na jakiej uczelni Pan studiował i jaki kierunek Pan wybrał?

Na Wydziale Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (później matematykę i fizykę rozdzielono i utworzono dwa odrębne wydziały). Specjalizowałem się w fizyce teoretycznej (fizyka ciała stałego). Przez dwa lata równoległe z fizyką studiowałem matematykę, ale potem zbyt wiele zajęć pokrywało się w czasie i zdecydowałem się na fizykę.

7. Na jaki temat pisał Pan doktorat?

Przedmiotem mojej rozprawy doktorskiej były krystalograficzne grupy kolorowe. Udało mi się doprowadzić do końca klasyfikację krystalograficznych punktowych grup kolorowych w przestrzeni trójwymiarowej (wcześniej znano tylko około 50% takich grup).

8. Jakie ma Pan osiągnięcia?

Odkrycie 6 dodatkowych krystalograficznych grup punktowych w tzw. „przestrzeni podwójnej (spinowej)” w trzech wymiarach. Dla wyjaśnienia: w przestrzeni spinowej dopiero obrót o 4π (a nie o 2π) przeprowadza układ w położenie równoważne pierwotnemu. Odkrycie 11 dodatkowych krystalograficznych grup przestrzennych w przestrzeni spinowej. Znalezienie funkcji falowych ekscytonów związanych na zjonizowanych donorach dla wielu półprzewodników. Dla wyjaśnienia: ekscyton to stan związany ujemnego elektronu i dodatniej dziury. Znalezienie reprezentacji nieprzywiedlnych dla kilku grup przestrzennych (np. dla grupy przestrzennej pirytu, grupy przestrzennej markasytu, grupy przestrzennej beta-wolframu). Za najważniejsze jednak osiągnięcie uważam pracę z młodzieżą uzdolnioną (olimpiady, konkursy, wykłady, książki dla lubiących fizykę itp.).

9. Które odkrycie w fizyce według Pana było przełomowe?

Nie potrafię jednoznacznie odpowiedzieć na to pytanie, bo w historii fizyki było wiele odkryć o przełomowym znaczeniu.

10. Czym się Pan interesuje poza fizyką?

Matematyką. A jeżeli chodzi o hobby, to: akwarystyka, fotografia, zbieranie grzybów i kolekcjonerstwo.

11. Co Pan najbardziej lubi w zawodzie fizyka?

Wolność. Ale nie wszystkim jest ona dana, bo osoby pracujące np. w fizyce doświadczalnej są bardzo zależne od kosztownej aparatury, kosztownych materiałów itp. W fizyce teoretycznej, w zakresie badań podstawowych swoboda badań jest bardzo duża (byle tylko były dobre pomysły na badania).

12. Co inspirującego można odnaleźć fizyce?

Metody stosowane w fizyce dają się łatwo przenieść na inne dziedziny takie, jak genetyka, zaawansowana chemia, ekonomia, bankowość, ubezpieczenia, a nawet na takie, jak językoznawstwo itp. Co więcej, dają one pełniejsze zrozumienie zjawisk w tych dziedzinach. Fizycy, co zaniechali pracy naukowej i przeszli do innych rodzajów działalności, z reguły bardzo dobrze sobie wszędzie radzą.

13. Czym właściwie zajmuje się fizyka współczesna?

Nie wiem, co ten termin oznacza, bo nie ma takiego działu fizyki. Jeżeli zaś chodzi o to, co fizycy robią ostatnio, to nie bardzo umiałbym wszystko podsumować. Jedno jest pewne: coraz mniej prowadzi się badań podstawowych, a coraz więcej badań aplikacyjnych o charakterze raczej technicznym niż naukowym, co mnie niezbyt pociąga.

14. Jak fizyka wpływa na Pana życie codzienne?

Praktycznie wcale nie wpływa.

15. Gdyby nie był Pan fizykiem, to kim?

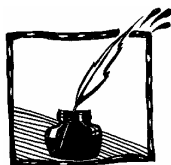
Matematykiem.

16. Które z dzieł fizyki jest Pana ulubione? Dlaczego?

Zestaw ulubionych książek z fizyki zmienia się w czasie w zależności od potrzeb i nastawienia. Jeżeli chodzi o najbardziej znane podręczniki, to bardzo wysoko cenię *Fizykę doświadczalną* Szczepana Szczeniowskiego (6 tomów – bardzo dobry podręcznik!) oraz *Termodynamikę fenomenologiczną* Józefa Werlego (nie widziałem lepszego podręcznika z tej dziedziny). Lubię też kurs Feynmana (ale nie do nauki – raczej tylko do podelektowania się niektórymi tematami przed snem), książki Landaua (na ogół trudne) oraz kurs bekeleyowski (trochę za prosty, ale ciekawy). Są też i inne książki, ale bardziej specjalistyczne i dlatego je pominię.

17. Który z fizyków jest dla Pana autorytetem?

Jest wielu. W różnych sprawach różne autorytety się liczą. Trudno byłoby mi krótko powiedzieć, kogo i w jakim zakresie cenię najbardziej.



Aérotrain – zapomniany samolot bez skrzydeł

Andrzej Sitarz
Instytut Fizyki UJ

Błąkając się po Francji możemy natknąć się nie tylko na zupełnie tradycyjne i historyczne zabytki do jakich jesteśmy przyzwyczajeni i jakie mniej lub bardziej znamy z przewodników. Odchodząc trochę w bok od dobrze wydeptanych przez turystów szlaków możemy odkryć obiekty niemniej ciekawe – wcielenie dawno zapomnianych marzeń – i prawie zupełnie nieznanne.

Przykład? Jakież 30 kilometrów na południe od Paryża jest mała miejscina Bures sur Yvette (znana choćby z tego, iż mieści się tam IHES – Institut des Hautes Études Scientifiques – jedyny chyba we Francji prywatny instytut fizyki teoretycznej i matematyki, a w samym Bures mieszkał i na cmentarzu tamże spoczywa Alfred Kastler, francuski noblista z fizyki w roku 1966). Na pozór wydawałoby się, iż oprócz XI-wiecznego kościółka nie ma tam większych atrakcji. Wystarczy jednak zagłębić się w las, by natknąć się na dość szeroki szlak spacerowy, który już po kilkuset metrach przechodzi w spory tunel. Nic dziwnego, na początku XX wieku wiodła tędy linia kolejowa do Chartres – tak więc nie będzie wielkim zaskoczeniem iż po kolejnych kilkuset metrach dostrzemy do imponującego wiaduktu (Viaduc des Fauvettes), z pozostałościami dziur od alianckich bomb z 1944 roku. Ale to tylko początek – idąc dalej tą drogą w stronę Gometz le Châtel, po jakimś czasie można zauważyć dość dziwną – widoczną jeszcze, lecz powoli zarastającą i niszczącą betonową konstrukcję: coś w stylu pojedynczej betonowej szyny sporych rozmiarów. Cóż to takiego?

Jest to pozostałość marzeń pewnego francuskiego konstruktora: Jeana Bertina i jego marzenia – pociągu na poduszce powietrznej: „Aérotrain”. Skąd ten pomysł? Cóż, już dawno przecież odkryto, iż podstawową przeszkodą w przesuwaniu przedmiotów jest tarcie a jednym z prostszych pomysłów pozbycia się tego problemu jest po prostu poruszanie bez kontaktu z podłożem – czyli nad ziemią. Unoszące się przedmioty można bez problemu przemieszczać w poziomie przy użyciu niewielkich sił. Jak jednak zapewnić taką lewitację? Wystarczy odpowiednio silny strumień powietrza wdmuchiwany pomiędzy przedmiot i podłoże, nad którym się porusza – w doświadczeniach szkolnych można to zaobserwować na specjalnym stole powietrznym gdzie wydmuchiwane przez odpowiednie dysze powietrze tworzy warstwę – ową poduszkę powietrzną – na której swobodnie unoszą się krawki. Równie dobrze można jednak odwrócić tę zasadę – poruszający się przedmiot może sam wytwarzać (odpowiednio silnym wentylatorem) taką poduszkę. I jesteśmy już o krok od zbudowania podusz-

kowca. Ale skoro można skonstruować poduszkowiec poruszający się samodzielnie to dlaczego nie wykorzystać tego do konstrukcji pociągu?

Dziś, w epoce popularnego TGV i rekordów prędkości bliskich 600 kilometrów na godzinę może nam się to wydać jak najbardziej anachroniczne. Poduszkowce też raczej odchodzą do historii – od kilku lat nie ma już ich na kanale La Manche. Jednak w latach 60. XX wieku był to pomysł rewolucyjny. Ekipa Bertina – pomimo trudności finansowych (bo ani francuskie koleje SNCF ani system transportu podparyskiego RATP nie były zainteresowane przedsięwzięciem) opracowała prototyp i rozpoczęła budowę eksperymentalnego odcinka linii. Pierwszy prototyp „Aérotrain 01” o długości ponad 10 metrów i o wadze 2,6 tony był gotowy w grudniu 1965 roku. Poduszkę powietrzną wytwarzały dwa wentylatory napędzane silnikami o mocy 50 koni mechanicznych a napęd zapewniał silnik lotniczy o mocy 260 koni mechanicznych. Poduszka powietrzna miała grubość 2–3 milimetrów, co wystarczało do efektywnego zlikwidowania tarcia. Pierwsze próby na zaledwie kilometrowym odcinku toru pozwoliły uzyskać prędkość 90 km/h, dopiero jednak kiedy cały próbny odcinek oficjalnie oddano w lutym 1966 roku osiągnięto rekordową jak na owe czasy prędkość 200 km/h. Należy dodać, iż koleje francuskie zapowiadały wtedy przyspieszenie niektórych pociągów ze 140 do 160 km/h! Prototyp Bertina nazwany „samolotem bez skrzydeł” zyskał wielką popularność a przez tor eksperymentalny przewijali się oficjele, ministrowie, dziennikarze i telewizja – Aérotrain zaprezentowany został również w Eurowizji.

Dla projektu nastały dobre czasy. Zmieniając silniki (w tym na odrzutowy) rok później prototyp osiągnął prędkość 303 km/h. Na fali popularności i przygotowań do igrzysk olimpijskich Minister Transportu zaproponował budowę linii Lyon–Grenoble, jednak decyzja nie została podjęta na czas i prace się nie rozpoczęły. Rok później minister zamówił jednak 18 kilometrów próbnej linii koło Orleanu, która miała być początkiem połączenia Paryż–Orlean. Kontrakt przewidywał pociąg mogący przewozić 80 pasażerów ze średnią szybkością 250 km/h. Prace ruszyły szybko i już w 1968 roku większa część linii i nowy prototyp były gotowe. W próbach pociąg osiągał – ciągle jeszcze na krótkiej eksperymentalnej linii koło Gometz – szybkość 300 km/h, w styczniu 1969 bijąc rekord: 422 km/h. Nowy Aérotrain I-80 zaprezentowano publiczności na salonie lotniczym Bourget w lipcu 1969 roku, na nowej linii koło Orleanu na próbach osiągał on szybkość do 250 km/h. W listopadzie tegoż roku nastąpiło oficjalne zakończenie testów i dorobek projektu przedstawiony został Ministerstwu Transportu.

Rozwój nie zakończył się na tym: wyposażony w nowy silnik Aérotrain osiągał w 1974 roku 430 kilometrów na godzinę, przedstawiane były projekty połączenia linią „samolotu bez skrzydeł” dwóch podparyskich lotnisk: Roissy i Orly. Eksperymentowano z systemem napędu w tym między innymi z napędem kołowym oraz z silnikiem liniowym. Ciągle jednak daleko było do wdroże-

nia projektu jako prawdziwego środka transportu. Dopiero w 1974 roku wydało się, iż nastąpił przełom: w czerwcu pomysł połączenia dzielnicy Paryża, La Defence z podparyskim Cergy został zaaprobowany. Jednak już po niespełna miesiącu rząd francuski wycofał się z projektu. Los projektu Aérotrain przypięczętowało pojawienie się TGV we wrześniu 1975 roku oraz śmierć Jeana Bertina w grudniu tegoż roku...

Aérotrain przegrał z TGV z kilku powodów: przede wszystkim ze względu na kryzys paliwowy, choć hałas pociągu i konieczność budowania specjalnych torów też odegrały zapewne istotną rolę. Wprawdzie TGV także korzysta ze specjalnie budowanych linii, ale sam dojazd do stacji zapewnia istniejąca już infrastruktura kolejowa. Aérotrain wymagał specjalnych linii, nie przypadkiem zresztą eksperymentalne odcinki wybudowano na płaskim i dość stabilnym terenie.

Dziś po Aérotrain pozostały jedynie ślady: resztki linii eksperymentalnej koło Gometz i drugiej linii koło Orleanu. Ta ostatnia ponoć mogłaby ciągle jeszcze być (przynajmniej kawałkami, gdyż w jednym miejscu przecięła ją autostrada) używana. Można też podobno odnaleźć eksperymentalne pociągi, choć nie zachowały się w najlepszym stanie – prototyp I-80 spłonął w 1992 roku. Do projektu nigdy już nie powrócono, choć – oczywiście w nieco odmienionej formie (poduszki magnetycznej) – można powiedzieć, iż ma swojego spadkobiercę: niemiecki Transrapid. Zresztą, podobieństw jest więcej, bo Transrapid pewnie też nie doczeka się realizacji w swoim kraju... Może więc – podróżując TGV – warto wspomnieć o nieziszczonych marzeniach i dawnych cudach techniki, które odeszły w zapomnienie – jak ten samolot bez skrzydeł. A przejeżdżając przez Gometz-la-Ville rozpoznamy od razu rzeźbę artysty Georges Saalterre'a przypominającą ten projekt.



Viaduc des Fauvettes:

<http://www.kairn.com/article.html?id=285>

Stara linia kolejowa Paryż-Chartres:

http://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_Paris-Chartres_par_Gallardon

Aérotrain w Wikipedii:

<http://en.wikipedia.org/wiki/A%C3%A9rotrain> (po angielsku)

Aérotrain wycinki prasowe:

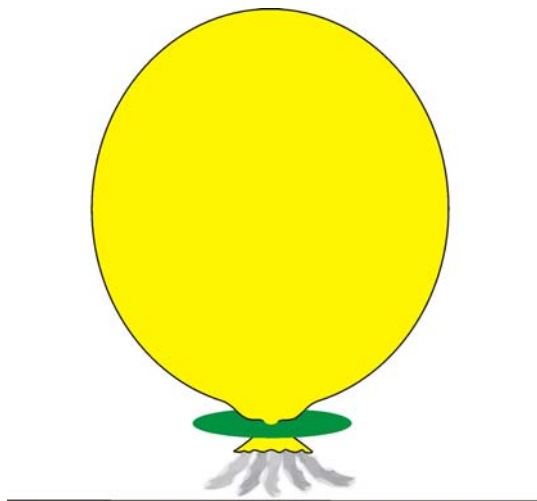
http://aernav.free.fr/Aerotrains/PressBook/Voies_Ferrees_Sep_Oct_89.html

Rzeźba Georges Saalterre'a:

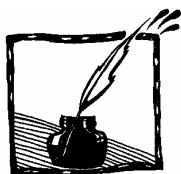
<http://aernav.free.fr/Evenement/Saulterre/Saulterre.html>

**Od Redakcji:**

Konstrukcja poduszkowca to doskonałe zadanie domowe dla uczniów. Może być zespołowe lub połączone z konkursem na najdłużej poruszający się poduszkowiec. Poduszkowiec można wykonać z balonika i krążka z wywierconym otworem.



Przy ocenie powinna być brana pod uwagę łatwość nadmuchiwania, stabilność, no i priorytetowo, czas podróży poduszkowca. Wyjdą wszystkie istotne cechy projektu: fizyka i problemy techniczne (diabeł tkwi w szczególe), koszty. To są te same problemy, które są istotne w projektowaniu i budowie prawdziwych poduszkowców.



Układy inercyjne i nieinercyjne w zadaniach

Jadwiga Salach

Zadanie 1

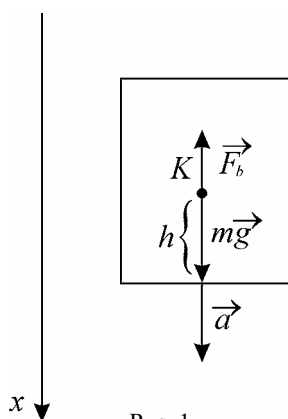
Urzędnik pracujący w biurówcu wsiadł do windy, która ruszyła w dół i przez 1 sekundę jechała z przyspieszeniem o wartości $a = 4 \text{ m/s}^2$. W chwili ruszenia windy urzędnik upuścił klucze z ręki, która znajdowała się wówczas na wysokości $h = 1 \text{ m}$ nad podłogą windy.

- Oblicz czas spadania kluczy, przeprowadzając rozumowanie w układzie nieinercyjnym, związanym z windą.
- Oblicz ten czas w inercyjnym układzie odniesienia, związanym z biurówcem.
- Oblicz czas spadania kluczy w przypadku, gdy winda stała lub poruszała się ruchem jednostajnym.
- Porównaj wyniki i podaj ich krótką interpretację.

Rozwiązanie

Dane: $a = 4 \text{ m/s}^2$, $h = 1 \text{ m}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$;
obliczyć t .

a) W układzie nieinercyjnym, związanym z windą, na klucze działają dwie siły: ciężkości $m\vec{g}$ i siła bezwładności $\vec{F}_b = -m\vec{a}$ (rys. 1). Przyspieszenie kluczy względem windy ma wartość



Rys. 1

$$a_w = \frac{mg - F_b}{m} = \frac{mg - ma}{m},$$

$$a_w = g - a,$$

$$h = \frac{a_w t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a_w}},$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g - a}} = \sqrt{\frac{2m \cdot s^2}{6m}} \approx 0,58 \text{ s}.$$

b) W układzie inercyjnym biurowca na klucze działa tylko siła ciężkości, zatem klucze spadają z przyspieszeniem \vec{g} . Droga, jaką przebywają klucze w tym układzie odniesienia jest sumą dróg: h i drogi s_b , którą w czasie t przebywa winda względem biurowca.

$$s = h + s_b, \quad \frac{gt^2}{2} = h + \frac{at^2}{2}, \quad \frac{(g-a)t^2}{2} = h \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g-a}} \approx 0,58 \text{ s.}$$

c) W windzie spoczywającej lub poruszającej się ruchem jednostajnym na klucze działa tylko siła ciężkości, która nadaje im przyspieszenie \vec{g} .

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2\text{m} \cdot \text{s}^2}{10\text{m}}} \approx 0,45 \text{ s.}$$

Czas ten obliczono w układzie inercyjnym związanym z windą. Układ ten jest identyczny z układem biurowca, jeśli winda spoczywa. Jeśli winda porusza się ruchem jednostajnym, to układ związany z windą jest też układem inercyjnym, ale różnym od układu biurowca. Winda porusza się w dół ze stałą prędkością \vec{v} zwróconą w dół (oczywiście $v \ll c$). W układzie biurowca upuszczone klucze mają prędkość początkową \vec{v} , wykonują rzut pionowy w dół i mają do przebycia drogę równą $h + vt$.

$$h + vt = vt + \frac{gt^2}{2},$$

skąd otrzymujemy czas $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 0,45 \text{ s}$, a więc taki sam, jak w układzie windy.

Gdyby winda poruszała się ze stałą prędkością zwróconą w górę, to w układzie odniesienia biurowca odpowiednie równanie miałyby postać:

$$h - vt = -vt + \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 0,45 \text{ s}$$

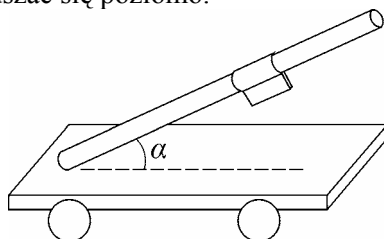
(prędkość początkowa kluczy byłaby zwróconą w górę, miałyby więc współrzędną $v_x = -v$, bo oś x jest zwróconą w dół).

Uwaga: W ostatnim przypadku można by także postąpić inaczej: Obliczyć czas t spadania kluczy jako sumę czasów: wznoszenia $\left(\frac{v}{g}\right)$ i spadania swobodnego z wysokości $h_{\max} + h - vt$. Wówczas należałoby rozwiązać równanie kwadratowe $\frac{gt_{sp}^2}{2} = h_{\max} + h - v(t_{sp} + t_{wz})$, gdzie $h_{\max} = \frac{v^2}{2g}$, a $t_{wzn} = \frac{v}{g}$. Po rozwiązaniu równania należy do czasu spadania dodać czas wznoszenia. Otrzymamy taki sam wynik, ale liczenia jest znacznie więcej.

d) Czas spadania kluczy w windzie poruszającej się z przyspieszeniem zwróconym w dół jest dłuższy od czasu ich spadania w windzie spoczywającej lub poruszającej się ruchem jednostajnym i to tym dłuższy, im większą wartość ma przyspieszenie windy. Czasy te, obliczone (zmierzone) przez obserwatorów w układzie inercyjnym i nieinercyjnym są jednakowe, ale wydłużenie się czasu spadania (gdy $\vec{a} \neq \vec{0}$) każdy z tych obserwatorów wytłumaczy inaczej: według obserwatora w windzie jest tak dlatego, że klucze spadają z mniejszym przyspieszeniem, a według obserwatora związanego z budynkiem – dlatego, że klucze muszą przebyć większą drogę.

Zadanie 2

Na rurze toru powietrznego tworzącej z poziomem kąt $\alpha = 30^\circ$ umieszczono metalowy uchwyt obciążony klockiem o łącznej masie $m = 150$ g. Dzięki poduszce powietrznej wytworzonej między uchwytem a rurą prawie zupełnie wyeliminowano opory ruchu (rysunek 1). Tor powietrzny zamocowano na platformie mogącej poruszać się poziomo.



Rys. 1

Oblicz wartość i podaj zwrot przyspieszenia, z którym powinna poruszać się platforma, aby uchwyt z klockiem

- w układzie laboratoryjnym spadał swobodnie; oblicz wartość, jaką będzie miało wówczas przyspieszenie uchwyty względem toru,
- nie przesunął się względem toru powietrznego.
- Oblicz wartość siły nacisku uchwyty na rurę toru powietrznego w przypadku a) i b).

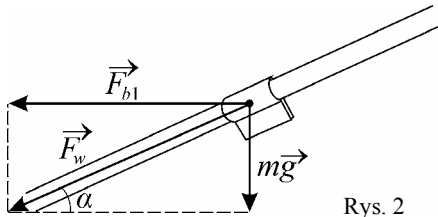
Przeprowadź rozumowanie w układzie nieinercyjnym związanym z platformą oraz w układzie inercyjnym (laboratoryjnym).

Rozwiązanie

Dane: $\alpha = 30^\circ$, $m = 150\text{g}$, $g = 10\text{ m/s}^2$;
obliczyć a_1 , a_2 , N_1 , N_2 .

1. Rozwiązanie w układzie nieinercyjnym, związanym z platformą

a) W układzie nieinercyjnym na uchwyt działają siły: ciężkości $m\vec{g}$ i bezwładności $\vec{F}_{b1} = -m\vec{a}_1$. Wypadkowa tych sił nadaje uchwytowi przyspieszenie \vec{a}_w , jest więc zwrócona wzdłuż toru ku dołowi. Wynika z tego, że siła bezwładności musi być zwrócona w lewo (rys. 2), więc przyspieszenie platformy \vec{a}_1 jest zwrócone w prawo.



Rys. 2

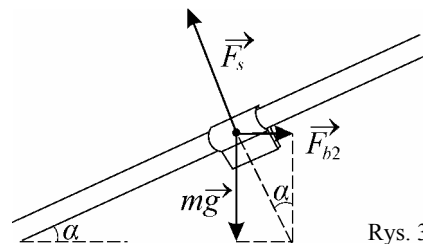
$$\frac{F_{b1}}{mg} = \text{ctg } \alpha, \quad \frac{ma_1}{mg} = \text{ctg } \alpha,$$

$$a_1 = g \cdot \text{ctg } \alpha \approx 17,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

b) Jeśli w układzie nieinercyjnym uchwyt spoczywa, to jego przyspieszenie w tym układzie jest równe zero. Oznacza to, że siły działające na uchwyt równoważą się. Są to siły: $m\vec{g}$, \vec{F}_{b2} i \vec{F}_s . Z rysunku 3 wynika, że siła bezwładności \vec{F}_{b2} (o kierunku poziomym) musi być zwrócona w prawo, a zatem przyspieszenie platformy \vec{a}_2 jest zwrócone w lewo.

$$\frac{F_{b2}}{mg} = \text{tg } \alpha, \quad \frac{ma_2}{mg} = \text{tg } \alpha,$$

$$a_2 = g \cdot \text{tg } \alpha \approx 5,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$



Rys. 3

c) Siła wzajemnego nacisku uchwytu i toru powietrznego w przypadku a) ma wartość równą zero ($N_1 = 0$), a w przypadku b), jak wynika z rysunku 3 ($F_s = N_2$; trzecia zasada dynamiki).

$$\frac{mg}{F_s} = \cos \alpha \Rightarrow F_s = N_2 = \frac{mg}{\cos \alpha} \approx 1,7 \text{ N.}$$

2. Rozwiązanie w układzie laboratoryjnym (inercjalnym)

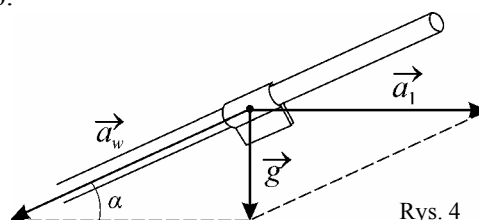
a) Przyspieszenie uchwytu równe \vec{g} jest sumą jego przyspieszeń: przyspieszenia względnego \vec{a}_w (względem platformy, czyli toru powietrznego) i przyspieszenia platformy \vec{a}_1

$$\vec{g} = \vec{a}_w + \vec{a}_1.$$

Ilustruje to rysunek 4, z którego widać, że platforma będzie się poruszała z przyspieszeniem zwróconym w prawo.

$$\frac{g}{a_1} = \text{tg} \alpha \Rightarrow a_1 = \frac{g}{\text{tg} \alpha} = g \cdot \text{ctg} \alpha,$$

$$a_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sqrt{3} \approx 17,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Rys. 4

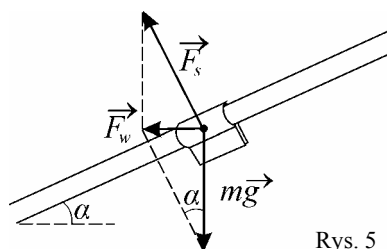
$$\text{Wartość przyspieszenia względnego } a_w = \frac{g}{\sin \alpha} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,5} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

b) Gdy uchwyt będzie spoczywał względem toru, czyli jego przyspieszenie względem platformy będzie równe zero, to w układzie laboratoryjnym przyspieszenie uchwytu będzie równe przyspieszeniu platformy \vec{a}_2 . Przyspieszenie to nadaje uchwytowi wypadkowa siły ciężkości $m\vec{g}$ i siły sprężystości toru \vec{F}_s .

Kierunek siły \vec{F}_s jest prostopadły do toru. Ponieważ przyspieszenie \vec{a}_2 ma kierunek poziomy, taki kierunek musi mieć także siła wypadkowa – oba te wektory są zwrócone w lewo (rys. 5).

$$\frac{F_w}{mg} = \text{tg} \alpha, \quad \frac{ma_2}{mg} = \text{tg} \alpha \Rightarrow a_2 = g \cdot \text{tg} \alpha,$$

$$a_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \approx 5,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$



Rys. 5

c) Wartość siły nacisku na tor jest w każdym przypadku równa wartości siły sprężystości toru (III zasada dynamiki). W przypadku a) wartość ta jest równa

zeru ($N_1 = 0$), bowiem przyspieszenie \vec{g} w układzie inercjalnym nadaje uchwytowi wyłącznie siła ciężkości. W przypadku **b**) wartość siły sprężystości, jak widać z rysunku 5, jest równa

$$\frac{mg}{F_s} = \cos \alpha \quad \Rightarrow \quad F_s = \frac{mg}{\cos \alpha}, \quad F_s = \frac{0,15 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \text{ N} \approx 1,7 \text{ N},$$

$$N_2 = \sqrt{3} \text{ N} \approx 1,7 \text{ N}.$$



KĄCIK ZADAŃ

Odgłosy z jaskini (6) – Droga czy przemieszczenie?

Adam Smólski

I Społeczne LO w Warszawie

W zestawach „Lwiątko 2007” jedno z końcowych zadań, a więc w zamierzeniu już dość trudnych, dotyczyło rzuconego pionowo kamienia. Podane były warunki, jakie spełnia droga przebyta przez kamień w kolejnych sekundach lotu. Na przykład klasom 1–2 gimnazjum daliśmy zadanie:

29. Rzucony pionowo w dół kamień w ciągu trzeciej sekundy lotu pokonał drogę 40 m. Jaką drogę przebył ten kamień w ciągu pierwszej sekundy lotu? Przyjmij $g = 10 \text{ m/s}^2$ i pominiemy opory ruchu.

A. 8 m; B. 10 m; C. 20 m; D. 30 m;

E. Na podstawie podanych informacji nie da się tego ustalić.

Co ogólnie wiadomo o drogach w kolejnych sekundach? Konsekwencją wzoru $s(t) = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$ jest to, że wartości $s(1) - s(0)$, $s(2) - s(1)$, $s(3) - s(2)$ itd. tworzą ciąg arytmetyczny. Jeżeli rozpatrujemy tylko wartości liczbowe, to $s(1) - s(0) = v_0 + \frac{g}{2}$, $s(2) - s(1) = v_0 + \frac{3g}{2}$, $s(3) - s(2) = v_0 + \frac{5g}{2}$ itd. Wartości te rosną zatem w kolejnych sekundach o liczbową wartość g , tzn. w przybliżeniu o 10 metrów. W szczególności gdy $v_0 = 0$, kolejne wyrazy ciągu to $\frac{g}{2}$, $\frac{3g}{2}$, $\frac{5g}{2}$, ..., proporcjonalnie do kolejnych liczb nieparzystych, w zgodzie ze słynnym odkryciem Galileusza.

Jeśli trzecim wyrazem ciągu jest 40 m (oczywiście przy $v_0 \neq 0$), to pierwszym jest 20 m – **odpowiedź C**. Prędkość początkowa rzutu musiała wynosić 15 m/s.

W wyższych klasach kamień rzucony był w górę, np. w klasie II liceum:

29. Rzucony pionowo w górę kamień w ciągu drugiej sekundy lotu pokonał drogę 10 m. Jaką drogę przebył ten kamień w ciągu pierwszej sekundy lotu? Przyjmij $g = 10 \text{ m/s}^2$ i pominiemy opory ruchu.

A. 0 m; B. 2,5 m; C. 5 m; D. 20 m;

E. Nie da się ustalić bez dodatkowych informacji.

Wspomniana wyżej zasada ciągu arytmetycznego o różnicy 10 daje się i tutaj zastosować. W drugiej sekundzie 10 m, to w pierwszej zero.... Zaraz, droga zero przy niewątpliwym ruchu? Nie droga, przemieszczenie! W ruchu, w którym możliwe jest zawracanie, wzór $s(t) = v_0t + \frac{gt^2}{2}$ nie jest wzorem na drogę rozu-

mianą tak, jak to tradycyjnie wykładamy w szkole. To wzór na przemieszczenie (liczone od chwili 0) lub jak kto woli na współrzędną położenia na pionowej osi współrzędnych, zwróconej w dół. Przemieszczenie zero podczas pierwszej sekundy ruchu oznacza, że punkt największego wzniesienia nastąpił w połowie tej pierwszej sekundy. W ciągu pierwszej połowy tej sekundy kamień przeleciałby 1,25 m w górę, a w ciągu drugiej 1,25 m w dół, droga wyniosłaby zatem 2,5 m.

Ale to cały czas nie jest poprawna odpowiedź. Podana droga 10 m w ciągu drugiej sekundy może oznaczać przemieszczenie minus 10 metrów, czyli lot 10 m jeszcze cały czas pod górę. Wtedy w pierwszej sekundzie byłoby minus 20 metrów czyli 20 m pod górę, przy prędkości początkowej 25 m/s. Wybieramy w takim razie **odpowiedź E**.

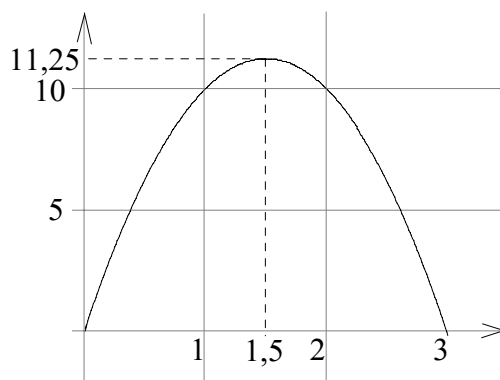
Tak w zacytowanych dwóch jak i w pozostałych trzech zadaniach tej „serii” zadaliśmy o to, by konflikt „droga czy przemieszczenie” nie utrudniał rozwiązania, bo gdyby zamiast „pokonał drogę” powiedzieć „przemieścił się o”, niczego by to nie zmieniło. Ze konflikt realnie zagraża, przekonali nas recenzenci, którzy oprotowali poniższe zadanie, szykowane wstępnie do zestawu dla I klasy liceum:

29. *Rzucony pionowo w górę kamień w ciągu drugiej sekundy lotu pokonał drogę 2,5 m. Jaką drogę przebył ten kamień w ciągu pierwszej sekundy lotu? Przyjmij $g = 10 \text{ m/s}^2$ i pomini opory ruchu.*

A. 15 m; B. 10 m; C. 7,5 m; D. 5 m; E. Dane są sprzeczne.

Zauważmy, że przy locie wyłącznie w górę lub wyłącznie w dół nie jest możliwe przebycie w ciągu jednej sekundy drogi mniejszej niż 5 m. Tyle wynika ze wzoru $\frac{gt^2}{2}$ na wartość przemieszczenia podczas spadku bez prędkości początkowej (możemy stosować ten wzór także dla rzutu w górę, rozpatrywanego „wstecz w czasie”). Oznacza to, że kamień osiągnął maksymalne wzniesienie w ciągu drugiej sekundy lotu. Rozróżnienie droga–przemieszczenie ma teraz zasadniczy wpływ na rozumienie zadania. Nam oczywiście chodziło o drogę w sensie używanym powszechnie, jak się zdaje, w nauczaniu szkolnym. Recenzenci jednak nie byli przekonani co do jednoznaczności tego terminu.

Rozwiążmy nasze zadanie do końca. Zauważyliśmy już wyżej, że 2,5 m to akurat dwa razy 1,25 m, co jest wartością $\frac{gt^2}{2}$ dla $t = 0,5$ s. Zatem momentem maksymalnego wzniesienia kamienia była połowa drugiej sekundy lotu:



Droga przebyta w ciągu pierwszej sekundy to zatem różnica wartości $\frac{gt^2}{2}$ dla $t = 1,5$ s i $t = 0,5$ s. Ta różnica wynosi 10 m. **Odpowiedź B.** Warto przy okazji zauważyć, że 2,5 m to minimalna wartość drogi, jaką pionowo rzucone ciało może przybyć w ciągu jednej sekundy.

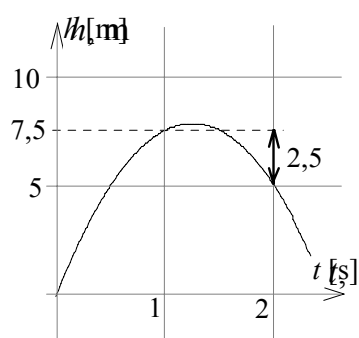
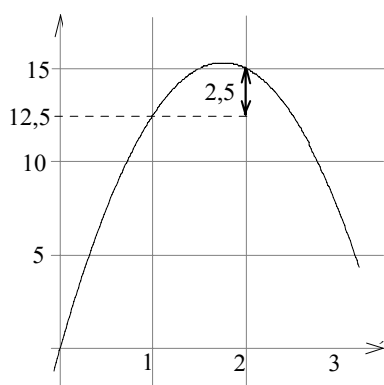
Jeśli ktoś nie zauważył od razu owego szczególnego układu danych, musiał rozwiązać układ równań

$$\begin{cases} t_g + t_d = 1 \text{ s} \\ \frac{gt_g^2}{2} + \frac{gt_d^2}{2} = 2,5 \text{ m} \end{cases}$$

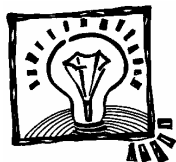
gdzie t_g , t_d oznaczają części drugiej sekundy odpowiadające ruchowi „jeszcze” w górę i „już” w dół. Tak czy owak, wychodzi $t_g = t_d = 0,5$ s.

W zadaniu należało zatem koniecznie odróżnić drogę jako długość śladu od wartości przemieszczenia, czyli odległości pomiędzy punktem początkowym a końcowym danej fazy ruchu. Zauważmy, że nawet popularne określenie drogi jako „długości toru” jest nieprecyzyjne i wymaga właściwego rozumienia, bo przecież gdy ciało robi dwa okrążenia kołowego toru o promieniu r , to droga wynosi $4\pi r$, a długość toru $2\pi r$.

Wracając do naszego zadania, próbowaliśmy (bezsukutecznie) przebłagać naszych recenzentów dodatkiem „Uwaga: pojęcia drogi i przemieszczenia należy odróżnić”. Ale tak naprawdę istniało jeszcze jedno zabezpieczenie przed nieodpowiednią interpretacją. Otóż przy interpretacji „wartość przemieszczenia równa 2,5 m” otrzymuje się DWIE możliwości:



z których tylko JEDNA (7,5 m) była wymieniona pośród podpowiedzi. A reguły naszego konkursu wykluczają tego rodzaju niejednoznaczne sytuacje.



KĄCIK DOŚWIADCZALNY

Prosty silnik... i nie tylko!

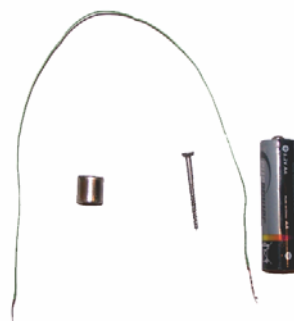
Grzegorz Brzezinka

Student fizyki Instytutu Fizyki UJ

W jaki sposób zrobić silnik z baterii AA, małego magnesu (w kształcie walca), śruby i kawałka przewodu? Czy magnes i śruba mogą okazać się przydatne „w terenie”? Odpowiedzi znajdują Państwo w tym artykule!

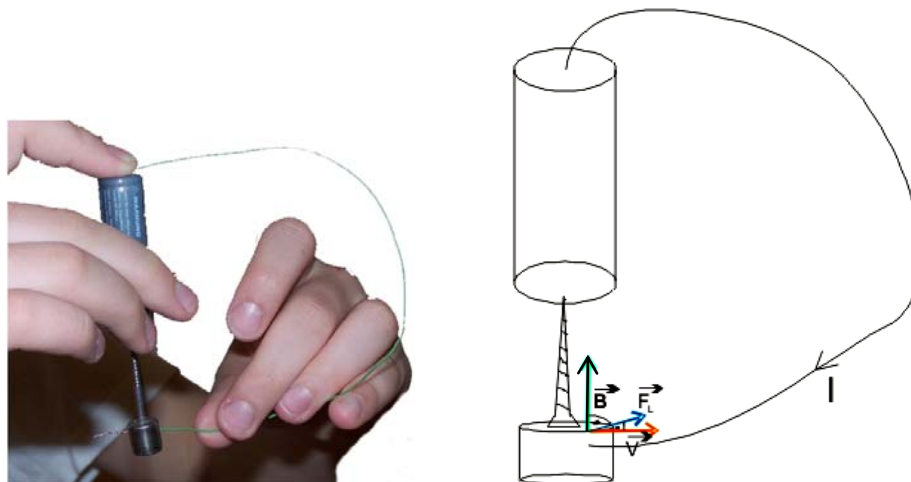
Wykonanie silniczka

Śrubę przykładamy łebkiem do magnesu, a następnie całość przykładamy końcem gwintu do ujemnego bieguna baterii, jak na rysunku obok. Następnie ujmujemy baterię dłonią, dociskając palcem wskazującym jeden z końców przewodu do bieguna dodatniego. Używając drugiej ręki, przykładamy delikatnie końcówkę przewodu do powierzchni bocznej magnesu.



Działanie

Magnes wraz ze śrubą powinien zacząć stosunkowo szybko wirować. W związku z bardzo małą powierzchnią styku (jedynie zaostroszony koniec śruby dotyka baterii), opory ruchu są niewielkie. Dlatego nawet po oderwaniu końca przewodu od magnesu, wiruje on jeszcze przez długi czas. Pokazałem tę zabawkę pewnemu licealiście. Oczywiście z zainteresowaniem zaczął się nią bawić. Zwróciłem jego uwagę na to, że wystarczy jedynie na początku dotknąć magnesu przewodem, a następnie można go odsunąć (tutaj pewna uwaga: nie należy utrzymywać zamkniętego obwodu przez zbyt długi czas, ponieważ wskutek bardzo małych oporów omowych płynący prąd jest stosunkowo duży i powoduje rozgrzewanie się przewodu! Zamiast przewodu można użyć zwiniętego kawałka folii aluminiowej). Uczeń zapostulował, że „po początkowym rozpędzeniu silnika do utrzymania ruchu wystarczy pole elektrostatyczne wytworzone między magnesem a przewodem”. Zapytałem, w jaki sposób w takim razie pobierana jest energia z baterii, skoro obwód jest otwarty? Odłączyliśmy więc

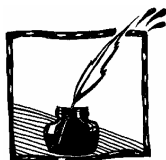


całkowicie przewód... i oczywiście magnes wciąż się obracał. W kolejnym kroku zaproponowałem odwrócenie magnesu (tj. przyłożenie śruby do drugiej z jego podstaw). Wskutek tego zmienił się kierunek obrotu silniczka. W tym momencie już mój uczeń zasugerował, że zjawisko można wyjaśnić dzięki działaniu siły Lorentza. Pole magnetyczne (reprezentowane przez wektor indukcji \vec{B}) jest zwrócone pionowo (w górę bądź w dół w zależności od ustawienia magnesu), elektrony na powierzchni podstawy magnesu poruszają się wzdłuż promienia. Zatem działająca siła $\vec{F}_L = -e(\vec{v} \times \vec{B})$ zwrócona jest prostopadłe zarówno do pola magnetycznego jak i kierunku ruchu elektronów – powoduje więc obrót magnesu ze śrubą!

Zabawy ciąg dalszy, czyli po co nam magnes i śruba „w terenie”

Do czego jeszcze możemy wykorzystać magnes z przyłączoną śrubą? Połóżmy magnes na płaskiej powierzchni (najlepiej na kartce papieru leżącej na stole), tak by śruba była do niej równoległa. Następnie zakręćmy magnesem ze śrubą. Nie będę rozwodził się już tutaj nad bardzo ciekawym ruchem takiego układu, szczególnie gdy śruba przyłożona jest do brzegu podstawy walca (tzn. nie współśrodkowo) – wówczas to obserwacja samego toczącego się układu (odpowiednika „niejednorodnego walca”) może być interesująca! Wróćmy jednak do obracającego się magnesu ze śrubą – wskutek tarcia po pewnym czasie ruch oczywiście ustanie. Powtórzmy doświadczenie kilkakrotnie (poruszając delikatnie kartką tam i z powrotem), zwracając uwagę, jaki kierunek wskazuje śruba po zatrzymaniu. Przyczepmy następnie śrubę do drugiego bieguna magnesu. Jaki kierunek obecnie wskazuje śruba? Proponuję porównać wskazania z igłą kompasu!

Życzę Państwu miłej zabawy!



Niebezpieczne strony

Stanisław Bednarek

Instytut Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego

Niezwykłe łatwo można przekonać się, że Internet zawiera materiały do nauczania fizyki o bardzo różnej jakości. Niemało jest tam użytecznych stron o wysokim poziomie merytorycznym i dydaktycznym [1]. Niestety, zdarzają się również strony o bardzo niskiej jakości, pełne błędów merytorycznych i dydaktycznych. Przed takimi stronami warto ostrzec użytkowników Internetu. Tym bardziej trzeba to uczynić, że strony te przeznaczone są dla uczniów, którzy dopiero zapoznają się z fizyką i nie umieją odróżnić w niej prawdy od fałszu. Dwie z takich stron w języku polskim są szczególnie niebezpieczne, nie tylko z powodu ich zawartości, ale również ze względu na towarzyszącą im reklamę [2].

Fizyka O.K. → www.fizyka.prv.pl

Autorami tej strony są: Łukasz Karolewski i Łukasz Kamiński – główni programiści i Dariusz Hawrylik – główny autor artykułów. Strona zawiera treści dotyczące historii fizyki, dynamiki, kinematyki, elektrostatyki oraz tabele wybranych wielkości fizycznych, informacje o sławnych fizykach, doświadczenia fizyków i zbiór pojęć fizycznych. W artykule dotyczącym historii fizyki na świecie brakuje wzmianki o pochodzeniu słowa fizyka oraz o początkach tej nauki wywodzących się ze starożytnej Grecji. W tym samym artykule w zdaniu dotyczącym unifikacji oddziaływań brak jest odpowiedzi na pytanie, na czym polega wielka unifikacja? Pytanie takie nasuwa się w kontekście podanej przez autora informacji o małej unifikacji. W klasyfikacji ruchów autor nie podaje rodzajów ruchów krzywoliniowych.

Formułując pierwszą zasadę dynamiki Newtona autor popełnia błąd używając określenia „ruchem jednostajnie prostoliniowym” – powinno być jednostajnym prostoliniowym. Ewidentnie błędne jest sformułowanie drugiej zasady dynamiki, z którego można się dowiedzieć, że „Jeżeli na ciało działa stała siła to ciało porusza się ruchem jednostajnie zmiennym, przyspieszonym, względnie opóźnionym, z przyspieszeniem lub opóźnieniem wprost proporcjonalnym do masy tego ciała”. Siedem wzorów napisanych po tym sformułowaniu zostało podanych bez żadnych objaśnień. Niezrozumiały i błędny jest wzór

$$a = \frac{\vec{F}_w}{m}$$

podany po sformułowaniu trzeciej zasady dynamiki.

W artykule dotyczącym pędu znalazło się takie oto sformułowanie „W układach odosobnionych, czyli takich w których nie działają zewnętrzne siły, pęd

całkowity układu jest sumą wektorową pędów poszczególnych ciał układu”. Czyżby wektorowe sumowanie się pędów ciał wchodzących w skład układu dotyczyło tylko układów odosobnionych? Co ciekawe autor tego artykułu nie formułuje w nim zasady zachowania pędu. Zamiast sformułowania tej zasady podany jest przykład człowieka przechadzającego się po łódce. Pod rysunkiem znajdują się symboliczne zapisy bez objaśnień, w których pęd łódki raz równa się pędowi człowieka ze znakiem plus a drugi raz ze znakiem minus. Osobliwy jest również artykuł na temat tarcia – autor nie odróżnia w nim tarcia statycznego od tarcia tocznego. Mówiąc o zmniejszaniu szkodliwego tarcia wymienia tylko jeden sposób, polegający na wprowadzeniu cieczy pomiędzy trące się mechanizmy i dodaje, że „wzorcem jest tu rozwiązanie problemu tarcia w stawach łączących kości” nie wyjaśniając dokładniej na czym ten wzorec polega.

Z artykułu dotyczącego pracy można dowiedzieć się, że „Jeden dżul jest równy mocy jaką wykonuje siła 1N na drodze 1m i przy założeniu, że zwrot siły jest zgodny ze zwrotem przesunięcia ($\alpha = 0$)”. Pod tą definicją znajduje jeden poprawny i jeden błędny wzór na jednostkę pracy. Błędne pod względem logicznym i arytmetycznym jest również rozwiązanie przykładu zadania polegającego na obliczeniu pracy wykonanej przez liniowo zmienną siłę. Przy osiach wykresu dołączonego do tego zadania brak jest jednostek a mimo tego końcowy wynik podany został w dżulach.

Podobne przykłady ewidentnych i rażących błędów można znaleźć prawie w każdym artykule. Ich cytowanie byłoby stratą miejsca i czasu. Błędy znajdują się również w tablicach. W tablicy zawierającej przedrostki jednostek jako skrót przedrostka mikro- podano u zamiast μ . Z tablicy dotyczącej temperatur wrzenia i topnienia niektórych substancji można się dowiedzieć, że temperatura wrzenia helu wynosi -296°C , a więc jest niższa od jego temperatury topnienia (-272°C) i nawet od temperatury zera bezwzględnego ($-273,15^{\circ}\text{C}$).

Od błędów nie są wolne również notatki dotyczące działalności sławnych fizyków i opisy doświadczeń. Dla przykładu, z krótkiej notatki dotyczącej Hansa Christiana Oersteda można się dowiedzieć, że w 1822 r. wynalazł on „pizometr”. Trudno odgadnąć, czy autorowi chodziło tutaj o pirometr – przyrząd do zdalnego pomiaru natężenia promieniowania i wyznaczania temperatury, czy też o piezometr – przyrząd do pomiaru ściśliwości ciał. Z kolei w opisie doświadczenia Francka-Hertza oznaczenie napięcia literą V zamiast U i zastosowanie zapisu „I (V)” sugeruje, że natężenie prądu wyrażone jest w woltach. Dopiero na końcu opisu podane zostało, że „I (V)” oznacza funkcję, jednak autor w całym opisie nie wyjaśnia, jaka wielkość fizyczna jest argumentem tej funkcji. W opisie tym brakuje również informacji, iż pierwszy poziom jest poziomem wzbudzonym.

Zarówno autorzy strony, jak i autorzy cytowanej publikacji [2] wykazują daleko idący bezkrytycyzm i ignorancję w zakresie fizyki. Na stronie głównej przeczytać możemy następujące zdania: „Witamy Cię na stronie internetowej

w całości poświęconej fizyce. Znajdziesz tutaj wszystko to, co może być Ci potrzebne w nauce tego przedmiotu na poziomie szkoły średniej. Przygotowaliśmy dla Was kompendium wiedzy, a także opracowania wielu tematów. Życzymy przyjemnego i co najważniejsze efektywnego korzystania z serwisu”. Autorzy cytowanej publikacji [2] polecają stronę pisząc: „– ciekawe i urozmaicone materiały do nauki fizyki na poziomie szkoły średniej. A do tego tabele fizyczne, biografie uczonych, opisy doświadczeń.” W kontekście wcześniej opisanych błędów oba cytaty pozostawmy bez dalszego komentarza.

Fizyka Online → www.fizyka.net

Strona ta istnieje od 15 czerwca 1998 r., jej autorzy uważają ją za największą polską stronę poświęconą fizyce. Na stronę składają się: kompendium – podręcznik fizyki dla uczniów szkół podstawowych oraz materiały dla licealistów, opracowania – wzory, prawa, definicje i tabele, wskazówki jak ściągać, forum oraz informacje o stronie. To, co autorzy nazywają podręcznikiem dla szkół podstawowych ogranicza się do informacji na temat właściwości materii, budowy ciał, sił i równowagi oraz cieczy i gazów w spoczynku. Trudno zgodzić się ze stwierdzeniem zawartym na pierwszej stronie tego podręcznika, że „Oddziaływania dzieli się na magnetyczne, grawitacyjne, elektryczne, sprężyste.” Wątpliwości budzi również zdanie „Powietrze nie jest gazem tylko mieszaniną gazu!”

Na drugiej stronie podręcznika jednostka ciepła topnienia została błędnie oznaczona przez $[j/kg]$. Nie jest też zgodne z prawdą zamieszczone na tej samej stronie zdanie „Podczas krzepnięcia temperatura ciała się obniża.” Nieco dalej, w omówieniu wrzenia brak jest informacji o zależności temperatury wrzenia od ciśnienia. W opisie budowy cieczy można znaleźć takie oto zdanie „Cząsteczki cieczy rozmieszczone są bardzo często.” Omawiając siły autorzy zapominają dodać, że siła posiada także punkt przyłożenia. Nieco dalej, podając warunek równoważenia się sił autorzy stwierdzają „Dwie siły o przeciwnych zwrotach, działające na ciało wzdłuż linii prostej równoważą.”

Przechodząc do cieczy i gazów znaleźć można kolejne błędy. Prawo Pascala zostało sformułowane w następujący, nowatorski sposób: „Prawo Pascala. Podstawowe prawo statyki płynów, które mówi, że w każdym miejscu w płynie (cieczy lub gazie) różnica ciśnienia całkowitego oraz ciśnienia hydrostatycznego (wywieranego przez własny ciężar płynu) jest taka sama.” Również następne zdania zawierają błędy. Oto one: „Ciśnienie w naczyniu zamkniętym mierzy się za pomocą nanometra.” „Ciśnienie hydrostatyczne oblicza się mnożąc wysokość słupa cieczy i gęstość cieczy.” „ciśnienie = wysokość słupa cieczy \times gęstość”. W obu zdaniach brakuje mnożenia przez wartość przyspieszenia ziemskiego albo gęstość cieczy powinna być zastąpiona jej ciężarem właściwym.

Omawiając zależność ciśnienia atmosferycznego od wysokości nad powierzchnią Ziemi autorzy stwierdzają „Do wysokości 3000 m na każde 10 m

przypada spadek ciśnienia 1 nm.” Podając warunki pływania ciał autorzy piszą „Siła wyporu jest większa od siły ciężkości: ciało pływa na powierzchni.” W zamieszczonych na stronach tekstach nie brakuje również błędów ortograficznych. Oto przykład, w zdaniu wyrażającym kolejny warunek pływania ciał słowo zanurzony napisane jest przez „z”.

Opracowania dla licealistów zawierają znaczną liczbę wzorów. Również tutaj zdarzają się liczne błędy. Oto wzór na prędkość liniową chwilową

$$\vec{V} = r \cdot \vec{\omega}$$

Powyższy wzór może na pierwszy rzut oka wydać się poprawny, ale jest on błędny, ponieważ r jest również wektorem i powinien wystąpić w nim iloczyn wektorowy. Ponadto, wektory \vec{V} i \vec{r} nie mają tego samego kierunku i zwrotu. Oznaczenie czasu literą T prowadzi do błędów we wzorach, w których litera ta oznaczać powinna okres, np. we wzorze wyrażającym częstotliwość jako odwrotność okresu.

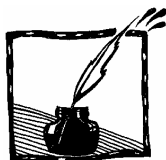
Użyteczność wielu z podanych w opracowaniu dla licealistów wzorów jest wątpliwa, ponieważ występujące w tych wzorach symbole są w niedostatecznym stopniu objaśnione. Ponadto, autorzy wprowadzają niestandardowe oznaczenia wielkości fizycznych, które kolidują z oznaczeniami innych wielkości w następnych wzorach, np. początkową energię potencjalną ładunku elektrycznego oznaczają przez ϵ_0 , co koliduje z oznaczeniem przenikalności elektrycznej próżni. W objaśnieniach użytych symboli zdarzają się też błędy literowe, np. zamiast stała Plancka jest „stała Plantha”.

Podobnie, jak w przypadku poprzedniej strony „Fizyka O.K.”, wskazanie wszystkich błędów merytorycznych znajdujących się na tej stronie stałoby się tematem co najmniej kilkunastostronicowego opracowania. Również ta strona jest reklamowana, zarówno przez jej twórców jak i autorów publikacji [2] jako „baza materiałów edukacyjnych z programu fizyki dla szkół podstawowych i średnich”*. Warto więc zwrócić uwagę, żeby strony te były odwiedzane przez uczniów jak najrzadziej a najlepiej wcale.

Literatura:

- [1] S. Bednarek, Znalezione w Internecie (2), nadtytuł: Internet, multimedia, „Fizyka w Szkole”, Nr 2 (272), 2004, s. 31–33.
- [2] M. Kaczmarczyk, K. Burda, P. Bijata, 800 najlepszych adresów internetowych, Superstrony www, Biblioteczka „Komputer Świat”, Nr 5, 2005, s. 43.

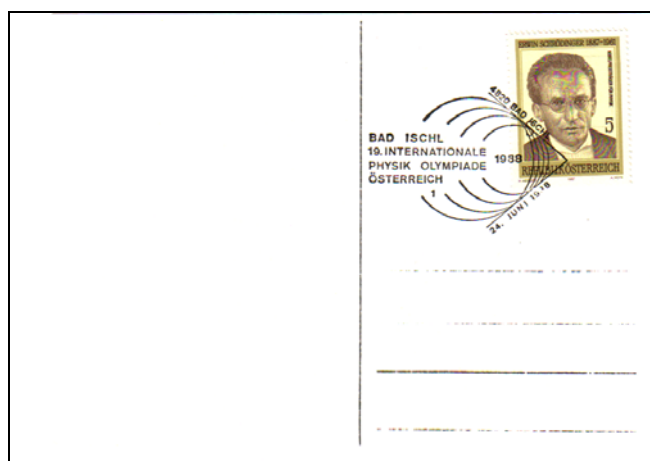
* **Od Redakcji:** Obecnie program fizyki nie obejmuje szkoły średniej, a jedynie gimnazjum i szkoły ponadgimnazjalne.



Międzynarodowe Olimpiady Fizyczne w filatelistyce

Waldemar Gorzkowski

Waldemar Gorzkowski zabiegał, by w kraju organizującym międzynarodową olimpiadę ukazywały się okolicznościowe karty i znaczki. Waldemar Gorzkowski udostępnił Redakcji *Fotonu* część swoich zbiorów.



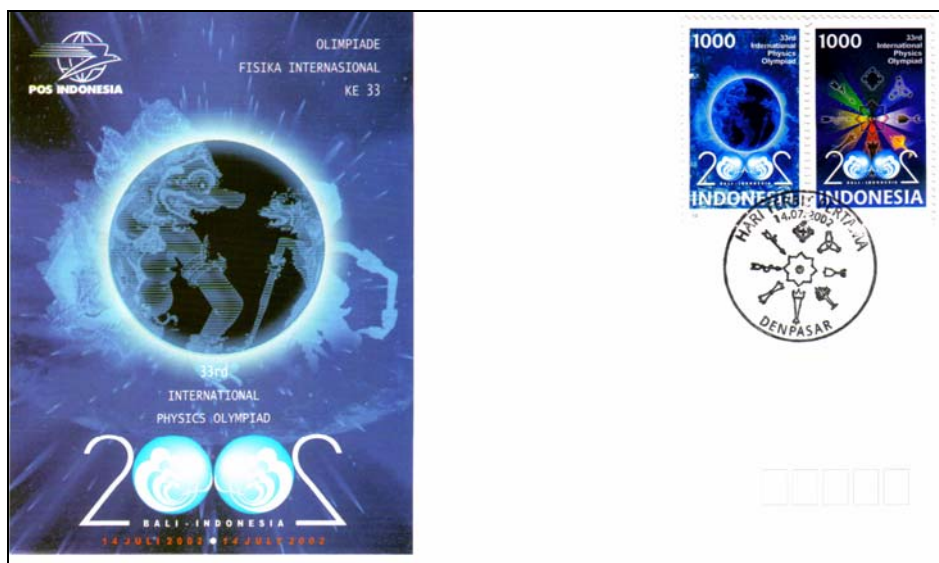
Olimpiada 1988, Bad Ischl, Austria



Olimpiada 1989, Warszawa, Polska



Olimpiada 1994, Pekin, Chiny



Olimpiada 2002, Karawaci, Indonezja



CO CZYTAĆ

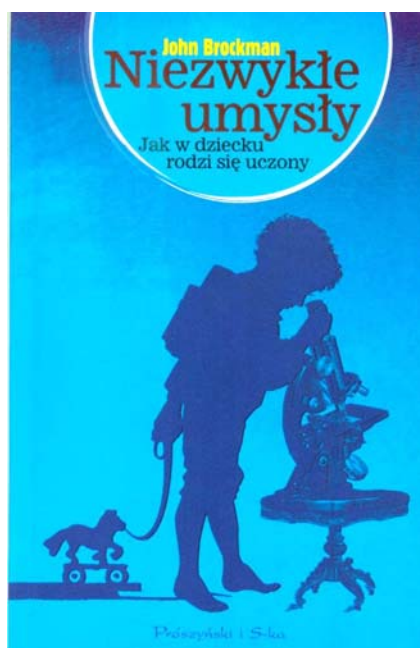
Niezwykłe umysły. Jak w dziecku rodzi się uczonec, John Brockman, Prószyński i S-ka

Od dłuższego czasu Redakcja *Fotonu* dostarcza Czytelnikom krótkie artykuły o dzieciństwie i latach młodości wybitnych fizyków – współczesnych i tych należących już do historii.

Nawet wrywkowa analiza pozwala wyróżnić pewne bardzo sprzyjające warunki, by mógł „narodzić się” z dziecka przyszły uczonec. Rola rodziny, szkoły, kolegów, lektur jest przemożna. Nawet jeśli to przypadek wyzwala chęć bycia naukowcem, to niezbędne są sprzyjające warunki.

John Brockman zainspirował i zebrał w uroczej książeczce wspomnienia wybitnych uczonych odkrywających przed nami swoje dzieciństwo i młodość właśnie pod tym kątem. Większość z nich to psychologowie. Z fizyków znaleźli się w tym towarzystwie Murray Gell-Mann, Freeman J. Dyson, Lee Smolin, Paul C.W. Davies. Na łamy książeczki trafiła też fizyczka i astronomka Janna Levin.

Wyznania naukowców z lat dziecińczych pisane z lekkim dystansem do siebie, ciepło – pozwolą na pewno nauczycielom (jak i rodzicom) lepiej rozpoznawać uzdolnione dzieci i prowadzić je, lub tylko nie przeszkadzać, na pasjonującą ścieżkę pracy naukowej.



Redakcja poleca:

100 prostych doświadczeń z wodą, Ryszard Błażejowski, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1991

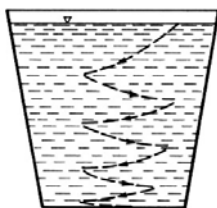
Wiele z nich to bardzo interesujące i nieczęsto wykonywane doświadczenia. Oprócz propozycji wymagających pewnej wprawy technicznej można znaleźć proste obserwacje. Oto przykład:

Tańczące liście, kartki i żyletki

Potrzebne materiały i przyrządy: wiadro z wodą, żyletka.

Przebieg doświadczenia

1. Ustawiamy żyletkę w płaszczyźnie pionowej na środku wiadra tuż pod powierzchnią wody i puszczone ją. Żyletka opada szybko po linii zbliżonej do prostej.
2. Podnosimy ostrożnie żyletkę z dna i ustawiamy ją tym razem bliżej jednej ze ścian wiadra pod kątem $10\text{--}30^\circ$ do poziomu. Puszczone żyletkę i obserwujemy jej taniec. Żyletka opada „lotem” ślizgowym, przy czym *kąt natarcia* zwiększa się i jednocześnie następuje zmiana kierunku „lotu”. W pewnym momencie żyletka nieruchomieje, by za chwilę znów powtórzyć poprzednio wykonaną figurę taneczną.



Taniec żyletki w opadającej w wodzie

3. Powtarzamy doświadczenie przy innych początkowych kątach ustawienia żyletki do poziomu.
4. Puszczone żyletkę z wysokości około 1 m nad podłogą i obserwujemy jej opadanie w powietrzu. Z uwagi na dominującą rolę siły ciężkości, ruch wahadłowy jest tym razem ledwie dostrzegalny.



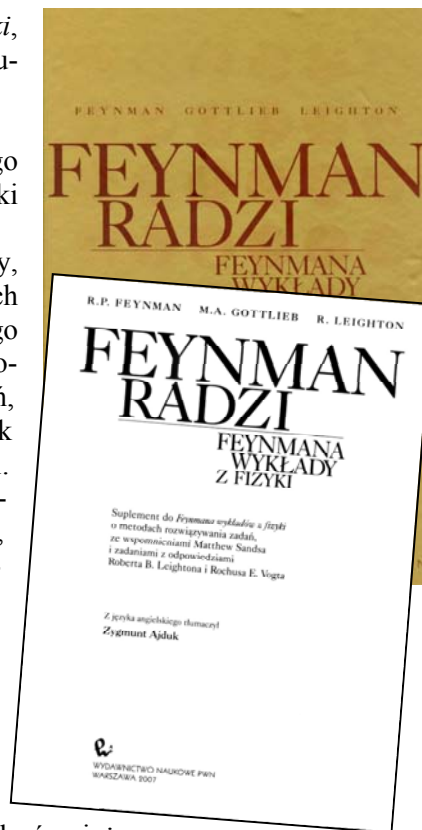
Feynman radzi. Feynmana wykłady z fizyki, tłum. Zygmunt Ajduk, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007

Feynman radzi to uzupełnienie jednego z najpopularniejszych podręczników fizyki *Feynmana wykłady z fizyki!*

W książce zawarte są cztery wykłady, które Richard Feynman prowadził dla swoich studentów, a których nie włączył do swojego sławnego podręcznika. Trzy z nich są poświęcone metodom rozwiązywania zadań, a jeden – teorii bezwładności. Czytelnik znajdzie tu także zadania z odpowiedziami. Z charakterystycznym zacięciem, wnikliwością i humorem autor omawia problemy, z którymi borykają się studenci, i przekazuje cenne rady, jak rozwiązywać zadania fizyczne.

Publikację zamyka dodatek o Richardzie P. Feynmanie, napisany przez wybitnego polskiego fizyka Profesora Andrzeja Kajetana Wróblewskiego.

Książkę, podobnie jak *Feynmana wykłady z fizyki*, docenią i polubią studenci, jak również naukowcy oraz wszyscy interesujący się fizyką.



Książka nadesłana do Redakcji



Badania aerozolu miejskiego, praca zbiorowa pod redakcją Macieja Kolwasa, Tadeusza Stacewicza i Anny Zwoździak, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2007.



Nagrody PTF za rok 2007

1. Medal im. Mariana Smoluchowskiego za rok 2007 otrzymuje **prof. dr hab. Robert R. Gałazka** z Instytutu Fizyki PAN, za osiągnięcia z zakresu fizyki ciała stałego, a w szczególności za zapoczątkowanie badań półprzewodników półmagnetycznych.
2. Nagrodę im. Wojciecha Rubinowicza za rok 2007 i dyplom otrzymuje **prof. dr hab. Wojciech Gawlik** z Instytutu Fizyki UJ, za osiągnięcia z zakresu spektroskopii laserowej i fotoniki, a w szczególności za prace, które doprowadziły do wytworzenia w Polsce kondensatu Bosego-Einsteina.
3. Nagrodę PTF I stopnia im. Arkadiusza Piekary za rok 2007 za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje **mgr Dorota Kubacka**, za pracę wykonaną pod kierunkiem dr Joanny Zuberek w Zakładzie Biofizyki Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego, pt. „Oddziaływania warstwowe w mechanizmie rozpoznawania struktury kapu końca 5' mRNA przez izoformy ludzkiego białka eIF4E”.
4. Nagrodę PTF II stopnia za rok 2007 za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje **mgr Michał P. Heller**, za pracę wykonaną pod kierunkiem dr hab. Romulada A. Janika na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ, pt. „Korespondencja AdS/CFT i plazma kwarkowo-gluonowa”.
5. Nagrodę PTF III stopnia za rok 2007 za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje **mgr Joanna Zemła**, za pracę wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Budkowskiego w Instytucie Fizyki UJ, pt. „Adsorpcja białek do powierzchni i wzorów polimerowych”.
6. Medal i nagrodę im. Krzysztofa Ernsta za rok 2007 otrzymuje **prof. dr hab. Andrzej Maziewski**, za popularyzację fizyki, zwłaszcza w ośrodku białostockim.
7. Nagrodę PTF I stopnia im. Grzegorza Białkowskiego i Medal im. Grzegorza Białkowskiego dla wyróżniających się nauczycieli za rok 2007 otrzymuje **dr Jadwiga Salach** – emerytowana kierowniczka Zakładu Dydaktyki Fizyki Akademii Pedagogicznej w Krakowie, za zasługi na rzecz kształcenia nauczycieli fizyki oraz utrzymania wysokiego poziomu nauczania fizyki w Polsce.



8. Nagrodę PTF II stopnia dla wyróżniających się nauczycieli za rok 2007 otrzymują *ex aequo*:

mgr Marta Gliwska-Rybczyk – nauczycielka z Zespołu Szkół w Strzyżowie, za rozwijanie zainteresowań fizyką wśród młodzieży

i

mgr Mirosława Żuber – nauczycielka z I Liceum Ogólnokształcącego im. Adama Mickiewicza w Białymstoku, za sukcesy w pracy ze zdolną młodzieżą.

9. Nagrodę PTF III stopnia dla wyróżniających się nauczycieli za rok 2007 otrzymują *ex aequo*:

mgr Stanisław Rząd – nauczyciel z Liceum Ogólnokształcącego w Biłgoraju, za sukcesy w pracy ze zdolną młodzieżą

i

mgr Andrzej Sperka – nauczyciel z I Liceum Ogólnokształcącego im. Mikołaja Kopernika w Łodzi, za rozwijanie zainteresowań fizyką wśród młodzieży.

10. Wyróżnienia dla nauczycieli za rok 2007 otrzymują:

mgr Zuzanna Suwald – nauczycielka z LXV Liceum Ogólnokształcącego im. Gen. Józefa Bema w Zespole Szkół Nr 20 ul. Młynarska 2/6 w Warszawie, za działalność organizacyjną na rzecz środowiska nauczycieli fizyki.

mgr Aleksandra Kluza – nauczycielka z II Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Staszica w Tarnowskich Górach, za rozwijanie oryginalnych form pracy z młodzieżą.

mgr Helena Nazarenko-Fogt – nauczycielka z X Liceum Ogólnokształcącego we Wrocławiu, za rozwijanie aktywnych form nauczania fizyki.



Puchar przechodni Oddziału Krakowskiego PTF

Puchar przechodni Oddziału Krakowskiego PTF w Małopolskim Konkursie z Fizyki i Astronomii przypadł uczniom Pana mgr. Andrzeja Kleszcza z Gimnazjum Nr 2 w Krakowie. Oto grono tegorocznych laureatów: Dawid Wołosz, Jerzy Skrzypek, Piotr Bryniarski, Jakub Wnęk, Marcin Danak i Piotr Witkowski.



KOMUNIKAT PTF

Ze sprawozdania Zarządu Głównego PTF

Na posiedzeniu Zarządu Głównego PTF w dnia 3 marca 2007 roku omówiono inicjatywę 3 oddziałów – Białostockiego, Poznańskiego i Toruńskiego. Prof. Andrzej Maziewski, gość specjalny zebrania ZG poinformował, że z inicjatywy wymienionych oddziałów powstał projekt utworzenia sieci szkół z mini laboratoriami do nauczania fizyki. Istniejący stan laboratoriów fizycznych jest niezadowalający, ulega degradacji. Małeje rola fizyki w polskich szkołach. [...]

W Białymstoku powstało dobrze wyposażone **Regionalne Laboratorium Komputerowe do Nauczania Przedmiotów Przyrodniczych „LABFIZ”** <http://physics.uwb.edu.pl/labfiz/>. W 2007 roku przy finansowym wsparciu prezydenta Białegostoku prowadzona jest akcja cotygodniowego udostępniania Laboratorium około 60-osobowej grupie młodzieży białostockich szkół średnich. Uczniowie (w kilku grupach) po wstępnym przeszkoleniu wykonują w Laboratorium samodzielnie wybrane doświadczenia pod opieką nauczyciela i pracownika Uniwersytetu. Istnieje duże zainteresowanie młodzieży.

W roku 2003 została przeprowadzona akcja pilotażowa (informacje o tej akcji można znaleźć na stronie <http://labfiz.uwb.edu.pl/labfiz/siec/>). Akcja ta odniosła sukces – Ministerstwo dało środki na zakup sprzętu, nauczyciele nauczyli się podstaw jego obsługi, wielu z nich efektywnie korzysta z tego sprzętu. Wiemy, że istnieje jednak problem – nauczyciele nie mogą w pełni skorzystać z nowych możliwości z racji ograniczonej liczby godzin fizyki.

Obecna propozycja to utworzenie sieci wybranych szkół z dobrze wyposażonymi, wspomaganimi komputerowo laboratoriami przyrodniczymi. W celu zdobycia możliwie szerokiego wsparcia istotne jest właśnie postawienie akcentów na nowoczesność – informatyka + nauki przyrodnicze. Z naszej i z zagranicznej praktyki wiadomo, że dominować będą laboratoria fizyczne. Taka elitarna sieć szkół docelowo, po 3 latach, obejmowałaby około 150 szkół w Polsce. Aby tego dokonać należałoby dążyć do:

- (i) zwiększenia liczby godzin przedmiotów przyrodniczych
- (ii) zapewnienia szkołom odpowiedniego sprzętu – można zróżnicować wyposażenie na dwa poziomy:
 1. jednostanowiskowe laboratorium pozwalające prowadzić komputerowo wspomagane eksperymenty (podobnie jak wyposażono szkoły w akcji pilotażowej <http://labfiz.uwb.edu.pl/labfiz/siec/>) + dobrze wyposażone klasyczne przyrządy; nauczyciel powinien być dobrze

- przygotowany do prowadzenia lekcji ilustrowanej ciekawymi doświadczeniami
2. wielostanowiskowe laboratorium, np. 8 stanowisk umożliwiających uczniom (połowa szkolnej klasy w dwuosobowych grupach) wykonywanie samodzielnych eksperymentów
- (iii) kształcenia nauczycieli, opracowania skryptów oraz materiałów dostępnych w Internecie, współpracy z siecią akademicką, utworzenia docelowo sieci „poziomej” nauczycieli zajmujących się komputerowo wspomaganym nauczaniem fizyki
- (iv) weryfikacji działania sieci szkół z komputerowo wspomaganymi laboratoriami przyrodniczymi poprzez organizację np. konkursów.
- [...]

W dyskusji członkowie ZG poparli inicjatywę utworzenia sieci takich szkół i upoważnili inicjatorów do prowadzenia rozeznania w środowisku nauczycieli i w środowisku akademickim pod patronatem PTF. Została do tego powołana specjalna Komisja PTF z przewodniczącym prof. Grzegorzem Karwaszem z Uniwersytetu w Toruniu, który dobierze zaangażowanych w tę akcję członków.

Sprawa standardów kształcenia nauczycieli (prof. R. Kulessa i dr Z. Gołąb-Meyer)

Sprawę zreferował Prezes PTF. W listopadzie 2006 został opublikowany projekt standardów kształcenia do zawodu nauczyciela. Projekt ten został bardzo źle oceniony przez środowisko. Ograniczono w nim liczbę godzin kształcenia przedmiotowego i rozszerzono je na dwa przedmioty. Zawyżono natomiast liczbę godzin poświęconych na psychologię i pedagogikę. Proponuje się 3-letni okres kształcenia uprawniający do nauczania w zakresie gimnazjum. Prezes Kulessa i Zofia Gołąb-Meyer wystosowali w imieniu PTF protest przeciwko nadaniu nauczycielom po licencjacie uprawnień do nauczania w gimnazjum. Spowoduje to drastyczny spadek poziomu nauczania przedmiotowego. Stanowisko PTF w załączeniu. Zarząd Główny poparł jednogłośnie stanowisko wypracowane przez Prezesa i Zofię Gołąb-Meyer.



Przed szkole Fizyki 2007

Sesja naukowa dla uczniów szkół średnich i nauczycieli

Zofia Gołąb-Meyer

W dniach od 11 do 13 czerwca odbyło się, tym razem w Krakowie, kolejne Przed szkole Fizyki czyli sesja naukowa i warsztaty z fizyki dla młodzieży szkół średnich. Zorganizowane zostało tak jak zwykle przez Instytut Fizyki UJ, w tym roku przy współudziale Wydziału Edukacji Miasta Krakowa (metodyk fizyki mgr Wiesław Mroszczyk) oraz V LO im. A. Witkowskiego.

Zajęcia odbywały się w Instytucie Fizyki UJ – Reymonta 4, w auli V LO oraz w Polskiej Akademii Umiejętności.

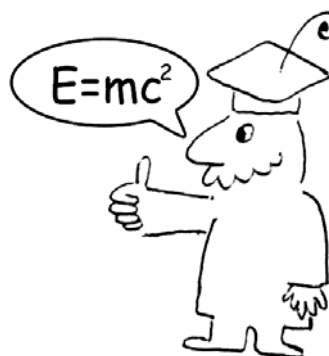
W ramach sesji odbywały się wykłady prowadzone przez profesorów, doktorantów, studentów Instytutu Fizyki UJ, gości zagranicznych (te zajęcia były po angielsku) oraz uczniów V LO.

Ponadto miały miejsce warsztaty. Nauczyciele fizyki byli zaproszeni jako obserwatorzy.

Na zakończenie odbyła się specjalna sesja dla nauczycieli.

Tematy zajęć:

- *Black holes* – professor Niall O’Murchadha (Cork, Irlandia)
- *Optyczne wzorce częstości* – dr hab. J. Zachorowski
- *Motyl Hofstadtera kreśli wstęgi nad morzem par Coopera, czyli o fizyce nadprzewodników wysokotemperaturowych* – dr M. Raczkowski
- *Geometrie nieeuklidesowe* – prof. dr hab. A. Kotański
- *Zjawiska paradoksalne wywołane szumem (procesy stochastyczne)* – dr hab. P. Góra
- *Dziwy świata kwantowego* – prof. dr hab. H. Arodź
- *Elementy półprzewodnikowe* – M. Włodarczyk (uczeń V LO)
- *O Polskiej Akademii umiejętności i fizyce* – prof. dr hab. A. Białas
- *Fizyka cząstek elementarnych* – prof. dr hab. K. Fiałkowski
- *O fali zanikającej* – prof. dr hab. T. Dohnalik
- *Kondensat Bosego-Einsteina* – prof. dr hab. W. Gawlik
- *Jak zmierzono Wszechświat* – dr hab. J. Bieroń
- *Prezentacje uczniów*
- *O kółku fizycznym w V LO* – M. Heller, J. Kaczmarczyk
- *O kształceniu zdolnych uczniów* – dr Z. Gołąb-Meyer



Warsztaty prowadzili:

- *Warsztaty z rachunku różniczkowego, całkowego, równań różniczkowych* – mgr P. Suchanek, M. Heller (absolwent V LO i absolwent fizyki UJ, doktorant)
- *Warsztaty zadaniowe* – A. Gajos, M. Gług (V LO)

Zainteresowanie przedszkolem przeszło oczekiwania organizatorów. Frekwencja była tak duża, że trzeba było szukać większych sal. Należy podkreślić, iż wykłady nie były bardzo łatwe i ich celem bynajmniej nie było przyciąganie jak największej ilości słuchaczy. Chodziło raczej o rzetelne wprowadzenie młodzieży w trudniejsze tematy, które w szkole są omijane.

Tak jak zwykle okazało się, że wszystkie wykłady miały „swoich” słuchaczy, którzy je bardzo wysoko ocenili; niekoniecznie wszyscy te same wykłady. Dlatego też staraliśmy się różnicować wykłady nie tylko ze względu na tematykę, ale również na osobowość wykładowców i styl wykładania.

Początkowa nieśmiałość słuchaczy (mało pytań) w miarę upływu przedszkola zanikała, by w ostatnim dniu ustąpić sytuacji, w której wykładowcy nie nadążali z odpowiedziami.

Uczniowie mniej zainteresowani samą Akademią Umiejętności jako taką, niż fizyką, z młodzieńczą absolutną szczerością zadali pytanie Prezesowi Andrzejowi Białasowi: „a po co jest Akademia?”

Gwoli ilustracji opinii uczniów o Przedszkolu przytaczamy zdanie uczennicy Eli z Tarnowa.

„Wykładowcy – pracownicy naukowcy UJ – podeszli do nas bardzo poważnie. Wszystkie wykłady były przemyślane i doskonale przygotowane zarówno od strony merytorycznej jak i wizualnej. Wiadomości zawarte w wykładach były przekazywane jasno, każda informacja była tłumaczona. Ograniczona interpretacja matematyczna prezentowanych zjawisk pozwoliła na intuicyjne zrozumienie trudnych zagadnień optyki atomowej, procesów stochastycznych czy dziwów świata kwantowego. Wykładowcy mogli nawiązać żywy kontakt ze słuchaczami.

Mnie najbardziej podobał się wykład prof. W. Gawlika „O Kondensacie Bosego”. Był on jasny, każde wprowadzane pojęcie było dokładnie wytłumaczone. Ciekawy był również wykład prof. T. Dohnalika, ponieważ w czasie jego trwania można było poczuć atmosferę wykładu prowadzonego w tradycyjny sposób, czyli przy użyciu kredy. Do wykładów, które najbardziej mi się podobały, zaliczyłabym również wykład o optycznych wzorcach częstości dr hab. J. Zachorowskiego – pokazał on zastosowanie zjawisk fizyki w nowoczesnych technologiach i postęp ludzkości ku uzyskaniu doskonałych wzorców czasu.

Trochę słabiej wypadły natomiast warsztaty matematyczne i fizyczne. Na matematycznych było chyba za dużo zainteresowanych, dlatego też prowadzący nie mogli dotrzeć do każdego uczestnika i pomóc mu w zrozumieniu przygotowanego materiału. Bardzo dobry był pomysł na podzielenie materiału na stopnie trudności odpowiadające zaawansowaniu wiedzy z zakresu analizy matematycznej. Warsztaty

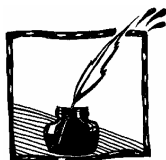
z zadań z Olimpiady Fizycznej były prowadzone dość chaotycznie i nie każdy zapis, który pojawiał się na tablicy był tłumaczony. Utrudniało to zrozumienie sposobu rozwiązania zadania. Samo rozwiązanie pokazywało inny sposób patrzenia na problem przedstawiony w zadaniu. Bardzo ciekawy był sam dobór zadań, poruszane zagadnienia nawiązywały do programu nauczania realizowanego w szkole. (Od Redakcji: z powodów organizacyjnych na warsztaty przeznaczono zbyt mało czasu. Musiały być zatem niedoskonałe. Teraz wiemy, że warsztaty są pożyteczne, i wiemy co robić, by były lepsze.)

Uczestnictwo w Przedszkolu było wspaniałym przeżyciem, pozwoliło na trzy dni stać się z ucznia liceum studentem fizyki. Potwierdziło też, że fizyka, zwłaszcza fizyka współczesna, jest nauką niezwykle trudną i niezwykle ciekawą.”

Organizatorzy starannie analizują wypowiedzi uczestników, by w kolejnych edycjach Przedszkola unikać błędów. Staramy się oprócz renomowanych i znanych wykładowców angażować samych uczniów oraz studentów fizyki i doktorantów. Jak wiadomo inny jest kontakt pomiędzy uczniami i profesorami, a ludźmi zbliżonymi do siebie wiekiem. W tym roku Przedszkole zostało zorganizowane w wyniku sugestii studentów fizyki Michała Hellera i Jana Kaczmarczyka, na prośbę ich podopiecznych – uczniów z kółka fizycznego w V LO.

Duże zainteresowanie Przedszkolem uczniów cieszy. Tu już nikt nikogo nie przymuszał, z racji uczestnictwa w Przedszkolu uczniowie nie mieli żadnych profitów – oceny już były wystawione.

Czysty pęd do wiedzy był jedyną motywacją. Cieniem na ten optymistyczny obraz kładzie się fakt, iż w Przedszkolu uczestniczyła młodzież z bardzo niewielu szkół.



Finał XX Ogólnopolskiego Turnieju Młodych Fizyków

*Urszula Woźnikowska-Bezak
Grupa Twórcza Quark, Katowice*

Reprezentacja Polski – Grupa Twórcza Quark Seoul 2007

Finał XX Ogólnopolskiego Turnieju Młodych Fizyków rozegrany w języku angielskim odbył się dnia 2 czerwca 2007 roku w sali audytorijnej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.

Finał poprzedzały ćwierćfinały i półfinały (rozgrywane w języku polskim) w Warszawie w Polskiej Akademii Nauk i w Pałacu Młodzieży w Katowicach pod patronatem Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego i Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

W Turnieju Młodych Fizyków uczestniczyło 28 drużyn (pięciosobowych) z różnych stron Polski. Do finału zakwalifikowało się 6 drużyn z dwóch komitetów organizacyjnych:

3 z Katowic

Grupa Twórcza Quark, Pałac Młodzieży, Katowice

Liceum Ogólnokształcące im. ONZ, Biłgoraj

Liceum Ogólnokształcące im. W. Broniewskiego, Bolesławiec

oraz 3 z Warszawy:

V Liceum Ogólnokształcące im. S. Staszica, Warszawa

VII Liceum Ogólnokształcące im. A. Mickiewicza, Poznań

I Liceum Ogólnokształcące im. Ziemi Kujawskiej, Włocławek

Zwyciężyła

Grupa Twórcza Quark Pałacu Młodzieży w Katowicach, podopieczni Urszuli Woźnikowskiej-Bezak

1. Szymon Migacz (kapitan) V LO Bielsko Biała
2. Justyna Chromik LO Pszczyna
3. Rafał Modrzewski I LO Katowice
4. Aleksander Kubica V LO Bielsko Biała
5. Grzegorz Mazur I LO Dąbrowa Górnicza
6. Bartłomiej Kądziaława (rezerwowi) VIII LO Katowice

Uczestnicy mogli wybierać spośród 17 tematów badawczych, wśród których znalazło się między innymi zbadanie akustyki cykania świerszcza.

Świerszcze – Pewne owady, jak na przykład świerszcze, wytwarzają donośny dźwięk przez pocieranie o siebie dwóch części swego organizmu. Zbuduj urządzenie, które będzie wytwarzało dźwięk w podobny sposób.

Zawody składały się z tzw. potyczek i starć, podczas których młodzi fizycy występowali w roli referentów, oponentów, recenzentów i obserwatorów. Wystąpienia były ograniczone czasowo i podlegały ocenie, a o kolejności miejsc decydowała liczba uzyskanych punktów.

Obecnie Grupa Twórcza Quark ma czas na przygotowanie się do Międzynarodowego Turnieju Młodych Fizyków w Seoulu, Korea, w Kyungwon University.

Opiekunem naukowym Ogólnopolskiego Turnieju Młodych Fizyków Grupy Twórczej Quark w Pałacu Młodzieży w Katowicach jest prof. dr hab. Władysław Borgiel, a z Instytutu Fizyki Politechniki Śląskiej dr Joachim Gmyrek.

Grupa Twórcza Quark dziękuje za wsparcie organizacyjne Katowickiemu Holdingowi Węglowemu.



XIV Międzynarodowa Konferencja Młodych Naukowców

*Urszula Woźnikowska-Bezak
Grupa Twórcza Quark, Katowice*

XIV Międzynarodowa Konferencja Młodych Naukowców odbyła się w dniach 21–27 IV 2007 w Sankt Petersburgu. W konferencji uczestniczyło ponad 100 uczniów i ich opiekunów z 12 krajów: Brazylii, Chorwacji, Rosji, Holandii, Indonezji, Litwy, Macedonii, Polski, Białorusi, Czech, Ukrainy i Węgier.

Zostało nagrodzonych łącznie 5 prac przedstawicieli z Polski.

Złoty medal otrzymali:

- **Justyna Chromik** z I Liceum Ogólnokształcącego w Pszczynie za pracę „Akustyka świerszcza”. W prezentacji swojej opisała sposób, w jaki świerszcze wytwarzają dźwięk. Aby zobrazować ten proces przywołała dwie analogie aparatu strydulacyjnego. Urozmaiceniem jej pracy było dokonanie przed słuchaczami eksperymentu – figur Chladniego.
- **Rafał Hibner i Mateusz Polnik** z Zespołu Szkół Ogólnokształcących z Wodzisławia Śląskiego za pracę „Żyroskopy i prądy wirowe. Bezkontaktna metoda mierzenia grubości metalowych blaszek”. Wykorzystując zachowanie magnetycznego bąka na podstawach z przewodników zbadali ich grubość. Dzięki skonstruowanej przez nich elektronicznej aparaturze badawczej osiągnęli wysoką dokładność około 3% błędu pomiarowego. W prezentacji przedstawili także interdyscyplinarność fizyki – wirujące bryły sztywne używane na co dzień do stabilizacji, czy wskazywania położenia geograficznego można zastosować także do mierzenia parametrów przewodników.

Srebrny medal otrzymała

- **Marta Wierzcholska** z II Liceum Ogólnokształcącego w Dąbrowie Górniczej za pracę „Walka z wiatrakami”. Praca została podzielona na dwie części: teoretyczną, w której zawarte zostały opisane m.in. materiały i przyrządy wibroakustyczne na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, oraz doświadczalną. Jej badania uwzględniały pomiary hałasu m.in. wentylatorów i badania różnych materiałów odbijających i dźwiękochłonnych wraz z wykorzystaniem charakterystyk widmowych. Ponadto prezentacja zawierała pomiary hałasu komunikacyjnego i skuteczności ekranów przeciwhałasowych w Katowicach i Częstochowie.

Brązowy medal otrzymali:

- **Karolina Jańczak** z I Liceum Ogólnokształcącego w Pszczynie za pracę „Burza w szklance wody, czyli co się stanie, gdy położymy kroplę atramentu

na powierzchni wody”. Problem polegał na zbadaniu ruchu kropli atramentu położonej na powierzchni wody. Badania były prowadzone na wodzie destylowanej w różnych warunkach (zmiana temperatury, dodanie soli, cukru bądź detergentu). Najciekawszym aspektem jej pionierskich badań, nigdy wcześniej nie opublikowanych, była zamiana kształtu kropli z kuli na torus.

- **Kamil Maszkowski i Bartłomiej Kądziaława** z VIII Liceum Ogólnokształcącego w Katowicach za pracę „Digital gun”. Wykorzystując nowoczesne techniki cyfrowe skonstruowali oni przyrząd pomiarowy, dzięki któremu precyzyjnie zbadali ruch pocisku w działku pneumatycznym. Odkryli i dogłębnie zbadali oscylację ciśnienia przed i za pociskiem, które w znaczącym stopniu wpływa na jego przyspieszenie. Zaprezentowali także zbudowany przez siebie model, który pozytywnie zaskoczył słuchaczy oraz członków jury.

Prezentacje odbywały się w 4 salach zabytkowego Domu Architektów – pałacu Koczubeja, znanego z poematu Puszkina „Połtawa”. Organizatorzy zadbali o bogaty program kulturalny. Zwiedzili między innymi Pałac Zimowy, Ermitaż, Carskie Sioło, Pawłowski, szkołę, w której uczył się Puszkina oraz mieli okazję obejrzeć premierę operetki „Bajadera”.

Osoby reprezentujące Polskę to laureaci konkursów ogólnopolskich organizowanych przez Pałac Młodzieży w Katowicach – członkowie Grupy Twórczej Quark.



Grupa Twórcza Quark

KOMUNIKAT**Borowice w Kudowie 2007***Ludwik Lehman**II LO im. M. Kopernika w Głogowie*

TAJNY KOMITET ORGANIZACYJNY oświadcza, że druga undergroundowa konferencja dydaktyki fizyki **BOROWICE W KUDOWIE** odbędzie się! Tak jak poprzednio pod patronatem **Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego**. Dodatkowo patronuje nam w tym roku **Sekcja Nauczycielska Polskiego Towarzystwa Fizycznego**.

Termin: 16–18 listopada 2007

Miejsce: Kudowa Zdrój, Ośrodek Wypoczynkowy ORION, noclegi po 30 zł, więcej szczegółów w późniejszym terminie.

Zgłoszenia i pytania wyłącznie na adres **tekaooo@wp.pl**

<http://www.obserwatorium.lo2.pl/kudowa.htm>



Rozstrzygnięcie
V Ogólnopolskiego konkursu fizyczno-fotograficznego
„Zjawiska fizyczne wokół nas”

Młodzieżowy Dom Kultury w Wieluniu

Komisja w składzie:

1. Zenona Stojcka – nauczycielka fizyki w Liceum Ogólnokształcącym im. T. Kościuszki w Wieluniu – przewodnicząca
2. Bogdan Urwanowicz – nauczyciel fizyki w Liceum Ogólnokształcącym im. T. Kościuszki w Wieluniu
3. Włodzimierz Kałczak – dyrektor MDK, kierownik pracowni fotograficznej w MDK w Wieluniu
4. Bartosz Wilk – absolwent MDK, student II roku Akademii Morskiej w Gdyni, fotoamator
5. Justyna Dłubek – uczennica III klasy LO im. Tadeusza Kościuszki w Wieluniu, uczestniczka koła młodych fizyków MDK w Wieluniu

zapoznała się z **484** fotografiami, które nadesłano na konkurs z kilkudziesięciu placówek oświatowych (gimnazja i szkoły ponadgimnazjalne) oraz od uczniów indywidualnych; komisja przyznała następujące nagrody i wyróżnienia:

Laureaci:

Kategoria: obserwacje

- I miejsce – Maciej Poznerowicz – I LO im. Tadeusza Kościuszki w Wieluniu
 I miejsce – Michał Fita – Publiczne Gimnazjum w Lututowie
 II miejsce – Marta Kotarba – IV LO w Krakowie, Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach
 II miejsce – Dawid Knara – Gimnazjum Nr 37 w Krakowie, Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach

Wyróżnienia:

1. Laurencja Popławska – LO z Oddziałami Integracyjnymi im. Mieszka I w Świnoujściu
2. Maciej Matysik – LO z Oddziałami Integracyjnymi im. Mieszka I w Świnoujściu
3. Edyta Sobczak – LO z Oddziałami Integracyjnymi im. Mieszka I w Świnoujściu
4. Marta Woźnicka i Weronika Kopaszewska – LO z Oddziałami Integracyjnymi im. Mieszka I w Świnoujściu
5. Michał Poliński – VIII LO im. Stanisława Wyspiańskiego w Krakowie
6. Magdalena Pasierbek – IV LO im. Komisji Edukacji Narodowej w Bielsku-Białej

7. Jan Cwajna – V LO w Bielsku-Białej
8. Katarzyna Górecka – III LO im. Stefana Żeromskiego w Bielsku-Białej
9. Kamila Hankus – III LO im. Stefana Żeromskiego w Bielsku-Białej
10. Aneta Łanucha – Gimnazjum Nr 2 w Zespole Szkół im. Hipolita Cegielskiego w Rogoźnie
11. Aleksandra Mazur – XIX LO im. Marii i Jerzego Kuncewiczów w Lublinie
12. Dawid Nalewajka – Gimnazjum w Konopiskach
13. Justyna Żarna – LO Nr 5 w Bielsku-Białej
14. Mariola Uliczka – V LO w Zespole Szkół im. Prymasa Tysiąclecia Stefana Kardynała Wyszyńskiego w Opolu
15. Krzysztof Kosmenda – Gimnazjum Nr 3 w Wieluniu

Kategoria: doświadczenia

Wyróżnienia:

1. Aleksander Gajos – V LO im. Augusta Witkowskiego w Krakowie
2. Aleksandra Pietrzak – LO z Oddziałami Integracyjnymi im. Mieszka I w Świnoujściu
3. Krzysztof Murawski – LO z Oddziałami Integracyjnymi im. Mieszka I w Świnoujściu
4. Marcin Zeller, Paweł Gołacki – LO z Oddziałami Integracyjnymi im. Mieszka I w Świnoujściu
5. Julia Bijoch – I Społeczne Gimnazjum im. Stanisława Konarskiego w Katowicach
6. Milena Kowalczyk – Publiczne Gimnazjum Nr 17 Zespołu Szkół Nr 1 im. Jana Pawła II w Białymstoku
7. Mateusz Cybulski – Rogoźno

Ocena Komisji:

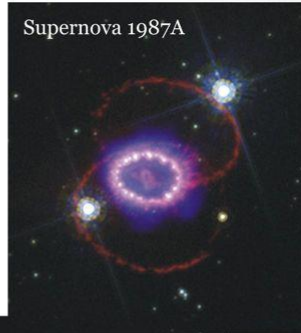
Na V Ogólnopolski konkurs fizyczno-fotograficzny „Zjawiska fizyczne wokół nas” wpłynęły 484 zdjęcia. Ich autorami byli uczniowie klas licealnych i gimnazjalnych zarówno z dużych miast (Kraków, Lublin, Białystok, Katowice, Świnoujście) jak i małych miejscowości. Tym razem przeważały zdjęcia obserwacji zjawisk optycznych w przyrodzie. Większość uczniów po raz pierwszy brała udział w tym konkursie. Z zadowoleniem jednak przyjęliśmy fakt, iż prace przysyłane przez uczniów po raz kolejny, są głęboko przemyślane pod kątem wyboru tematu i lepsze technicznie. Cieszymy się, że zainteresowanie konkursem jest ciągle duże.

Na bazie nagrodzonych prac przygotowywana jest wystawa, która prezentowana będzie m.in. w Młodzieżowym Domu Kultury, w Starostwie Powiatowym w Wieluniu oraz w Toruniu – podczas Ogólnopolskich Warsztatów Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, we wrześniu br.

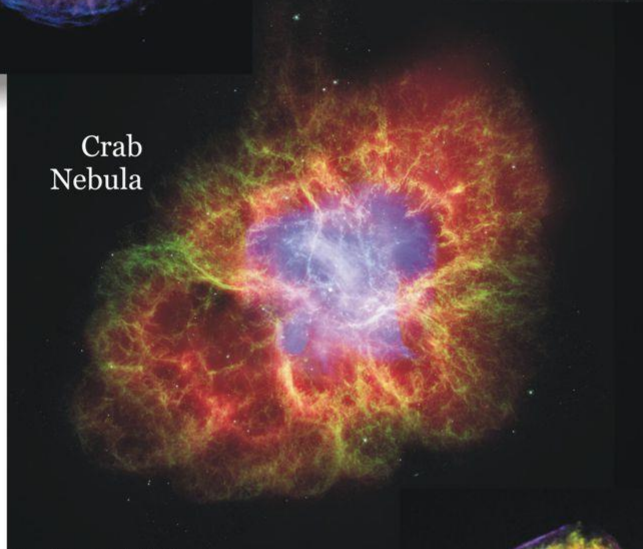
Pozostałości Supernowej Keplera



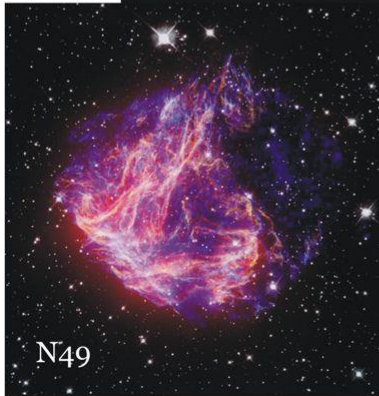
Supernova 1987A



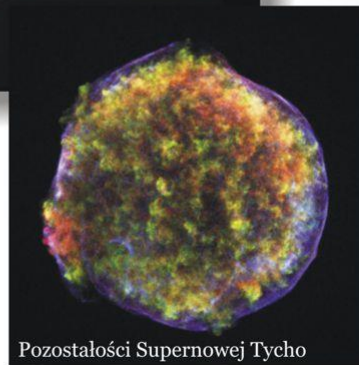
Crab
Nebula



N49



Pozostałości Supernowej Tycho



Supernowe

Zdjęcia: chandra.harvard.edu