

# Foton 78

JESIEN  
2002

Pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów

INSTYTUT FIZYKI X UNIwersYTET JAGIELLOŃSKI  
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



PRZEDSZKOLE FIZYKI — ZAKOPANE 2002

- Wyróżnienie PAU dla podręcznika Rozenbajgierów i Kreinera!
- Ks. Prof. M. Heller o kosmologii



Zygmunt Przeniczny (1926–2002)

6 lutego 2002 roku zmarł **dr Zygmunt Przeniczny**, długoletni Redaktor Naczelny czasopisma dla nauczycieli *Fizyka w Szkole*. Odszedł człowiek bardzo prawy, mądry i oddany całym sercem sprawie nauczania fizyki. Przysłużył się tej sprawie jak mało kto, w rozmaitych trudnych czasach. Ponieśliśmy dotkliwą stratę. Wspomnienia o Zmarłym i sprawozdanie z uroczystości pogrzebowych zostało zamieszczone w **2** numerze (kwiecień-czerwiec 2002) *Fizyki w Szkole*.

---

Na okładce: Ela Gajda uczestniczka Przedszkola 2002 (fot. ZG-M).



## Fizyka w nowym liceum

Co zrobić, by czas dany nam na nauczanie fizyki wykorzystać najlepiej? Co znaczy: najlepiej? Czy jest możliwe równoczesne zadbanie o uczniów z klas ogólnych i tych, którzy być może zechcą w przyszłości studiować fizykę i przedmioty techniczne?

Są obecnie z grubsza dwie wizje. Wedle jednej należy w liceum osobno uczyć fizyki wg kursu podstawowego, a osobno kursu poszerzonego. Inna propozycja to pierwszy wspólny rok, a następnie w kursie poszerzonym pogłębianie wiedzy i przygotowanie do studiów.

Istnieją poważne argumenty i kontrargumenty dla każdej z tych propozycji. W tej chwili nauczyciele dysponują podręcznikami odpowiednimi do wybranej strategii. Proponuję uważną lekturę *Fotonu* i stron internetowych PTF/Sekcja Nauczycielska oraz *Fizyki w Szkole*.

Jednym z argumentów za osobnym i innym nauczaniem wg kursu poszerzonego jest istnienie bardzo utalentowanej młodzieży, która wstępując do liceum, jest już przygotowana do intensywnej nauki i ma do tego chęci i zapał. Nasi uczniowie zbierają laury na konkursach i olimpiadach. Czy będą nadal, jeśli pogłębioną naukę zaczną pobierać dopiero na półtora roku przed maturą?

Jak dobrzy bywają uczniowie, można się zorientować ze spisu wykładów, jakich ze zrozumieniem (to widać było z zadawanych pytań) wysłuchali uczestnicy Przedszkola 2002. Zamieszczony w tym zeszycie *Kącik zadań* i artykuł Ludomira Zommery podsuwają Państwu zadania, które można przerobić, by pogłębić rozumienie elektrostatyki. Nie zachęcam jednak do tych zadań, gdy nie ma czasu na porządną dyskusję na lekcji.

Mamy nadzieję, iż z przyjemnością przeczytają Państwo wywiad Barbary Warczak z Ks. Profesorem Michałem Hellerem (uwaga: zupełnie przypadkowa zbieżność imienia i nazwiska z uczestnikiem Przedszkola w Zakopanem). Kosmologia fascynuje uczniów. Artykuł Andrzeja Staruszkiewicza również powinien znaleźć zainteresowanych czytelników wśród uczniów.

Z ogromną przyjemnością donoszę Państwu, iż tak stara i szacowna instytucja jak Polska Akademia Umiejętności pochyliła się nad problemem podręczników szkolnych i po wnikliwych recenzjach postanowiła przyznać wyróżnienie podręcznikowi Wydawnictwa ZamKor autorstwa Rozenbajgierów i Kreinera.

Z.G-M



## Contents

Introduction – Physics in reformed High School <i>Zofia Goląb-Meyer</i> .....	1
Evolution of Cosmos and Cosmology <i>Michał Heller</i> .....	4
Cosmology – Science and Beauty <i>Barbara Warczak</i> .....	8
Mathematics of the fine structure constant <i>Andrzej Staruszkiewicz</i> .....	15
The World is suprising <i>Krzysztof Sacha</i> .....	19
Something about SQUIDS <i>Michał Rams</i> .....	24
A short story about two physicists abroad... <i>Ewa Tarasiewicz, Jerzy Tarasiewicz</i> .....	30
Experiments. After-dinner experimentation.....	36
Reading in English. Physics Project Scores in Siemens Westinghouse Competition.....	37
Does the end justify the means and the energy-conservation principle <i>Ludomir Zommer</i> .....	38
Problems <i>Sławomir Brzezowski</i> .....	42
New books.....	45
Can mechanics be understood as a space-time geometry? <i>Jan Czermiawski</i> .....	46
A comment by Andrzej Staruszkiewicz <i>Andrzej Staruszkiewicz</i> .....	48
Kindergarden of Physics in Zakopane 2002 <i>Zofia Goląb-Meyer</i> .....	49
Physics on Stage 2 Elżbieta Zipper.....	52
IX Competition for High School Students <i>Malgorzata Godlewska</i> .....	55
Chronicle. Polish Team – the winners in Odessa <i>Andrzej Nadolny</i> .....	57
Communicate Results of the X First Step to Nobel Prize in Physics <i>Waldemar Gorzkowski</i> .....	59
Competition. First Step to Nobel Prize in Physics.....	60
Communicate. The Award of the Polish Academy of Arts and Sciences for ZamKor textbooks.....	60
New Textbooks: for Senior High School, <i>OPERON editor</i> .....	61
Warning: Erroneous new encyclopedia – Andrzej Kajetan Wróblewski warns.....	62
Physics in the Internet.....	64
Popularizing Physics through video tapes <i>Wiktór Niedzicki</i> .....	65
Editorial News.....	67



## Spis treści

Wstęp – Fizyka w nowym liceum <i>Zofia Gołąb-Meyer</i> .....	1
Ewolucja kosmosu i kosmologii <i>Michał Heller</i> .....	4
Kosmologia – nauka i piękno <i>Barbara Warczak</i> .....	8
Matematyka stałej struktury subtelnej <i>Andrzej Staruszkiewicz</i> .....	15
„Dziwny jest ten świat” <i>Krzysztof Sacha</i> .....	19
Coś niecoś o SQUID-ach <i>Michał Rams</i> .....	24
A ten oto obraz przedstawia typowego ryzyka-fizyka.. <i>Ewa Tarasiewicz, Jerzy Tarasiewicz</i> .....	30
Kącik eksperymentatora. Doświadczenie na deser.....	36
Czytamy po angielsku. Physics Project Scores in Siemens Westinghouse Competition.....	37
Czy cel uświęca środki i zasada zachowania energii <i>Ludomir Zommer</i> .....	38
Kącik zadań <i>Sławomir Brzezowski</i> .....	42
Książki nadesłane .....	45
Czy mechanika jest geometrią czasoprzestrzeni? <i>Jan Czerniawski</i> .....	46
Odpowiedź Panu Czerniawskiemu <i>Andrzej Staruszkiewicz</i> .....	48
Przed szkole Fizyki w Zakopanem <i>Zofia Gołąb-Meyer</i> .....	49
Fizyka na Scenie 2 <i>Elżbieta Zipper</i> .....	52
IX Krakowski Konkurs Fizyczny dla uczniów szkół średnich <i>Małgorzata Godlewska</i> .....	55
Kronika. Polska drużyna zwycięzcą XV Międzynarodowego Turnieju Młodych Fizyków <i>Andrzej Nadolny</i> .....	57
Komunikat. Wyniki X Konkursu First Step to Nobel Prize in Physics <i>Waldemar Gorzkowski</i> .....	59
Konkurs. First Step to Nobel Prize in Physics.....	60
Komunikat. Wyróżnienie PAU .....	60
Nowe podręczniki. Fizyka i astronomia 1. Zakres rozszerzony. Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego.....	61
Ostrzeżenie. Niebezpieczna encyklopedia – Andrzej Kajetan Wróblewski ostrzega .....	62
Fizyka w Internecie – między innymi: Wywiady z autorami podręczników przeprowadzone przez Adama Smólskiego .....	64
Wybrane środki popularyzacji fizyki <i>Wiktor Niedzicki</i> .....	65
Komunikaty Redakcji .....	67



## *Ewolucja kosmosu i kosmologii*

*Michał Heller*

*Papieska Akademia Teologiczna w Krakowie*



Jako wprowadzenie do wywiadu z Ks. Profesorem Michałem Hellerem proponujemy fragment z książki:

*Ewolucja kosmosu i kosmologii*, Michał Heller, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1985

[...]

### **Scenariusz kosmicznej ewolucji**

Umowna chwila  $t = 0$ . Ale tak naprawdę wielka biała plama. Biała plama, którą mamy nadzieję, wypełni w przyszłości kosmologia kwantowa, zbudowana na podstawie poeinsteinowskiej, kwantowej teorii grawitacji.

Chwila  $t = 10^{-44}$  s. Gęstość materii wynosi  $10^{94}$  g/cm<sup>3</sup>, temperatura  $10^{33}$  K. Jest to era Plancka, zwana inaczej epoką progę; mniej więcej w tym momencie przestają odgrywać rolę kwantowe efekty grawitacji, prawa ogólnej teorii względności stopniowo, ale stanowczo zaczynają obejmować całkowitą dominację. Z chwilą gdy dominacja ta stała się faktem dokonany, nabiera sensu pytanie o geometryczną strukturę czasoprzestrzeni. I tu otwierają się dwie możliwości, obydwie niesprzeczne z tym, co wiemy na temat młodego Wszechświata: albo świat jest przestrzennie anizotropowy, ale anizotropia ta, pod wpływem dziejących się wówczas procesów fizycznych (np. jak sądzą niektórzy, na skutek lepkości fotonów lub neutrin), szybko wygładza się, przechodząc w izotropowość, albo też przestrzeń Wszechświata jest izotropowa od samego początku. Wybór jednej z tych dwóch możliwości istotnie zmienia scenariusz pierwszych ułamków sekund koniecznej ewolucji, ale nie ma większego wpływu na to, co będzie się działo potem (chyba że zbyt późno chwilę wygładzania się anizotropii).

Przy tak wysokich temperaturach na geometrycznej arenie, opisywanej równaniami ogólnej teorii względności, główną rolę odgrywają tzw. oddziaływania silne, czyli hadronowe. Są to oddziaływania utrzymujące razem protony i neutrony w jądrach atomowych. Ich zasięg jest bardzo krótki, gdyż wynosi zaledwie  $10^{-13}$  cm, ale są to oddziaływania naprawdę „silne”. Dwa, odpowiednio zbliżone do siebie, protony przyciągają się oddziaływaniem hadronowym 100 razy silniej, niż odpychają się wzajemnie siłami elektromagnetycznymi, a  $10^{40}$  razy silniej, niż przyciągają się siłą grawitacji. Główną składową materii w tej epoce stanowią hadrony i antyhadrony, czyli cząstki oddziałujące na siebie silnie; epokę tę nazywamy erą hadronową.

Im bliżej epoki progu, tym dziwniejsze rzeczy (z punktu widzenia naszej znajomości fizyki) dzieją się na arenie świata. Tak na przykład odpowiednio blisko planckowskiego progu samo pojęcie cząstki zaczyna tracić sens, a to dlatego, że odległość, poza którą nie może się przedostać żaden sygnał fizyczny, zaczyna być porównywalna z rozmiarami samej cząstki: teoretycy zwykli mawiać, iż cząstka wypełnia sobą cały „horyzont”. W miarę oddalania się od progu, tak łatwo generującego paradoksy, nasza wiedza staje się coraz „bezpieczniejsza”, ale dokładne odtworzenie scenariusza zdarzeń jest ciągle niemożliwe z powodu niedorozwoju obecnej fizyki wysokich energii. Mniej lub bardziej prawdopodobnymi (ale nie nieprawdopodobnymi!) hipotezami wypełniamy braki naszej wiedzy. Należy jednak podkreślić, że niepewności co do „szczegółów” ery hadronowej nie są znaczące dla odtworzenia późniejszych dziejów świata. Istotne znaczenie ma tu fakt, iż w pierwszych sekundach swojej ewolucji Wszechświat znajdował się w stanie termicznej równowagi, a to, co dzieje się w stanie termicznej równowagi, zależy tylko od praw mechaniki statystycznej, a nie od poprzedzającej historii. Stąd, gdy cofamy się w czasie wstecz i napotykamy stan równowagi, możemy nie troszczyć się zbyt, co było przedtem (jeżeli tylko potrafimy opanować wrodzoną człowiekowi ciekawość) bez obawy o poprawność całej naszej dotychczasowej rekonstrukcji.

Chwila  $t = 10^{-4}$  s. Gęstość zmalała już do wartości  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup>, a temperatura do  $10^{12}$  K. Wszechświat staje się za chłodny dla hadronów, które zderzając się z antyhadronami, zamieniają się w promieniowanie. Główną składową Wszechświata stanowią: elektrony, mezony  $\mu$ ; neutrino oraz ich antycząstki. Wszystkie te cząstki oddziałują na siebie tzw. siłami słabymi, czyli leptonowymi. Stąd nazwa cząstek – leptony i nazwa tego okresu ewolucji – era leptonowa. Zgodnie ze swoją nazwą oddziaływanie słabe jest  $10^{14}$  razy słabsze od silnego (jądrowego), ale mimo to znacznie silniejsze od grawitacyjnego. Świat jest jeszcze ciągle bardzo gęsty, leptony nieustannie zderzają się ze sobą i znajdują się, tak jak przedtem hadrony, w stanie równowagi termodynamicznej.

Ważne wydarzenie miało miejsce, gdy zegar kosmicznej ewolucji wskazywał godzinę  $t = \text{ok. } 2 \text{ s}$ . Temperatura spadła wtedy do tego stopnia, że droga swobod-

na neutriny wydłużyła się tak, iż cząstki te przestały praktycznie oddziaływać z innymi postaciami materii. Nastąpiło odłączenie się neutrino od procesów ewolucyjnych. Odłączone neutrino, po odpowiednim ostudzeniu spowodowanym ekspansją Wszechświata, powinny dziś istnieć równomiernie rozłożone w przestrzeni, podobnie jak pole promieniowania tła. Obserwacyjne wykrycie „neutrino tła” byłoby bardzo mocnym potwierdzeniem standardowego modelu Wszechświata i dostarczyłoby informacji wprost z ery leptonowej. Niestety, właśnie fakt, że neutrino bardzo słabo oddziałują z innymi postaciami materii, stawia przed przyszłymi obserwatorami neutrino kosmicznych ogromne trudności techniczne.

Chwila  $t = 10$  s. Gęstość  $10^4$  g/cm<sup>3</sup>, temperatura  $10^{10}$  K. Koniec panowania dynastii leptonów. Elektrony i pozytony zamieniają się na promieniowanie. Główną składową świata stają się fotony, czyli promieniowanie elektromagnetyczne. Świat wkracza w erę promienistą. Na przełomie ery leptonowej i promienistej resztki protonów i neutronów, ocalała z pogromu (anihilacji) końca ery hadronowej, łączy się w jądra helu. Badanie rozkładu helu we Wszechświecie jest ważnym testem kosmicznym, niesie ono informacje z okresu, w którym historia świata toczyła się dopiero od kilku sekund.

W dalszym ciągu Wszechświat rozszerza się, gęstość materii maleje, temperatura staje się coraz niższa. Nieznaczne ilości innych cząstek są zanurzone w morzu fotonów, czyli promieniowania elektromagnetycznego. Niejako „obok”, nie biorąc udziału w innych procesach, istnieje pole neutrino. Ekspansja trwa nieustannie, ale ewolucja jakby zmęczyła się, coraz rzadziej następują istotnie ważne zdarzenia.

W ten sposób minęło ok. 1 000 000 lat, gęstość zmalała do  $10^{-21}$  g/cm<sup>3</sup>, temperatura do 30 000 K. Teraz droga swobodna fotonów wydłużyła się tak, że z kolei one wyłączają się z ciągu ewolucyjnych procesów. Formuje się to, co nazywamy dziś promieniowaniem tła i co zostało obserwacyjnie odkryte przez Penziasa i Wilsona w 1956 roku. Dzięki temu zyskaliśmy bezpośredni wgląd w koniec ery promienistej. Prawie równocześnie rozgrywa się drugie ważne wydarzenie. Ocalałe z procesów anihilacji w poprzednich erach protony i elektrony łączą się w atomy wodoru. Z czasem wodór staje się główną składową materii, oprócz pól neutrino i elektromagnetycznego.

Gaz wodorowy z domieszką helu, powstałego jeszcze na przełomie er leptonowej i promienistej (hel pierwotny), był początkowo rozłożony mniej więcej równomiernie, ale przypadkowe zagęszczenia stały się źródłem silniejszego przyciągania grawitacyjnego. Ten tzw. mechanizm grawitacyjnej niestabilności, zapoczątkował proces powstawania galaktyk lub nawet gromad galaktyk. Na skutek analogicznego procesu w galaktykach zaczęły powstawać gwiazdy. Ewolucja świata wkroczyła w erę galaktyczną.

Proces powstawania gromad galaktyk i galaktyk jest wielką białą plamą na standardowym modelu kosmicznym. Istnieje na ten temat kilka częściowo konkurujących ze sobą, a częściowo uzupełniających się hipotez. Z pewnością niestabil-



ność grawitacyjna odgrywała istotną rolę w genezie galaktyk i ich gromad. Czy jednak tylko ona? Czy nie trzeba przyjąć jeszcze innych, „pomocniczych” czynników? Jak obserwacyjnie rozstrzygnąć problemy różnych hipotez? Pytania te do dziś w dużej mierze pozostają otwarte.

Chcąc dalej śledzić ewolucję Wszechświata, kosmologia musi odwołać się do pomocy innych dyscyplin. I tak teoria ewolucji gwiazd została dobrze opracowana przez astrofizykę. W erze galaktycznej astrofizyka uzupełnia obraz kreślony przez kosmologię. Inna dyscyplina, zwana teorią nukleosyntezy kosmicznej lub astrofizyką jądrową, uczy o powstawaniu pierwiastków chemicznych we wnętrzach masywnych gwiazd. Bez pomocy astrofizyki jądrowej świat kosmologii byłby światem gazu wodorowo-helowego powstałego we wcześniejszych fazach ewolucji pola, promieniowania elektromagnetycznego i pola neutrin. W takim świecie nie mogłoby powstać ani życie, ani rozumny badacz-observator. Tu właśnie biologia powinna wyjaśnić, w jaki sposób na jednej z planet krążących wokół przeciętnej gwiazdy w dość typowej galaktyce powstało życie. Niestety, współczesna biologia tego nie czyni. Odnosi ona ogromne sukcesy, ale jest nadal bardzo odległa od rozwiązania zagadki życia. A wydaje się, że dopóki tego nie zrobi, nie będziemy mogli całkowicie sensownie postawić pytania o możliwości życia we Wszechświecie poza planetą Ziemią. Wprawdzie i na ten temat zapisano już tony papieru, ale twórczość ta stanowi w najlepszym wypadku literaturę z pogranicza *science fiction*. A z tego rodzaju pomocy kosmologia, jako nauka z ambicjami, korzystać nie może.

Wprawdzie współczesny obraz kosmicznej ewolucji utkany jest wieloma znakami zapytania, pokrywa on jednak wielki obszar: od pierwszych ułamków sekundy od początkowej osobliwości aż do kosmicznego teraz, gdy zegar wskazuje czas  $t = 15\text{--}20$  miliardów lat, gęstość materii wynosi  $10^{-31}\text{--}10^{-28}$  g/cm<sup>3</sup>, a temperatura 2,7 K. Ekspansja trwa.



## Kosmologia – nauka i piękno

Z Ks. Prof. Michałem Hellerem rozmawia Barbara Warczak

*Tkwi w nas naturalna ciekawość świata,  
która jest chyba częścią naszego genetycznego wyposażenia,  
a w każdym razie kulturowego.*

Ks. Prof. Michał Heller

*Barbara Warczak – Serdecznie dziękuję za to, iż kolejny raz znalazł Ksiądz Profesor czas dla Czytelników FOTONU. I choć za sprawą nowych władz oświatowych reforma oświaty znalazła się w odwrocie, wielu nauczycieli, w tym także nauczycieli przyrody w szkole podstawowej, czeka na kolejne spotkanie z Księdzem Profesorem.*

\* \* \*

**BW** – *Jest Ksiądz Profesor znanym i cenionym popularyzatorem fizyki, w tym zagadnień bardzo trudnych, takich jak kosmologia. Jakie są podstawowe problemy w popularyzowaniu tych równie trudnych co interesujących tematów?*

**Ksiądz Profesor Michał Heller** – Pierwsza trudność, chyba zasadnicza, to ta, że popularyzacja nauki nie trafia tam, gdzie powinna trafiać. Nasze media są bowiem dosyć szczelnie zamknięte na popularyzację. Owszem, są tzw. programy edukacyjne, są programy popularnonaukowe, ale, po pierwsze, nie są one łatwe do odnalezienia; po drugie, emitowane są na trudno dostępnych liniach. Potencjalny słuchacz czy widz, który chciałby się tym zainteresować, po prostu nie wie, że coś takiego istnieje, nie znajdzie tego. Uważam, że jest to ogromny błąd, gdyż nauka należy do kultury. Jeśli będziemy propagować wyłącznie heavy metal, to nasza kultura będzie ogromnie zubożona. To jest podstawowa trudność. Oczywiście popularyzacja nauki napotyka także na inne trudności. W takich naukach, jak fizyka, kosmologia, matematyka, problemem jest znaleźć sposób nadawania trudnym treściom zrozumiałej formy. Powinna ona być oczywiście taka, by jednocześnie tych treści nie zniekształcić, poza niezbędne minimum uproszczenia. To są trudności, z którymi zawsze boryka się popularyzator.

**BW** – *Model kosmologiczny nierozłącznie związany jest z pojęciem czasu i przestrzeni. Czy mógłby Ksiądz Profesor określić znaczenie rozumienia tych pojęć w tworzeniu modelu, np. porównując czas i przestrzeń w modelu Galileusza-Newtona i Einsteina.*

**MH** – Tutaj popularyzator jest w nieco lepszej sytuacji, bo mimo wszystko tematy kosmologiczne ludzi fascynują. Chociaż dzisiaj wiedza ogólna na ten temat jest bardzo mała, to jednak takie tematy, jak czas i przestrzeń, budzą ogromne zainteresowanie, a to właśnie one odgrywają w modelu kosmologicznym podstawową rolę. W modelu kosmologicznym czas i przestrzeń są nierozłączne, mówi się więc o czasoprzestrzeni. U Galileusza i Newtona czas i przestrzeń były sztywną sceną, na której zachodziły wszystkie procesy, ale scena nie miała na nie wpływu, nie oddziaływała z nimi. U Einsteina scena czasoprzestrzenna staje się współaktorem. Ta scena może się wyginać, odkształcać, zakrzywiać, w zależności od tego, co się na niej dzieje. Właśnie te odkształcenia przestrzeni Einstein zinterpretował jako pole grawitacyjne.

**BW** – *Jakie są główne cele badań kosmologicznych, na jakie pytania pragniemy znaleźć odpowiedź?*

**MH** – Przede wszystkim cel jest taki jak każdej nauki. Tkwi w nas naturalna ciekawość świata, która jest chyba częścią naszego genetycznego wyposażenia, a w każdym razie kulturowego. Czasami mówi się, że nauka ma przede wszystkim cele praktyczne, tzn. powinna dawać ludziom panowanie nad naturą czy też sukcesy ekonomiczne. To wszystko oczywiście jest prawdą, ale ja myślę, że nawet gdyby nauka tego wszystkiego nie dawała, to ludzie i tak by ją uprawiali, bowiem pytanie: Jaki jest świat? jest niezmiennie ważne i ciekawe. Już małe dziecko, które jeszcze nie ma żadnych interesów ekonomicznych, stawia pytania: Skąd się wziąłem? Jaki jest świat? Dziecko myśli oczywiście o swoim świecie, a więc pewnie pyta: Jaki jest otaczający mnie pokój, ten, w którym mieszkam? Co to jest? To jest jedno z najstarszych pytań ludzi.

**BW** – *Modele kosmologiczne nieodparcie pokazują, jak ważne w badaniach są sprawy metodologiczne. Myślę o dążeniu do tego, aby model (teoria) był zupełny i samowarty. Co to znaczy w odniesieniu do modelu fizycznego, w szczególności do modelu kosmologicznego?*

**MH** – W badaniach kosmologicznych bardzo ważne są sprawy metodologiczne. We wszystkich badaniach są one ważne, ale zwłaszcza w kosmologii. Nie pozbawione słuszności jest powiedzenie, że największym osiągnięciem nowożytnej nauki jest wynalezienie naukowej metody matematyczno-empirycznej. W kosmologii rola metody jest ważniejsza niż w innych naukach, gdyż w kosmologii mamy do czynienia z dużym stopniem uogólnienia. To, co znamy empirycznie, to jest zawsze bezpośrednie otoczenie, laboratorium fizyczne czy też przestrzeń najbliższa naszej Ziemi. Natomiast ambicją kosmologii jest zbadać także te obszary czasu i prze-

strzeni, które są od nas bardzo daleko. Tymi obszarami nie potrafimy bezpośrednio manipulować i dlatego tę wiedzę, zdobytą tu i teraz, musimy uogólnić na obszary bezpośrednio nam niedostępne. Aby w trakcie tego uogólnienia nie nastąpiły jakieś karkołomne zabiegi, które zniekształcą tę uogólnioną wiedzę, musimy się trzymać bardzo twardo metodologii. Stąd niektórzy uważają, że właśnie w kosmologii jest większy udział filozofii niż w innych dziedzinach nauki. Można się z tym spierać, ale udział metodologii jest na pewno bardzo duży. Natomiast co do zupełności i samowartości modelu, to jest to pewien ideał, do którego dąży nie tylko model kosmologiczny, ale i każda teoria. W szczególności jednak model kosmologiczny musi być logicznie domknięty, to znaczy, że do swojego uzasadnienia nie powinien wymagać założeń z zewnątrz. Odnośnie do wszechświata jest to teza o wydźwięku filozoficznym, gdyż niemal łączy się z pytaniami teologicznymi. Niemniej metodologia kosmologii wymaga, ażeby postępować tak jak we wszystkich innych teoriach. A więc po prostu wszystko wyjaśniać za pomocą praw. Rodzi się oczywiście natychmiast bardzo trudne dla kosmologa pytanie, zresztą nie tylko dla kosmologa, ale i dla fizyka: Skąd się biorą prawa? Są rozmaite koncepcje, o dwóch najczęściej przytaczanych już rozmawialiśmy podczas poprzedniego spotkania, przypomnę je krótko. Według jednej – prawa fizyki są uprzednie w stosunku do wszechświata, zanim on powstał, prawa już obowiązywały. Druga koncepcja jest przeciwna – prawa fizyki są pewnym aspektem struktury wszechświata, który my wydobywamy i nazywamy prawami. Bardziej atrakcyjna filozoficznie jest druga koncepcja, lecz gdy fizyk czy kosmolog bada jakieś zagadnienie, to oczywiście *a priori* zakłada istnienie praw. Oczywiście te prawa są modyfikowane, zmieniane w razie konieczności. Było już wiele rewolucji w fizyce. Jest to ciekawy problem wychodzący poza samą fizykę. Pytając o naturę i pochodzenie praw, stajemy się trochę filozofami.

**BW** – Pytanie o „początek” jest pytaniem o zdarzenia poza progiem Plancka. W swoich doskonałych książkach (przynajmniej tych, które znam) odwołuje się Książ między innymi do modeli Tryona i Hartlego-Hawkinga, który nazywa Książ modelem H-H. Na podstawie jakich założeń zbudowano te modele?

**MH** – Tak, rzeczywiście w swoich książkach odwoływałem się do modelu H-H. Model ten w tej dziedzinie ma ważną pozycję, gdyż jest to jedna z wcześniejszych prób zmierzenia się z problemem samego powstania wszechświata. Wykorzystując prawa fizyki kwantowej, model ten pokazywał, że świat rzeczywiście mógł powstać z niczego, na zasadzie czegoś, co fizycy nazywają kwantowym tunelowaniem. Ale tutaj właśnie doskonale widać, że Hartle i Hawking musieli coś założyć. Założyli mianowicie istnienie praw fizyki kwantowej. Gdyby tego nie zrobili, nie mogliby ruszyć z miejsca. Czyli tak naprawdę to stworzenie z niczego w ich ujęciu jest

stworzeniem z praw mechaniki kwantowej. Ten model ma znaczenie historyczne, dzisiaj byłoby trudno przy nim obstawać. Istnieją różne scenariusze, niektóre pochodzą od samego Hawkinga. Dziś on i jego szkoła zajmują się modelem strun, membran i analogicznych tworów wielowymiarowych. Obecnie modeli jest bardzo dużo i to one stanowią następną generację po modelu H-H.

**BW** – *Jakie znaczenie dla nauki i jej dalszego rozwoju mają, jak je Książd określa w swoich książkach, „zabawowe (zabawkowe) teorie”?*

**MH** – Zabawowe czy zabawkowe teorie w historii nauki odgrywają ogromną rolę. Myślę, trochę przewrotnie, że takim pierwszym zabawkowym modelem była pierwsza zasada dynamiki Newtona – ciało, na które nie działa żadna siła, porusza się ruchem jednostajnym po linii prostej. W zasadzie nie ma takich ciał, na które nie działają żadne siły. Jest to zatem daleko idąca idealizacja, coś w rodzaju modelu zabawkowego. Ale rola tego modelu w historii nauki jest kolosalna. Bardzo często, gdy zmagamy się z jakąś trudną teorią, gdy równania matematyczne przekraczają nasze aktualne możliwości, upraszczamy problem maksymalnie. Staramy się wnioskować coś o tych niemożliwych do otrzymania rozwiązaniach z tych, które potrafimy otrzymać. Tak właśnie było w modelu H-H, który stanowił tylko pierwszy etap całej generacji coraz to lepszych modeli.

**BW** – *Czego możemy w najbliższym czasie oczekiwać, jakich kolejnych modeli kosmologicznych, jakich informacji z nich płynących?*

**MH** – Wkraczamy w epokę bardzo owocną dla kosmologii. Już na orbicie jest satelita, który ma zastąpić COBE, a jak wiadomo wyniki, których dostarczył COBE, dokonały przewrotu w kosmologii. Dostarczył bowiem tyle informacji na temat wczesnego wszechświata, że dzisiaj nikt już nie wątpi w naukowość kosmologii. W tej chwili spodziewamy się jeszcze dokładniejszych wyników. Planowane bowiem są kolejne kosmiczne misje satelitarne. Sądzę, że w ciągu dziesięciu lat napływ danych obserwacyjnych będzie tak duży, że nie tylko uda nam się, w co wierzę, potwierdzić model standardowy, ale także rozstrzygnąć całą masę zagadnień wewnątrz tego modelu. Ludzie nieraz mówili o rewolucji w kosmologii, jednak w ostatnich latach takiej rewolucji nie było. Dane obserwacyjne pięknie potwierdzają model standardowy, natomiast to, co czasami nazywa się rewolucją, to są pewne uzupełnienia pozwalające na wyjaśnienie tych aspektów teorii, co do których były jakieś wątpliwości.

**BW** – *Gdzie jest granica naszych dociekań, naszych możliwości poznania, jeśli takowa istnieje?*

**MH** – Stworzenie teorii ostatecznej napotyka na istotne ograniczenia. Najbardziej czytelna bariera to bariera finansowa. Trzeba by budować ogromne urządzenia. Nie jest to możliwe, zatem te teorie muszą być mniej lub bardziej spekulatywne. Oczywiście ludzie zawsze będą nad tym pracować i myślę, że tym kryterium poprawności, które zostanie zastosowane, będzie spójność z dotychczasowymi teoriami. Jeśli bowiem da się połączyć całą dotychczas znaną fizykę w jedną teorię, to będzie to bardzo mocny argument za poprawnością tej teorii. Wymaga się, aby była korespondencja z dotychczasowymi teoriami, aby było ładne przejście do teorii znanych dzisiaj. To kryterium, choć bardziej estetyczne niż empiryczne, będzie odgrywać w tym wypadku bardzo dużą rolę. Jest pewna niewielka szansa, moim zdaniem bardzo niewielka, że teorie dotyczące ery przedplanckowskiej da się potwierdzić bezpośrednio. Niektóre z nich przewidują np. istnienie pewnych egzotycznych cząstek, których inne teorie nie przewidują. Gdyby udało się taką cząstkę odnaleźć we wszechświecie, wówczas byłaby ona tym empirycznym potwierdzeniem. Jest to jedyna nadzieja teoretyków, którzy zajmują się tymi zagadnieniami.

**BW** – *Często słyszy się, że te najnowsze teorie, teorie strun, o których Książd Profesor wspominał, są apriorycznie niepotwierdzalne doświadczalnie. Czy to stwierdzenie jest prawdziwe?*

**MH** – Nie jest to całkiem prawda. Teoria strun jest niepotwierdzalna w tym sensie, że nie możemy osiągnąć takich energii, które pozwoliłyby ją wprost potwierdzić. Taka energia nie jest osiągalna. Natomiast konkretne potwierdzenie poprzez poszukiwanie skutków tych teorii w świecie nie jest wykluczone, choć niezbyt prawdopodobne. Dlatego niektórzy mówią, że to już nie jest fizyka. Ja myślę, że to jest fizyka, tylko że metoda fizyki staje się dziś bardziej elastyczna. Ale to jest kwestia, w pewnym sensie, definicji fizyki.

**BW** – *Które z odkryć empirycznych spowodowały, że kosmologia rozwijała się dalej i dalej, tworząc coraz bardziej zadziwiające modele?*

**MH** – Myślę, że w dziedzinie kosmologii były dwa takie odkrycia. W pierwszej połowie naszego stulecia było nim niewątpliwie przesunięcie ku czerwieni długości fal światła docierającego do nas od odległych obiektów kosmicznych. Odkrycie to w ogóle umożliwiło start kosmologii. Spowodowało, że przestała ona być zabawą starszych panów po godzinach urzędowych<sup>1</sup>, że nabrała kontaktu z doświadczeniem. Co prawda były jeszcze wówczas spory, jak zinterpretować to odkrycie,

---

<sup>1</sup> Aluzja dotyczy zapewne osoby Alberta Einsteina, który, jak pamiętamy, był urzędnikiem w biurze patentowym, a fizyką zajmował się właśnie po godzinach pracy.

ale nie ulega wątpliwości, że po raz pierwszy już nie tylko Słońce, ale cały wszechświat się poruszył. To było odkrycie na miarę przewrotu kopernikowskiego. Drugie odkrycie, w drugiej połowie stulecia, to jest oczywiście odkrycie promieniowania tła, tego promieniowania, które jest reliktem wielkiego wybuchu. Badając to promieniowanie, badamy świat taki, jakim był jakieś 300 000 lat po Wielkim Wybuchu. Jest to fotografia świata sięgająca bardzo, bardzo daleko wstecz, prawie na drugi dzień po Wielkim Wybuchu. Co więcej, o ile pierwsze odkrycie uwiarygodniło geometrię wszechświata, o tyle drugie otworzyło możliwość rozwoju fizyki wszechświata. Promieniowanie tła można bowiem mierzyć, można badać rozmaite parametry charakteryzujące to promieniowanie. Właśnie z tych pomiarów dowiadujemy się o fizycznych warunkach, jakie panowały w bardzo młodym wszechświecie.

**BW** – *A dzisiejsza walka o „policzenie” neutrin? W jednej ze swych książek wspomina Książd Profesor, że mogą one odegrać w kosmologii podobną rolę jak promieniowanie reliktowe.*

**MH** – Tło neutrin byłoby rzeczywiście jeszcze jedną fotografią, pozwoliłoby zrobić jeszcze jeden krok dalej. To byłoby niewątpliwie jeszcze jedno znaczące odkrycie, ale na razie nie zostało ono zrobione. Próbuje rejestrować neutrina z bliższych źródeł. Jednak czy to odkrycie przyniesie informacje, tej rangi co promieniowanie reliktowe, w to wątpię. Neutrina niezwykle słabo oddziałują z materią, zatem są ogromne trudności z ich rejestracją. Oczywiście kolejnym zdjęciem byłaby mapa grawitonowa. Gdyby udało się zarejestrować fale grawitacyjne pochodzące z Wielkiego Wybuchu, moglibyśmy powiedzieć, że widzimy Wielki Wybuch. Jest to jednak jeszcze większa futurologia niż życzenia dotyczące neutrin.

**BW** – *Na zakończenie, jeśli Książd pozwoli, przejdźmy do początku naszego spotkania, a więc do problemu edukacji. Przed jakimi niebezpieczeństwami przestrzega Książd Profesor nauczycieli, którzy (ciągle jeszcze mam nadzieję, że tak będzie) już niedługo będą dyskutować z młodzieżą o poruszonych przez nas problemach w ramach zajęć szkolnych?*

**MH** – Niebezpieczeństwa czyhają z dwu stron. Z jednej strony, gdy chce się przedwcześnie nauczyć ucznia tego, co powinien studiować na uniwersytecie. Ten błąd powoduje, że uczeń jest zniechęcony, odpychany przez przewyższający jego możliwości materiał. Nauka wówczas jest kierowana jedynie do geniuszy, a ci i tak sobie poradzą. Z drugiej strony, nie jest dobrze, gdy nauka ogranicza się tylko do opowiadania, używania słów: wszechświat aczasowy, superstruny. To działa na

wyobraźnię i powoduje wielki zamęt, a nawet może i maniactwo naukowe. To zagrożenie uważam za groźniejsze.

**BW** – *Które modele kosmologiczne powinny zatem znaleźć się w podręcznikach szkolnych, aby dać uczniom pojęcie o kosmologii i ich zainteresować?*

**MH** – Myślę, że standardowe trzy modele Friedmanna: zamknięty, płaski i rozszerzający się. One z jednej strony są koncepcyjnie proste, można nawet nie odwołując się do ogólnej teorii względności, pozostając przy teorii Newtona, naszkicować, skąd się wzięły. Można opowiedzieć o ich strukturze, gdyż ewolucję czasową widać na wykresie, a przestrzeń zamkniętą, płaską i otwartą można przedstawić za pomocą dwuwymiarowych modeli. Modele te pokazują także warianty końca świata – może nastąpić końcowa osobliwość albo roztopienie w pustce. Co więcej, one dobrze pasują do obserwacji. Być może żaden z nich nie jest dokładnie prawdziwy, może będzie trzeba przyjąć model ze stałą kosmologiczną (w tych trzech modelach jest ona równa 0). Niemniej jednak te modele dają dobre przybliżenie. Co więcej, wszystkie trzy rozwiązania, w miarę zbliżania się do początku świata, nieograniczenie zbliżają się do siebie. Czyli tak naprawdę jest obojętne, który z nich weźmiemy pod uwagę. Proponowałbym zatem modele Friedmanna. Sam na różnych odczytach czy przy innych okazjach chętnie się do nich odwołuję.

**BW** – *Serdecznie dziękuję za to kolejne i nam nadzieję nieostatnie spotkanie z Księdzem Profesorem.*

\* \* \*

*Kosmologia kwantowa*, Michał Heller, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2001

Ta niezwykła książka pozwala czytelnikowi nieoswojonemu z kosmologią dowiedzieć się czegoś więcej o modelach Friedmanna, superstrunach, progu Plancka, kwantowej kreacji z niczego... O jej niezwyklej wartości niech zaświadczą słowa Profesora Hellera zawarte we wstępie: *Nierozwiązane problemy też coś mówią i o Wszechświecie, i o nas samych. Wszechświat wcale nie musi być przystosowany do naszych możliwości poznawczych, a my nieustannie powinniśmy uczyć się właściwych proporcji: człowiek nie jest miarą Wszechświata, lecz jego cząstką – zanedbywalnie małą, ale subtelnie wplątana w najbardziej istotne powiązania kosmicznej struktury. Nie tylko Wszechświat jest wyzwaniem dla człowieka. Człowiek jest wyzwaniem dla samego siebie.*

BW





## Matematyka stałej struktury subtelnej<sup>1</sup>

Andrzej Staruszkiewicz

Instytut Fizyki UJ

Stała struktury subtelnej to bezwymiarowa kombinacja trzech podstawowych stałych przyrody: stałej Plancka, prędkości światła i ładunku elektronu; jeżeli stałą Plancka pomnożymy przez prędkość światła i podzielimy przez kwadrat ładunku elektronu, to otrzymamy liczbę bezwymiarową równą wg najnowszych danych [1] 137,0359... Na liczbę tę natknął się po raz pierwszy Arnold Sommerfeld w swojej quasiklasycznej, ale relatywistycznej teorii atomu wodoru z 1916 roku. Sommerfeld miał pewną skłonność do pitagorejsko-platońskiego mistycyzmu w stylu Keplera; od razu uznał, że liczba ta musi mieć jakąś treść matematyczną. Znaczy to mniej więcej tyle, że musi istnieć rozumowanie matematyczne, odwołujące się do podstawowych zasad mechaniki kwantowej, teorii względności i elektrodynamiki, które wyznacza podaną wyżej wartość stałej struktury subtelnej jako jedynie możliwą. Sommerfeld przekazał tę ideę swoim dwóm wielkim uczniom, Heisenbergowi i Pauliemu. Obaj przez całe życie zastanawiali się nad pochodzeniem numerycznej wartości stałej struktury subtelnej. W przypadku Pauliego można by mówić wręcz o obsesji na temat stałej struktury subtelnej. Świadczy o tym wiele jego bezpośrednich wypowiedzi [2], a także następujące zdarzenie, które Charles Enz, ostatni asystent Pauliego, zrelacjonował, w przedmowie do amerykańskiego wydania *Elektrodynamiki* Pauliego [3]: „Dla Pauliego centralnym problemem elektrodynamiki było pojęcie pola i istnienie ładunku elementarnego dającego się wyrazić przez stałą struktury subtelnej równą  $1/137$ . Ta podstawowa liczba niezwykle fascynowała Pauliego, jak widać ze spisu odnośników do tej książki. Dla Pauliego wyjaśnienie liczby 137 było sprawdzianem poprawności teorii pola, sprawdzianem, którego żadna teoria dotychczas nie przeszła z powodzeniem. Liczba 137 stała się magicznym symbolem w momencie śmierci Pauliego. Gdy odwiedziłem go w szpitalu, spytał mnie z troską, czy zauważyłem numer jego pokoju: 137!. W pokoju tym Pauli zmarł kilka dni później”.

Badania, których zadeklarowanym celem jest obliczenie stałej struktury subtelnej, nabrały trochę złej sławy po tym, jak znakomity astrofizyk Sir Arthur Stanley Eddington opublikował swoje dziwaczne i nie dające się zrozumieć książki [4], w których rzekomo obliczył stałą struktury subtelnej. Eddington wraz ze swoją teorią stał się przedmiotem żartów; między innymi Hans Bethe, późniejszy laureat

---

<sup>1</sup> Artykuł z książki *Matematyka jako siła ewolucji kultury* pod redakcją Andrzeja Pelczara, Polska Akademia Umiejętności, Komisja Historii Nauki, Monografie 2, Kraków 2000.

nagrody Nobla, przedstawił następujące wyprowadzenie numerycznej wartości stałej struktury subtelnej:

$$137 = 1/2 (273 + 1)$$

273 to wzięta z minusem temperatura zera bezwzględnego. Bezsensowność tego wyprowadzenia polega na tym, że liczbę mającą wymiar stopni Kelvina przyrównuje się do liczby bezwymiarowej. Żart Bethego jest więc takim samym nonsensem, jak tak zwana numerologia, szerząca się w zastraszający sposób we współczesnych massmediach. Śmieszne natomiast jest to, że żart ten został opublikowany przez bardzo prestiżowe niemieckie czasopismo naukowe.

Pomimo niesławy, jaką Eddington ściągnął na stałą struktury subtelnej, pierwotna myśl Sommerfelda została dość powszechnie uznana za prawdziwą. Świadczy o tym chociażby następująca wypowiedź Alberta Einsteina [5]:

*„Prędkość światła  $c$  należy do wielkości, które występują w równaniach fizycznych jako «stałe uniwersalne». Jeśli wszakże zamiast sekundy wprowadzi się odcinek czasowy, w którym światło przebywa 1 cm,  $c$  znika z równań. W tym sensie można powiedzieć, że stała  $c$  jest jedynie *p o z o r n i e* uniwersalna.*

*Oczywisty i ogólnie przyjęty jest fakt, że z fizyki można by usunąć jeszcze dwie stałe uniwersalne, gdyby zamiast grama i centymetra wprowadzić odpowiednio dobrane «jednostki naturalne» (na przykład masę i promień elektronu).*

*Jeśli się to robi, to w podstawowych równaniach fizyki mogą się pojawić tylko stałe «bezwymiarowe». Chciałbym w tym miejscu przedstawić pogląd, który obecnie może się opierać tylko na wierze w prostotę, czyli poznawalność rozumową natury: nie istnieją *a r b i t r a l n e* stałe tego rodzaju; innymi słowy, natura ma tę właściwość, że da się sformułować prawa logicznie tak silnie zdeterminowane, że pojawiają się w nich tylko stałe całkowicie określone rozumowo (a więc nie takie, których wartości liczbowe można zmienić, nie niszcząc teorii)”.*

Jak zatem, ażeby użyć słów Einsteina, sformułować prawa logicznie tak silnie zdeterminowane, że stała struktury subtelnej zostaje przez nie numerycznie określona? Jest to pytanie dotyczące teorii fizycznej, która nie istnieje, a więc jest to pytanie o struktury matematyczne nie rozpoznane jeszcze jako te, które umożliwiają obliczenie stałej struktury subtelnej. Jak je sobie wyobrazić? Jaki aspekt zagadnienia jest kluczem do jego rozwiązania? Na wołowej skórze nie spisałoby się prób obliczenia stałej struktury subtelnej, podejmowanych przez laików, którzy nie dostrzegają rzeczywistej skali trudności problemu. Ludzi tych można porównać bez żadnej przesady do tych nieszczęśników, którzy przez ponad 300 lat usiłowali udowodnić wielkie twierdzenie Fermata. Znacznie ciekawsze jest to, że próby takie podejmowali najwybitniejsi fizycy XX wieku. Stała struktury subtelnej była rzeczywistą motywacją za sławną pracą Diraca o monopolach magnetycznych [6], sam Dirac stwierdza to *expressis verbis*. Dirac zachował fascynację stałą struktury subtelnej przez całe życie. Świadczy o tym, poza wieloma wypowiedziami samego Diraca, następująca relacja Behrama Kursunoglu [7]: *„Opuszczając Cambridge*

pod koniec 1952 roku złożyłem wizytę Diracowi, ażeby powiedzieć mu, że otrzymałem stypendium postdoktorskie u Hansa Bethego w Cornell University. Dirac spytał mnie, czy pracuję dalej nad moją wersją teorii pola niesymetrycznego i czy potrafię obliczyć w jej ramach stałą struktury subtelnej? Odpowiedziałem: a czy Pan potrafi obliczyć tę stałą ze swojej teorii? Dirac odpowiedział: w przyszłości być może mi się to uda. Byłem wtedy młodym i bardzo naiwnym fizykiem i powiedziałem: w przyszłości być może mnie też się to uda. Po wielu latach i po wielu teoriach nikt nie zna odpowiedzi na to ważne pytanie”.

Heisenberg podał w latach 30. przybliżoną formułę dla stałej struktury subtelnej. Zrobił to, jak sam twierdzi, „*nur für Spaß*” (tylko dla zabawy), ale dość trudno w to uwierzyć wiedząc, że Heisenberg zakomunikował ową formułę Bohrowi, Pauliemu i Diracowi [8, 9]. Zdaje się też nie ulegać wątpliwości, że stała struktury subtelnej była rzeczywistą motywacją za poronioną teorią nieliniowego pola spinorowego, którą Heisenberg ogłosił w latach 50. Casimir usiłował obliczyć stałą struktury subtelnej jako warunek równowagi między siłą Coulomba a odkrytym przez siebie ciśnieniem Casimira, Pauli jako wynik znoszenia się poprawek radiacyjnych różnych rzędów, Adler jako zero nieskończonego rzędu jednej z funkcji opisujących polaryzację próżni w elektrodynamice kwantowej. Całkiem niedawno Edward Witten [10], jeden z najgłośniejszych dziś amerykańskich fizyków teoretyków, zaproponował strategię obliczenia tej stałej, która przypomina raczej *science fiction* niż fizykę teoretyczną.

Warto wiedzieć o tych próbach, bo rzucają one światło na to, co w tej kwestii jest istotne: nauką wyobraźnię i to, co można by nazwać naukowym poczuciem wartości. Jest bowiem tak, że pomysłów takich, jak te opisane wyżej, można zgłosić nieskończenie wiele. Udowadnianie za każdym razem, że nie są one trafne, zajęłoby więcej czasu niż obalanie kolejnych „dowodów” wielkiego twierdzenia Fermata. Od tej niepotrzebnej straty czasu może nas uchronić tylko wyobraźnia naukowa i wyczulenie na to, co stanowi naukowy banał. Bardzo dobrze ujął to Clifford Truesdell [11]: „*Taste is acquired by those who can face questions, especially insoluble questions*”.

#### Literatura

- [1] The European Physical Journal C 3 (1998), s. 69
- [2] Wolfgang Pauli, *Writings on Physics and Philosophy*, Springer Verlag, 1994
- [3] *Pauli Lectures on Physics: Electrodynamics*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1973
- [4] Arthur S. Eddington, *Relativity Theory of Protons and Electrons*, Cambridge University Press, 1936; *Fundamental Theory*, Cambridge University Press, 1949
- [5] Albert Einstein, *Zapiski autobiograficzne*, Wydawnictwo Znak, Kraków 1996, s. 37
- [6] P. A. M. Dirac, Proc. Roy. Soc. A 133 (1931), s. 60
- [7] *Reminiscences about a great physicist: Paul Adrien Maurice Dirac*, Cambridge University Press, 1990, s. 290

- 
- [8] Wolfgang Pauli, *Scientific Correspondence*, Vol. II, Springer Verlag, 1985
- [9] Helge Kragh, *Dirac, A Scientific Biography*, Cambridge University Press, 1992. Z książki tej należy korzystać z wielką ostrożnością, gdyż zawiera niesłychaną wprost liczbę „misprintów”. To zaiste *signum temporis*, że Cambridge University Press uczciło takim bublek pamięć człowieka, którego Lord Snow nazwał największym Anglikiem XX wieku.
- [10] Edward Witten, *Physics Today*, May 1997, s. 28
- [11] Clifford Truesdell, *Great Scientists of Old as Heretics in „the Scientific Method”*, University Press of Virginia, Charlottesville 1987, s. 94



## „Dziwny jest ten świat”

*Krzysztof Sacha*

*Instytut Fizyki UJ*

Rozwój nauki, w szczególności fizyki, przyczynił się do ogromnego postępu technologicznego, którego świadkami jesteśmy w dzisiejszych czasach. Odkrycia naukowe pozwalają łatwiej żyć, mniej chorować, szybciej podróżować, mieć nieograniczony dostęp do informacji. Nauka oprócz praktycznego wymiaru ma jednak jeszcze jedno oblicze – kształtuje światopogląd. Oba wymiary odkryć naukowych przeplatają się wzajemnie, często trudno uświadomić sobie, że to, jak widzimy i odbieramy otaczający nas świat, zależy od tego, jak wiedza ukształtowała nasz światopogląd. Przykłady można oczywiście mnożyć. Przypomnijmy choćby dzieło Mikołaja Kopernika. Dzisiaj czymś naturalnym jest, że Ziemia i inne planety Układu Słonecznego krążą wokół Słońca, ale pamiętajmy, że wiele pokoleń (aż do XVI wieku) żyło i umierało ze świadomością, że Ziemia jest centrum Wszechświata.

Z lekcji fizyki wszyscy znamy prawo ruchu Newtona

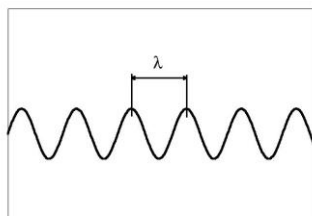
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad (1)$$

które wiąże przyspieszenie  $\vec{a}$  ciała o masie  $m$  z siłą  $\vec{F}$  przyłożoną do tego ciała. Prawo Newtona pozwala obliczyć położenie i prędkość ciała w chwili późniejszej pod warunkiem, że znamy położenie i prędkość w chwili obecnej. Dzięki Newtonowi możemy wyznaczyć ruch rzuconej piłki, ruch samochodów, planet, statków kosmicznych i wielu innych ciał. To z pozoru niewinne prawo ma jednak daleko bardziej idące konsekwencje. Wynika z niego, że jeżeli znamy terażniejszość, jesteśmy w stanie przewidzieć przyszłość. Oczywiście w praktyce nie jest to możliwe, ponieważ nie potrafimy dokładnie „zmierzyć terażniejszości”. Nawet najbardziej precyzyjny przyrząd dokonuje pomiaru ze skończoną dokładnością, a więc i „teraźniejszość” jesteśmy w stanie określić tylko z pewnym błędem. Początkowy błąd – nawet bardzo mały – szybko będzie się powiększał i po krótkim czasie okaże się, że o jakimkolwiek przewidywaniu przyszłości nie może być mowy.

Nie jesteśmy w stanie przewidzieć przyszłości, bo nie potrafimy zmierzyć dokładnie „stanu terażniejszości”, jednak reperkusje prawa Newtona pozostają. Teraźniejszość jest określona nawet bez naszej wiedzy, a więc i przyszłość jest już ustalona. Nic nie potrafimy zmienić, bo wszystko zostało już ukartowane. Można by takie wnioski wyciągać, gdyby mechanika klasyczna była ostateczną teorią opisującą nasz świat. Istnieje jednak bardziej fundamentalna teoria, której konse-

kwencje są odmienne. Teoria ta nosi nazwę „mechanika kwantowa” (bądź „mechanika falowa”). Aby wyjaśnić choć w przybliżeniu mechanikę kwantową, musimy przypomnieć sobie, co to jest fala.

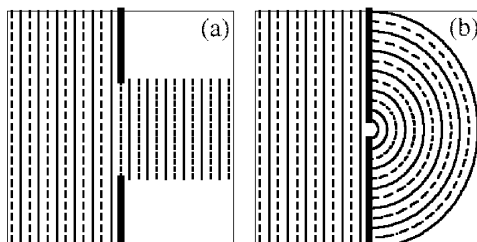
Z falami spotykamy się na co dzień: gdy rzucimy kamień do wody, mówimy, że na wodzie rozchodzą się fale mechaniczne, słyszymy dzięki falom dźwiękowym, widzimy tylko dlatego, że istnieją fale elektromagnetyczne, choć czasem trudno nam uwierzyć, że za zmysł widzenia odpowiedzialne są fale. Światło wydobywające się z latarki skłonni byśmy traktować raczej jako wiązkę promieni, które kończą swoją propagację, kiedy trafią na przeszkodę, niż jako rozchodzącą się falę. Zupełnie inaczej postrzegamy dźwięk – nie musimy zwracać się w kierunku konkretnej osoby, aby nas ona usłyszała, dźwięk bowiem rozprzestrzenia się wszędzie. Co wyróżnia zatem tak odmienne postrzeganie dźwięku i światła? Różnica leży w wartości parametru zwanego długością fali. Jeśli zrobilibyśmy zdjęcie fali (**rysunek 1**), to odległość między dwoma sąsiednimi maksimami jest właśnie długością fali  $\lambda$ .



**Rysunek 1.** Rysunek przedstawia wykres fali w przestrzeni w pewnej chwili w czasie. Odległość między sąsiednimi maksimami, jak zaznaczono na rysunku, odpowiada długości fali  $\lambda$

Jeśli fala trafia na przeszkodę (lub przechodzi przez otwór), której rozmiary są znacznie większe niż długość fali, jak ma to miejsce w przypadku światła padającego na otaczające nas przedmioty, propagację fali możemy traktować jako propagację promieni (**rysunek 2a**). Jeśli natomiast wielkość przeszkody staje się porównywalna z długością fali (dźwięk), opis przy użyciu promieni załamuje się, ponieważ fala ulega silnemu ugięciu na przeszkodzie (**rysunek 2b**). O naturze falowej światła możemy się łatwo przekonać, gdy popatrzymy na źródło światła przez bardzo wąską szczelinę wykonaną np. z aluminiowej folii naciętej zyletką. Światło, przechodząc przez szczelinę, ulega „rozmazaniu”, można nawet zaobserwować jasne i ciemne prążki dyfrakcyjne. Ciekawe jest to, że ewolucja wybrała dla nas dwa bardzo różne narzędzia komunikacji: dźwięk, który nie pozwala na określenie dokładnego położenia, ale świetnie nadaje się do przekazywania infor-

macji między ludźmi, i światło, które znakomicie pozwala określić położenie obiektów, ale jest mniej wygodne do komunikacji, ponieważ w tym przypadku konieczny jest wzrokowy kontakt między osobami.



**Rysunek 2.** Część (a) przedstawia propagację fali przez otwór w przesłonie, którego rozmiary są znacznie większe niż długość fali. Fala praktycznie nie ulega ugięciu, zatem w pełni usprawiedliwione jest użycie pojęcia „promień” w tym przypadku. W części (b) prezentowana jest sytuacja, gdy rozmiar otworu staje się porównywalny z długością fali. Fala ulega silnemu ugięciu i nie możemy powiedzieć, że – tak jak w części (a) – wiązka równoległych promieni przechodzi przez otwór w przesłonie

Jeśli wokół nas jest tyle różnych fal (mechaniczne, akustyczne, elektromagnetyczne), to naturalne staje się pytanie, czy materia – coś namacalnego i trwałego – to również fala? Pytanie takie zadał na początku XX wieku francuski fizyk Louis de Broglie, stawiając następnie hipotezę, że z ruchem ciała o masie  $m$  i prędkością  $v$  związana jest fala o długości

$$\lambda = \frac{h}{mv}, \quad (2)$$

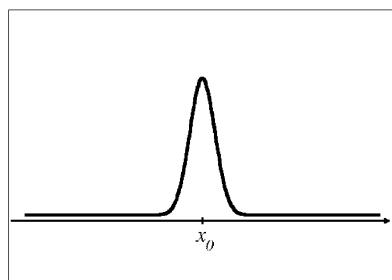
gdzie  $h$  jest tzw. stałą Plancka. W kilka lat później Davisson i Germer przeprowadzili doświadczenie, podczas którego zaobserwowali interferencję fal materii, kiedy wiązka elektronów przechodziła przez wąskie szczeliny, jakie tworzyły płaszczyzny sieci krystalicznej. Był to tego typu obraz, jaki można obserwować, patrząc na źródło światła przez wąską szczelinę.

Jeśli elektrony mogą zachowywać się jak fala, rodzi się pytanie, dlaczego rozglądając się dookoła, nie widzimy efektów interferencji np. krzesła z taborettem? Odpowiedzi należy szukać w wartości długości fali  $\lambda$ . Upraszczając znacznie rzeczywistą sytuację, założmy, że jestem ciałem punktowym o masie  $m = 70$  kg, które porusza się z prędkością  $v = 1$  m/s. Ze względu na to, że stała Plancka ma bardzo małą wartość ( $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  J s), długość fali związanej ze mną jest niezwykle mała, wynosi  $\lambda = 9,4 \cdot 10^{-34}$  cm. Jest to niewyobrażalnie mała wartość – dla przykładu rozmiar najmniejszego atomu jest 10 bilion bilionów razy większy! Gdy porównamy długość fali z rozmiarami otaczających nas obiektów, nie po-

winniśmy się dziwić, że patrząc na siebie nawzajem, nie obserwujemy efektów falowych. Zupełnie wystarczy, jeżeli będziemy mówić, że poruszamy się jak „promienie”.

Przyczyną małej wartości  $\lambda$  jest duża masa: 70 kg to ogromna wartość, jeżeli porównamy ją z masą elektronu równą  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg. Uważny czytelnik zauważy, że z wzoru (2), wynika iż zmniejszenie prędkości  $v$ , z jaką się poruszamy, powoduje zwiększenie długości fali  $\lambda$ . Załóżmy, że chcemy zmniejszyć prędkość na tyle, żeby długość fali stała się porównywalna z szerokością drzwi. Wymagana w tym przypadku prędkość musiałaby być tak mała, że pokonanie odległości równej kilku metrom zajęłoby nam nieporównywalnie więcej czasu niż wiek Wszechświata. Utwierdza to nas w przekonaniu, że nie jesteśmy w stanie zaobserwować efektów falowych otaczających nas obiektów za pomocą zmysłów.

Pozostaje jeszcze pytanie, co to są fale materii? Fale na wodzie to zaburzenie rozchodzące się w cieczy, w przypadku fali dźwiękowej mamy do czynienia z zaburzeniem rozchodzącym się w powietrzu. Fale elektromagnetyczne nie wymagają żadnego ośrodka do rozchodzenia się, ponieważ są to drgania pola elektrycznego i magnetycznego. Cóż to są więc fale materii? Odpowiedź jest nie mniej szokująca niż sam fakt, że w odniesieniu do materii zaczęliśmy używać pojęcia „fala”. Otóż okazuje się, że fale materii należy traktować jako fale prawdopodobieństwa! Oznacza to, że jeśli zapytamy, gdzie w danej chwili znajduje się pewne ciało, to nie jesteśmy w stanie podać definitywnej odpowiedzi. Możemy jedynie stwierdzić, z jakim prawdopodobieństwem w danym miejscu możemy je zaobserwować. Położenia elektronu nie da się zaznaczyć przez nakreślenie jednego punktu w przestrzeni. Możemy powiedzieć, że elektron jest zlokalizowany wokół pewnego punktu, tylko wtedy gdy prawdopodobieństwo wokół tego punktu przyjmuje dużą wartość, a w pozostałym obszarze jest znikomo małe (**rysunek 3**).



**Rysunek 3.** Wykres amplitudy fali prawdopodobieństwa w przestrzeni. Duża wartość amplitudy wokół punktu  $x_0$  oznacza, że cząstka z dużym prawdopodobieństwem jest zlokalizowana wokół punktu  $x_0$



Z prawa Newtona wynika, że znając terażniejszość, możemy przewidzieć przyszłość. Okazuje się jednak, że nie potrafimy dokonać dokładnego pomiaru „stanu terażniejszości”, a więc i przewidywanie przyszłości wymyka się nam. Oczywiście terażniejszość jest określona nawet bez naszej wiedzy, a więc przyszłość jest już zdeterminowana. Powiedzieliśmy także, że istnieje teoria bardziej fundamentalna niż teoria Newtona, nosząca nazwę mechaniki kwantowej. W ramach mechaniki kwantowej już sama terażniejszość o jakiej myślał Newton, nie jest określona, cóż więc mówić o przyszłości?

Mechanika kwantowa z pewnością może wydawać się absurdalną, ponieważ przywykliśmy do tego, jak wygląda świat postrzegany zmysłami. Mogę zapewnić, że elektron też na pewno bardzo by się „zdziwił”, gdyby mógł spojrzeć na świat naszymi oczami. Siła przyzwyczajenia jest ogromna. Trzeba wysiłku, żeby wyrwać się z przyzwyczajenia i zobaczyć świat inaczej, świat różnorodny, bogatszy, niesamowity. Aby rozumieć fizykę i ujrzeć jej piękno, musimy być wytrwali. Trzeba sporo wysiłku, żeby wejść na szczyt, ale widok, który wtedy się otwiera, jest niesamowity, czego wam wszystkim serdecznie życzę.

[1] G. Białkowski, *Mechanika Kwantowa – o czym to jest?*, WSiP, Warszawa 1989



## Coś niecoś o SQUID-ach

Michał Rams  
Instytut Fizyki UJ

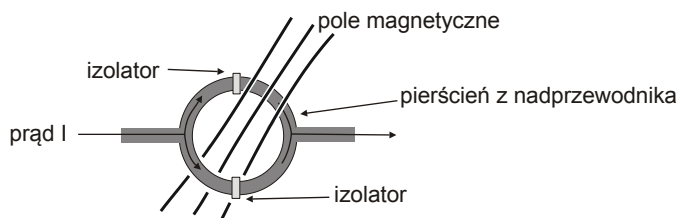
### 1. Wstęp

Wyraz SQUID jest skrótem od pełnej nazwy: Superconducting QUantum Interference Device. *Superconducting* oznacza, że SQUID zbudowany jest z materiału nadprzewodzącego, czyli takiego, który ma zerowy opór elektryczny i może przewodzić prąd bez żadnych strat. Określenie *Quantum Interference* jest znacznie bardziej subtelne i wiąże się z fizyczną podstawą działania SQUID-a. *Device* to po prostu urządzenie, przyrząd. Pod taką to nazwą kryje się niezwykle element elektroniczny, pozwalający mierzyć pole magnetyczne z dokładnością nieosiągalną dla innych czujników.

W artykule tym przedstawiona jest pokrótce budowa SQUID-a, zasada działania oraz jego zastosowanie do pomiaru słabych pól magnetycznych. W szczególności opisane są spektakularne pomiary pola wytwarzanego przez impulsy nerwowe, co pozwala śledzić pracę ludzkiego mózgu.

### 2. Budowa SQUID-a

Schemat ideowy SQUID-a pokazany jest na rys. 1. Skonstruowany jest on z drutu nadprzewodzącego złączonego w pierścień. W dwu miejscach obwód jest przerywany i rozdzielony cienką warstwą izolatora. W ten sposób powstają dwa złącza typu nadprzewodnik-izolator-nadprzewodnik, zwane złączami Josephsona. Całość uzupełniona jest dwoma doprowadzeniami, które łączą SQUID ze współpracującym układem elektronicznym.



Rys. 1. Pierścień nadprzewodnika z dwoma izolującymi złączami: DC-SQUID

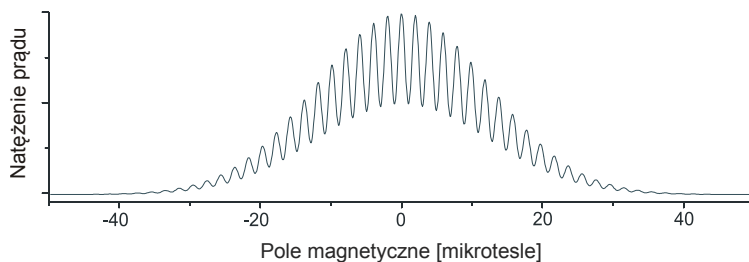
Wykonanie dobrej jakości układu nie jest jednak takie proste. Pętla typowego SQUID-a ma poniżej  $0,1 \text{ mm}^2$  powierzchni i wykonana jest z czystego niobu. Złącza robione są z tlenku niobu i mają grubość około 1 nanometra, czyli złożone są

z kilku tylko warstw atomów. Dlatego całość produkowana jest zwykle techniką litografii, podobnie jak robione są półprzewodnikowe procesory.

Gotowy SQUID można kupić jak zwykły element elektroniczny, choć ceny są dość wysokie. Na przykład w firmie Oxford Instruments układ zbudowany z niskotemperaturowych nadprzewodników kosztuje około 3000 USD, za podobny zrobiony z wysokotemperaturowych nadprzewodników trzeba zapłacić około 7000 USD. Ceny te nie obejmują niezbędnej elektroniki, która kosztuje co najmniej drugie tyle.

### 3. Zasada działania

Działanie SQUID-a opiera się na zjawisku interferencji, analogicznym do interferencji światła w słynnym doświadczeniu Younga z dwoma szczelinami. W SQUID-zie interferencja zachodzi jednak nie pomiędzy dwoma wiązkami światła, ale pomiędzy funkcjami falowymi w dwu nadprzewodzących połówkach pierścienia. Efekt w obu przypadkach jest podobny i to, czy interferencja jest konstruktywna, czy destruktywna, zależy od wzajemnej fazy dwu fal. W SQUID-zie faza fali jest związana z polem magnetycznym przechodzącym przez pętlę.



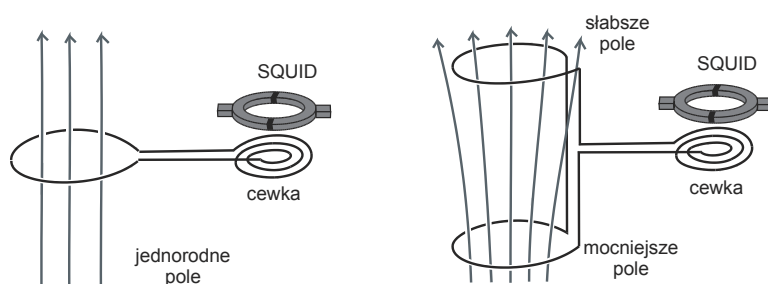
Rys. 2. Zależność natężenia prądu  $I$  od pola magnetycznego przechodzącego przez SQUID

Całkowity prąd  $I$ , który płynie przez SQUID przy stałym przyłożonym napięciu, zależy od pola magnetycznego, jak to jest pokazane na rys. 2. Jeżeli strumień pola magnetycznego  $\Phi$  przechodzącego przez pętlę (czyli iloczyn indukcji pola i powierzchni pętli) jest całkowitą wielokrotnością kwantu strumienia  $\Phi_0 = h/2e = 2,0678 \cdot 10^{-15} \text{ T} \cdot \text{m}^2$ , to natężenie prądu jest maksymalne. Jeżeli  $\Phi = (n+1/2)\Phi_0$ , to obserwuje się minima. Daje to oscylacje prądu w funkcji zewnętrznego pola, widoczne na rys. 2. Obwiednia krzywej jest wynikiem dyfrakcji związanej ze skończonymi rozmiarami złącz Josephsona, podobnie jak ma to miejsce przy dyfrakcji światła na szczelinie.

### 3. Czujniki pola magnetycznego

Bazując na opisanym powyżej efekcie, buduje się czujniki pola magnetycznego o czułości sięgającej kilku femtotesli ( $10^{-15}$  tesli). W praktycznych aplikacjach

mierzone pole magnetyczne nie przechodzi bezpośrednio przez pętlę SQUID-a, ale używa się dodatkowego obwodu z nadprzewodnika. Może on być skonstruowany tak, żeby mierzył pole magnetyczne, lub też może być nawinięty tak, by działał jako gradiometr, czyli mierzył przestrzenną zmianę pola (patrz rys. 3). Zmieniające się pole magnetyczne wytwarza w obwodzie nadprzewodzącym nieznikający prąd, ten z kolei wytwarza pole w cewce i dopiero to pole jest mierzone przez SQUID. Charakterystyka SQUID-a pozwala na pomiary słabych i zmieniających się sygnałów na tle ogromnego, ale stałego pola.



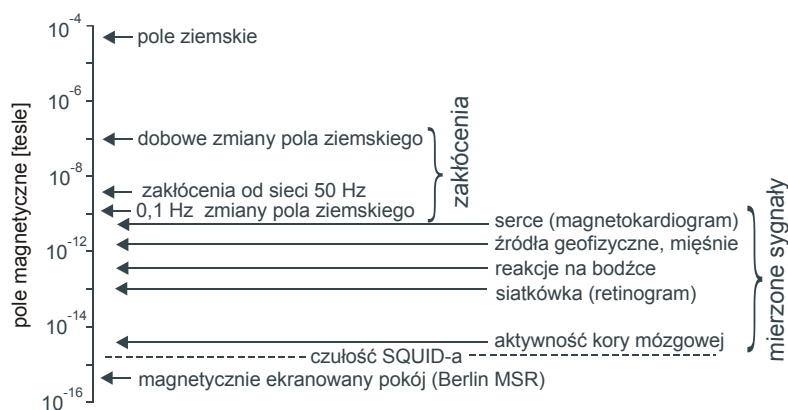
Rys. 3. Pętla czujnika pola (po lewej) i pętla czujnika gradientu pola (po prawej)

#### 4. Trudności

Podstawowym problemem związanym z użyciem SQUID-a jest fakt, że zbudowany musi być on z nadprzewodnika. Niestety, mimo wielu lat badań nie udało się dotychczas wyprodukować materiału, który byłby nadprzewodzący w temperaturze pokojowej. Najlepsze SQUID-y robione są z materiałów, które są nadprzewodzące jedynie w temperaturach poniżej 10 kelwinów ( $-263^{\circ}\text{C}$ ). Wymaga to chłodzenia takich układów za pomocą ciekłego helu, co jest dość kosztowne. Wyprodukowane kilka lat temu SQUID-y z wysokotemperaturowych nadprzewodników (HTSC) również wymagają chłodzenia, bo wbrew nazwie materiały te są nadprzewodzące dopiero poniżej  $-150^{\circ}\text{C}$ . Do chłodzenia wystarcza w tym przypadku użyć ciekłego azotu, znacznie tańszego niż ciekły hel. Urządzenia chłodzone ciekłym azotem mogą też być przenośne, co w niektórych zastosowaniach jest bardzo istotne, np. przy pomiarach geofizycznych. Niestety, SQUID-y z HTSC mają kilkakrotnie gorszą czułość niż te chłodzone helem.

Innym problemem przy pomiarach bardzo słabych pól są zakłócenia. Największym źródłem zakłóceń są znajdujące się w pobliżu przewody elektryczne, silniki, elektromagnesy i transformatory. Również ziemskie pole magnetyczne nie jest idealnie stałe i stanowi źródło szumów. Typowe wartości pola pochodzącego z różnych źródeł pokazane są na rys. 4. Niestety, zakłócenia są wielokrotnie większe niż sygnały pochodzące od najciekawszych obiektów badań. W celu eliminacji

zakłóceń stosuje się osłony ze specjalnych materiałów. Dla odcięcia wolnozmiennych pól magnetycznych używa się osłon z materiałów o bardzo dużej początkowej podatności magnetycznej, najlepiej z tzw. mu-metalu. Do odfiltrowania pól szybkozmiennych wystarczają osłony z dobrych przewodników, w których powstające prądy wirowe nie przepuszczają zmiennego pola magnetycznego. W najbardziej czułych pomiarach sensor wraz z próbką (pacjentem) zamykany jest w zbudowanym z grubych osłon pokoju, którego ściany ekranują wszelkie magnetyczne sygnały z zewnątrz.



Rys. 4. Porównanie pola magnetycznego pochodzącego z różnych źródeł. Zwróćcie uwagę na to, że skala jest logarytmiczna i wykres obejmuje wielkości różniące się  $10^{11}$  razy. Po lewej stronie zebrane są pola, które zakłócają pomiary. Po prawej: pola pochodzące od najciekawszych obiektów badań

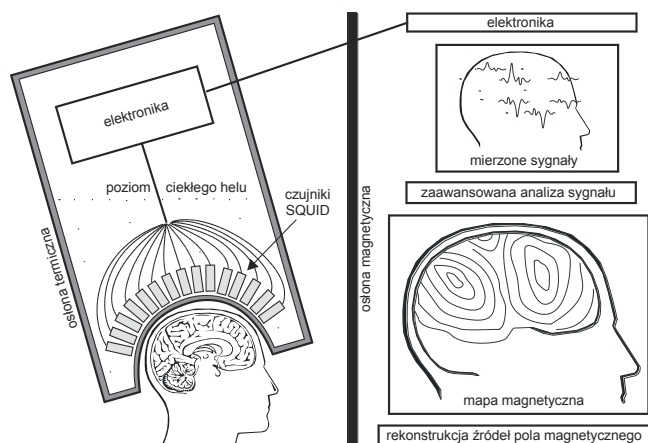
## 5. Najczulsze pomiary magnetyczne

### Magnetoencefalografia

Możliwość pomiaru bardzo słabych pól magnetycznych znalazła zastosowanie nie tylko w fizyce, ale również w medycynie i geofizyce. Największe zainteresowanie wzbudza magnetoencefalografia (MEG), czyli monitorowanie pracy ludzkiego mózgu poprzez pomiar produkowanego przez impulsy nerwowe pola magnetycznego. Wartość pola wzbudzanego przez grupę neuronów osiąga na zewnątrz czaszki 50–500 femtotesli. Aparatura służąca do takich pomiarów pokazana jest schematycznie na rys. 5.

Zespół od kilkunastu do kilkuset czujników znajduje się w temperaturze ciekłego helu, w próżniowej osłonie termicznej. Aparatura razem z pacjentem zamknięta jest w pokoju z kilkunastotonowymi osłonami magnetycznymi. Sygnały z wszystkich czujników są przekazywane na zewnątrz, wzmacniane, rejestrowane i anali-

zowane przez specjalistyczne oprogramowanie. Dzięki zmierzonej na powierzchni czaszki mapie magnetycznej możliwe jest odtworzenie rozkładu prądów, które wytwarzają takie właśnie pola magnetyczne.



Rys. 5. Schematyczne przedstawienie magnetoencefalografii

Informacja otrzymywana z MEG jest całkowicie różna od tej otrzymywanej z tomografii czy magnetycznego rezonansu. Dwie ostatnie techniki dostarczają informacji o anatomii, natomiast MEG daje obraz aktywności narządów. Rozdzielczość czasowa magnetoencefalografii jest rzędu 1 milisekundy, co pozwala dokładnie odczytać reakcje układu nerwowego na bodźce w czasie rzeczywistym. Również rozdzielczość przestrzenna jest niezła, co pozwala dokładnie zidentyfikować, który region mózgu wykazuje się aktywnością. W ten sposób można zobaczyć, która część odpowiada na bodźce wzrokowe, która na słuchowe, gdzie zlokalizowana jest pamięć, a gdzie zdolność mówienia.

### Badania geofizyczne

W niektórych skałach zapisana jest informacja, jaki był kierunek ziemskiego pola magnetycznego w chwili, gdy ta skała zastygała. Wyjaśnienie tego jest następujące. Żelazo w temperaturze ponad 770°C jest paramagnetykiem i nie może samo wytwarzać pola magnetycznego. Gdy skała zawierająca żelazo ochładza się poniżej tej temperatury, żelazo staje się ferromagnetykiem, a jego spontaniczne namagnesowanie przyjmuje kierunek zewnętrznego pola. Cała skała działa jak słabutki magnes. Współcześnie geolog może pobierać próbki skał, uważając, by dokładnie zapisać ich ułożenie względem stron świata, a potem w laboratorium zmierzyć, za pomocą magnetometru, jaki jest kierunek namagnesowania zebranych próbek.

Okazuje się, że ziemskie pole magnetyczne nie zawsze było takie, jak jest obecnie. W ciągu ostatnich 70 milionów lat bieguny magnetyczne zamieniły się około 170 razy. Do dziś jest zagadką, jaki proces prowadzi do takiej zamiany.

### **Nowe materiały, magnetometry**

Naukowcy odkrywają, a raczej tworzą, szereg nowych i ciekawych materiałów (patrz *Foton* 63). Pod tym określeniem kryją się zarówno nowo zsyntetyzowane związki chemiczne, jak i wykonane miniaturowe struktury. W badaniach takich potrzebne jest często wykonanie pomiarów magnetycznych. O ważności własności magnetycznych niech świadczy fakt, że działanie CD-ROM-ów czy słuchawek do walkmana bazuje na stosunkowo nowych materiałach, mających odpowiednie własności magnetyczne.

Do pomiarów własności magnetycznych służą magnetometry. W Instytucie Fizyki UJ działa od niedawna magnetometr firmy Quantum Design, wykorzystujący jako czujnik SQUID. Pozwala on mierzyć momenty magnetyczne o wartościach rzędu  $10^{-7}$  emu ( $\text{emu} = 10^{-3} \text{ J/T}$ ); dla porównania 1 gram żelaza daje sygnał około 200 emu. Pomiary takie można wykonywać w zakresie temperatur od 1,8 do 400 kelwinów i w polach magnetycznych do 5 tesli. W Polsce są cztery tego typu urządzenia, dwa w Warszawie, jedno we Wrocławiu i jedno właśnie w Krakowie.

### **SQUID na etacie szpiega**

Śledzenie łodzi podwodnych przeciwnika (bądź sojuszników) od lat jest wyzwaniem dla służb wywiadu. Potencjalną metodą wykrywania łodzi jest robienie pomiarów magnetycznego pola ziemskiego z nisko przelatującego satelity. Łodzie podwodne, podobnie jak wszystkie duże, żelazne obiekty, modyfikują pole magnetyczne w swoim sąsiedztwie. Zaburzenie pola ziemskiego jest na tyle wyraźne, że powinno być mierzalne ze sporej wysokości przy użyciu magnetometru opartego na SQUID-zie. Na oceanie statki są jedynymi dużymi, żelaznymi obiektami. Dlatego jeżeli takie zaburzenie pola ziemskiego się przemieszcza i jednocześnie nic nie widać na powierzchni, to znaczy, że coś musi płynąć ukryte pod powierzchnią. Niestety, prace nad takimi technikami są głęboko utajnione, więc trudno powiedzieć, czy jest to naprawdę realne, czy nie.

### **6. Zamiast podsumowania**

Warto wiedzieć, że pomiary magnetyczne to nie jedyne zastosowanie dla SQUID-u. Za jego pomocą z dużą dokładnością może być mierzona każda wielkość zamienialna na pole magnetyczne, w szczególności natężenie i napięcie prądu. SQUID działa w takim układzie jako stabilny przetwornik sygnału, dający bardzo duże wzmocnienie, rzędu  $10^8$  razy, przy znikomym szumach własnych. Przy pomiarach prądów osiągalna jest czułość rzędu  $10^{-12}$  ampera, a przy pomiarach napięcia dokładność sięga  $10^{-14}$  wolta.



## **A ten oto obraz przedstawia typowego ryzyka-fizyka...**

**(Czyli krótka opowiadanie o losach dwóch fizyków  
na obczyźnie)**

*Ewa Tarasiewicz, Jerzy Tarasiewicz*

Rzecz się dzieje w latach sześćdziesiątych zeszłego wieku. Właśnie ukończyliśmy fizykę na Uniwersytecie Jagiellońskim. Życie w ustroju komunistycznym niespecjalnie nam odpowiada. Postanowiliśmy zorganizować wyprawę na wyspę Principe, aby obserwować światło zodiakalne. Wymagało to załatwienia dwóch spraw: zbudowania łodzi (drobiazg, zajęło nam to zaledwie dwa lata) oraz uzyskania pozwolenia władz komunistycznych na opuszczenie Polski. Był to spory problem, szczególnie gdy wspominaliśmy o świetle zodiakalnym. Zmieniliśmy więc cel wyprawy: wyruszamy, aby przeprowadzać badania etnograficzne. Wyspy Principe jako celu wyprawy nie zmieniliśmy; to ładna nazwa.

Gdy wszystko było gotowe, pojawił się kolejny problem. Mieliśmy wspaniałą pracę. Ewa była asystentką w katedrze fizyki na Politechnice Krakowskiej, a Jerzy, starszy asystent na Uniwersytecie Jagiellońskim, miał własne laboratorium, zajmował się promieniowaniem wzbronionym w potasie. Jego bezpośrednim zwierzchnikiem był profesor Niewodniczański. Podczas jednej z wielu rozmów z profesorem Jerzy wspominał o możliwości wyjazdu i wątpliwościach związanych z zostawieniem, jak to określił, „ważnych spraw”.

– Jakich ważnych spraw? – spytał profesor.

– Na przykład fizyki.

– Panie kulego – tak profesor tytułował każdego, kto miał do czynienia z fizyką, począwszy od studenta pierwszego roku – mam sporo lat, więc i moje doświadczenia mają pewną wagę. Gdy kiedykolwiek mogłem gdzieś jechać i pojechałem, byłem z tego zadowolony; gdy mogłem jechać a nie pojechałem, żalowałem. Niech pan jedzie!

Po 18-dniowej podróży przez Atlantyk (od wyspy Hierro na Kanarach do Trynidadu w Indiach Zachodnich), co wtedy było rekordem dla łodzi o 19-stopowej linii wodnej, blisko 5 miesięcy po opuszczeniu Polski, wylądowaliśmy na Trynidadzie i zaczęliśmy szukać pracy. Wyjeżdżając z Polski, przemyciliśmy (w czasach komunistycznych nie wolno było wywozić „dewiz” bez specjalnego pozwolenia) fortunę w wysokości 20 dolarów.

Ewa otrzymała pracę jako nauczycielka w szkole prowadzonej przez siostry zakonne. Wkrótce i Jerzy został nauczycielem – w innej szkole w Scarborough. Na Tobago były wtedy tylko dwie szkoły średnie, obie w stolicy wyspy, Scarborough. Ludność Tobago składała się z kilkudziesięciu białych (wliczając w to



nas), kilkunastu Hindusów, kilku Chińczyków i 33 tysięcy Murzynów. Trynidad zamieszkiwało blisko milion ludzi, nieprawdopodobnie przemieszanych rasowo. Mulaci, Metysi, Murzyni, biali, Chińczycy, Hindusi w najróżniejszych odcieniach, Arabowie oraz wszystkie możliwe kombinacje. Podobnie najróżniejsze religie: katolicy, anglikanie, rozmaici protestanci, hinduiści, buddyści, mahometanie. Każda religia miała swoje dni świąteczne, każde święto było uznawane przez państwo. Pracowaliśmy tu przez trzy trymestry i nie pamiętam tygodnia bez święta – tydzień pracy nigdy nie miał więcej niż cztery dni. To nie było takie złe – niestety, płacono marnie i aby zarobić na inną, większą łódź, musieliśmy dorabiać.

Na wyspie mieszkał Hindus, który miał mały jachcik z zepsutym silnikiem, sieć oraz ochotę na zarobek na rybach. Po uruchomieniu łodzi weszliśmy w spółkę: my łapaliśmy ryby, a on je sprzedawał. Tuż przed zachodem słońca rzucaliśmy sieć na głęboką wodę, mocowaliśmy łódź do sieci, a rano wyciągaliśmy sieć, tak jak to robili tubylcy. Tak jak i tubylcy, łapaliśmy bardzo mało, głównie rekiny. Nocowanie na małej łodzi, silne prądy znoszące łódź wiele mil od wyspy psuły przyjemność. Postanowiliśmy zastawiać sieć w małych zatoczkach. Kotwiliśmy łódź blisko plaży, robiliśmy namiot z żagli, gotowaliśmy kolację na ognisku. Po przespanej nocy wyciągaliśmy sieć, prawie zawsze z dużą ilością ryb pomieszanych z langustami. Langusty nie miały na wyspie żadnej wartości. Nazywano je „sea louse”, czyli morskimi wszami – bardzo szybko się psuły. Rankiem robiliśmy więc wielkie śniadanie z langust, po czym dostarczaliśmy połów naszemu Hindusowi. Łowiliśmy ryby tylko w nasze wolne dni, ale i tak w ten sposób zarabialiśmy o wiele więcej, niż ucząc.

Szkoła była na niespodziewanie wysokim poziomie. Szczęśliwie dla uczniów, na Trynidadzie i Tobago pozostawiono stary system angielski. Grupy szkół w Anglii i wielu innych krajach należały do „systemu” związanego z kilkoma uniwersytetami angielskimi. Szkoła, w której uczył Jerzy, należała do „systemu” Uniwersytetu Londyńskiego. Wszystkie egzaminy, a było ich sporo, odbywały się w należących do „systemu” szkołach w tym samym dniu. Pytania dostarczano w zapieczętowanych kopertach, a były one, trzeba przyznać, trudne. Uczniowie Jerzego, których zaznajamiał on z matematyką i fizyką, świetnie sobie dawali radę. Zresztą nie mieli wyjścia, obłany egzamin zwykle oznaczał koniec nauki. Zgodę na powtarzanie roku można było uzyskać tylko w wyjątkowo ważnych przypadkach, na przykład w razie choroby czy długiej nieobecności spowodowanej trudną sytuacją rodzinną.

Szkołę tę dawno temu założył biskup Port of Spain (dlatego też nazywała się Bishop's High School), a urzędujący biskup, anglikanin, przyjeżdżał zawsze na koniec roku szkolnego, aby podziękować wszystkim za dobrą pracę. Całe ciało pedagogiczne stało równiutkim sznurem, a biskup i – ku naszej konsternacji – żona biskupa, czyli pani biskupowa, każdemu z osobna serdecznie dziękowali za wysiłek.

W szkole Ewy, prowadzonej przez siostry zakonne, koniec roku szkolnego był hucznie celebrowany tańcami i śpiewami. Ponieważ Tobago było kiedyś ko-

lonią polską (dokładniej: pozostawało pod władaniem rycerzy kurlandzkich, wasali króla polskiego), postanowiliśmy dodać do celebracji nieco elementów polskich. Od Polaka mieszkającego na Trynidadzie pożyczyliśmy płytę z krakowiakiem, skleiiliśmy z tektury czworokątne krakuski, wykombinowaliśmy pawie pióra. Ewa nauczyła swoje uczennice tańczyć krakowiaka. Bardzo to się wszystkim podobało.

Zebrawszy wystarczająco dużo pieniędzy, aby kupić łódź, wybraliśmy się na pobliską wyspę Cariacau, słynącą z budowy łodzi. Wiedzieliśmy, że jest tam dość znana łódź na sprzedaż, 37 stóp długości, dokładnie to, co chcieliśmy, po zaskakująco niskiej cenie. Na miejscu przekonaliśmy się, że łódź była faktycznie w świetnym stanie, bardzo szybka i zwrotna. Zaciekawiliśmy nas dziwny, brudnoszary kolor kadłuba. Właściciela, najwyraźniej bardzo poważanego, bo tytułowanego kapitanem, ucieszyło wrażenie, jakie zrobiła na nas łódź.

– Czemuś, kapitanie, pomalował łódź na taki dziwny kolor?

– Żeby jej nie było widać na morzu.

– Przed kim chcesz ją ukrywać, kapitanie?

– Przed celnikami, oczywiście.

Łódź słynęła jako przemytnicza. Celnicy zaś skoncentrowali swoją uwagę na nazwie „Amelia Mac”, tak że nawet jej szybkość i umiejętności kapitana nie pozwoliły na zyskowne rejsy.

Skończył się następny trymestr, opuściliśmy Tobago na „Amelia Mac”.

Kilka miesięcy spędziliśmy na Małych Antylach, potem popłynęliśmy do Curacao. Następnie zamierzaliśmy zatrzymać się w Kartaginie, w Kolumbii, i tam podnieść burty łodzi, przygotowując ją do podróży do Nowej Zelandii. W Nowej Zelandii mieliśmy nadzieję znaleźć pracę na uniwersytecie w Christchurch. Niestety, nie dopłynęliśmy do Kartaginy, straciliśmy łódź w sztormie kilkadziesiąt mil od wybrzeży Ameryki Południowej.

Otóż gdy sztorm cichnie, szybkość fali się zmniejsza. Powiedzmy, że fala ma wysokość ośmiu metrów. Tymczasem „stara” fala, pędzona szybszym wiatrem, podobnej wielkości, dogania „nową” falę, spiętrza się do nieomal podwojonej wysokości. Taka fala staje się bardzo stroma i załamuje się w postaci wielkiego grzywacza. Jeżeli łódź znajdzie się w niej, może zostać obrócona wokół swojej poprzecznej osi, rufa pójdzie w górę, ponad dziób, obróci się bardziej i wkrótce osiągnie swoją poprzednią pozycję. Rzadko kiedy łódź wytrzyma taką gimnastykę. Nasza nie wytrzymała, zatonięła w kilkadziesiąt sekund, ledwie udało się nam uwolnić bączka. Spędziliśmy na tym bączku kilkanaście godzin. Sztorm cichł, ale fale przewracały naszą małą łódkę wiele razy. Mieliśmy wiosła i naszym planem było dopłynięcie, gdy tylko sztorm ucichnie, do wybrzeża Ameryki Południowej. Szczęśliwie nie musieliśmy tego robić, o zachodzie słońca udało się nam zwrócić uwagę wielkiego tankowca, który płynął do Panamy.

Jerzy znalazł pracę w warsztatach Kanału Panamskiego. Naprawiał i kalibrował najróżniejsze instrumenty. Wkrótce nawiązaliśmy kontakt z Uniwersytetem

Panamskim. Kilka miesięcy wcześniej generał Torrijos zorganizował pucz i objął władzę. Wojsko zajęło uniwersytet, zakład fizyki był zupełnie zdemolowany. W laboratoriach aparatura i instrumenty leżały w stertach na podłodze. Znów otrzymaliśmy zatrudnienie, segregując, naprawiając, przygotowując wszystko na rozpoczęcie nowego semestru. Dostaliśmy ofertę: jeżeli nauczymy się hiszpańskiego na tyle, by móc wykładać w tym języku, otrzymamy pozycje profesorów. Mieliśmy na to sześć tygodni. Nauczyliśmy się i otrzymaliśmy obiecaną pracę.



Pensje miały być wspaniałe, ale budżet nowego rządu nie został jeszcze uchwalony, więc nie było pieniędzy na wypłatę owych dobrych pensji. Tymczasem General Electric miał problemy ze znalezieniem kogoś, kto mógłby zainstalować nową maszynę do radioterapii w szpitalu należącym do administracji Kanału Panamskiego. W jakiś sposób szef General Electric na Amerykę Centralną dowiedział się o Jerzym, który elektroniką praktyczną zajmował się od wielu lat, a teorię poznał dość dobrze pod kierunkiem dr. Śledziwskiego. Nie tylko więc mógł zainstalować tę maszynę, ale i miał przy tym świetną zabawę. Różne nowoczesne elementy, o których w Polsce tylko czytał, miał tu „pod ręką”. Po kilku tygodniach General Electric zaproponował mu pracę w Hondurasie. Pensja była o wiele gorsza niż na uniwersytecie, ale pewniejsza. Rzuciliśmy więc nasze posady w Panamie i nie sądząc, byśmy kiedykolwiek coś otrzymali, podaliśmy adres w Hondurasie z prośbą o przysłanie zaległych pensji. A jednak myliliśmy się – po kilku tygodniach, gdy już urządziliśmy się w stolicy Hondurasu, Tegucigalpie, nadeszły nasze kilkumiesięczne profesorskie pensje.

Honduras otrzymał miliony dolarów na podniesienie poziomu służby zdrowia. Budowano nowe szpitale – w nich instalowaliśmy aparaturę, głównie rentgenowską.

W Ameryce Centralnej wielką pasją jest piłka nożna. Gdy mecz z drużyną sąsiedniego San Salwadoru wygrał Honduras, przeciwnicy oskarżyli miejscowych o podtrucie. Salwadorska Dakota nadleciała nad Tegucigalpe, przez otwarte drzwi spadły dwie bomby, wymierzone w pałac prezydenta – jedna spadła w rzekę, a druga na pobliskie pole. Taki był początek „wojny futbolowej”. Wszystkie dostępne fundusze poszły do armii. Budowy szpitali i dostawy aparatury zostały wstrzymane.

Już w Panamie załatwiliśmy wizy do Stanów, zatem po kilkutygodniowych formalnościach poleciliśmy do Nowego Jorku. Znaleźliśmy zatrudnienie: Ewa

w jednym z nowojorskich szpitali, Jerzy na Uniwersytecie Nowego Jorku. Tymczasem Jerzy otrzymał ofertę pracy w Massachusetts, a ponieważ bardzo nie lubiliśmy Nowego Jorku, oferta została przyjęta.

Kompania Jerzego miała przedstawicielstwo holenderskiego Philipsa na całą Nową Anglię. Wkrótce i Ewa znalazła pracę w grupie fizyków zajmującej się planowaniem radioterapii w szpitalach w rejonie Bostonu. Były to czasy, kiedy komputery dopiero zaczynały wchodzić w użycie, kalkulatory elektroniczne jeszcze nie były znane, suwak logarytmiczny ciągle był niezastąpiony. Planowanie terapii to żmudna i odpowiedzialna praca. Maszyna, w której znajdowało się źródło promieniowania, kobalt 60, mogła poruszać się po łuku, a to dawało możliwość skoncentrowania wiązki w obszarze nowotworu, ale zarazem rozłożenia dozy na dużą powierzchnię skóry. Komplikowało to obliczenia. Poza tym trzeba było robić formy do odlewania ołowianych osłon ochraniających organy czułe na radiację. Później wykonywano próbne naświetlenia, sprawdzano wyniki na kliszy fotograficznej. Tak jak teraz, tak i wtedy, trzydzieści lat temu, walka z rakiem nie była sprawą prostą, ale pewien procent pacjentów dawało się wyleczyć. Często powrót do zdrowia był celebrowany wielkim przyjęciem, na którym Ewa występowała jako gość honorowy.

To również czasy początków wielkiej rewolucji w leczeniu chorób serca. Zaczęto wprowadzać maszyny rentgenowskie, umożliwiające wizualizację naczyń wieńcowych. Instalacja takiej skomplikowanej maszyny wymagała znajomości elektroniki, optyki, znajomości procesu fotograficznego, dobrego rozumienia właściwości promieniowania hamowania. Aparaty takie były nowością. Po kilku latach Jerzy stał się uznanym ekspertem w tej dziedzinie. Między innymi oznaczało to, że mógł wybierać miejsce pracy.

Nowa Anglia to piękny kraj, ale gdy ktoś mieszkał kilka lat w tropiku, trudno mu ponownie polubić zimę. Postanowiliśmy przenieść się na południe. Po sprawdzeniu map pogodowych wybraliśmy Miami.

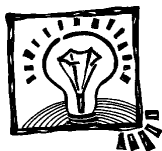
Jednym z poważniejszych problemów w zrobieniu radiografii serca było zapewnienie równomiernego zaciemnienia kliszy filmowej, w czasie gdy lekarz przesuwiał maszynę tak, aby widzieć różne obszary serca. Obraz (cień) rentgenowski jest rzucany na fluoryzujący ekran wejściowy wzmocniacza obrazu, wyzwolone fotony wybijają fotoelektrony z fotokatody, ściśle przylegającej do ekranu wejściowego. Elektrony te są przyspieszane, ogniskowane przez soczewkę elektrostatyczną, uderzają we fluoryzujący ekran wyjściowy, na którym powstaje bardzo jasny, pomniejszony obraz obszaru naświetlonego promieniami X. Dzięki systemowi soczewek i zwierciadeł obraz ten jest rzucany na fotokatodę kamery telewizyjnej oraz na kliszę kamery filmowej. (Obecnie dość często, zamiast na kliszy filmowej, sekwencję obrazów zapisuje się na CD. Jakość obrazu jest wprawdzie nieco gorsza, ale koszty są niższe).

Aby otrzymać dobry film, należy dostarczyć odpowiedniej ilości kwantów promieni rentgenowskich. Gdy zbyt mało promieni uderzy ekran wejściowy, obraz będzie ziarnisty. Wydajność lampy rentgenowskiej jest bardzo niska (około 0,4%) przy napięciach anodowych użytecznych w aparatach diagnostycznych. Aby otrzymać wymagany obraz serca, należy dostarczyć lampie rentgenowskiej około 50 KW mocy. Jedna sekcja filmu trwa około 7 sekund. Ilość ciepła wydzielonego w anodzie stopiłaby ten obszar anody, gdzie uderzają elektrony. Aby tego uniknąć, należy dostarczać energię w pulsach, wtedy gdy przesłona kamery filmowej jest otwarta. Dozę można regulować albo przez zmianę prądu lampy rentgenowskiej (co spowoduje zmiany ilości emitowanych kwantów), albo przez zmianę napięcia anodowego. Dwadzieścia pięć lat temu nie znano automatycznej metody zmiany napięcia anodowego. Robiono to ręcznie, manipulując gałką potencjometru. Wymyśliliśmy urządzenie elektroniczne regulujące napięcie, tak aby klisza filmowa była zawsze odpowiednio naświetlona. Nazwaliśmy je „Auto KV”. „Zlepialiśmy” je w domu, sprzedaliśmy kilka. Wkrótce, bez żadnej reklamy, zaczęliśmy otrzymywać sporo zamówień. Musieliśmy zatrudnić ludzi do pomocy. Z powodów podatkowych było warto założyć kompanię. Nazwaliśmy ją „EWA Industries”. Wkrótce zrobiliśmy inne urządzenia, a Jerzy rzucił pracę u Philipsa. Po kilku latach w Miami było dwadzieścia maszyn tego rodzaju, a dziesięć z nich stanowiły maszyny EWA.

W Buenos Aires odbywała się konferencja kardiologów. Gwiazdą tej konferencji był dr Sones, odkrywca metody diagnozy choroby naczyń wieńcowych. W dyskusji padły głosy, że metoda jest świetna, ale koszt aparatury tak wysoki, że niektóre kraje, np. Argentyna, nie mogą sobie pozwolić na posiadanie odpowiedniej ich ilości. I wtedy dr Sones odpowiedział, że niejaki Tarasiewicz robi w Miami takie właśnie urządzenia za 25% ceny ustalonej przez duże firmy. Po kilku dniach zadzwonił do Jerzego lekarz z Argentyny. Chciał potwierdzić nasz adres i zapytać o cenę kompletnego urządzenia. Ku naszemu zdziwieniu wkrótce znaleźliśmy w skrzynce pocztowej list kredytowy na całą sumę. To był początek naszej pracy w Ameryce Południowej – poza Argentyną zainstalowaliśmy nasze aparaty w Brazylii, Chile, Peru, Wenezueli, Kolumbii, Ekwadorze. Po pewnym czasie opracowano inne techniki, wykorzystujące urządzenia tego typu nie tylko do diagnozy wielu chorób serca, ale i do ich leczenia.

Pewnego razu pracowaliśmy oboje w jednym ze szpitali w Miami, wypróbując następne ulepszenie, gdy do pokoju wpadł tłum lekarzy i techników. Na noszach leżał nieprzytomny mężczyzna po ataku serca, który stracił przytomność niedaleko od szpitala. Po kilkudziesięciu minutach krążenie w naczyniach wieńcowych zostało przywrócone, dwa dni potem rześko wymaszerował ze szpitala.

Oszacowaliśmy, że nasze wynalazki, ulepszenia, przystępna cena maszyn pozwoliły przedłużyć życie pacjentów łącznie o około 300 tysięcy lat.



## KĄCIK EKSPERYMENTATORA

### Doświadczenie na deser

Pomysł ciekawej demonstracji ilustrującej prawo Lenza zaczerpnęliśmy od Pana Dindorfa.

Kupcie **aluminiową** puszkę 0,33 l coca-coli, sprite'a lub innego ulubionego przez Was napoju. Wypijcie, kiedy będziecie mieć ochotę.

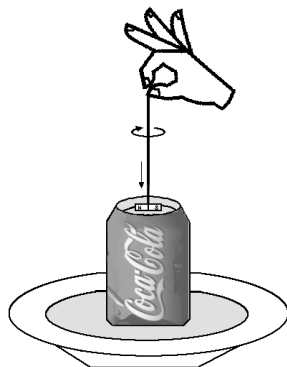
Z pustej puszki odetnijcie nożycami, równo i delikatnie, żeby jej nie odkształcić, przykrywkę.

Postarajcie się o magnes, najlepiej sztabkowy ok. 500–700 Gausów (wartość pola mniej więcej w odległości 1 cm), i przewiążcie go nitką (najlepiej nylonową lub inną dobrze sprężystą).

Pustą puszkę z odciętą przykrywką umieśćcie na talerzyku z wodą, tak aby swobodnie unosiła się na powierzchni. Oczekajcie, aż puszka ustabilizuje się nieruchomo (sprawdźcie, czy nie opiera się o brzeg talerzyka). Sprawdźcie też, iż magnes nie oddziałuje z aluminiową puszką, a wyraźnie jest przyciągany do blaszanej puszki.

Następnie skręćcie mocno palcami nić, którą przewiązany jest magnes, i – wirujący – ostrożnie wsuńcie w głąb pustej puszki. Powinniście zaobserwować, jak puszka zacznie wirować w tym samym kierunku co magnes. Magnes po wyhamowaniu będzie obracał się w przeciwną stronę. Znowu wciągnie w ruch obrotowy puszkę.

AD





## CZYTAMY PO ANGIELSKU

### **Physics Project Scores in Siemens Westinghouse Competition**

*Physics Today*, April 2002

While other students their age were off on their summer vacations, Shira Billet and Dora Sosnowik, seniors at the Stella K. Abram High School for Girls in Hewlett Bay Park, New York, were putting time in at the lab. Their work paid off last December when they placed first in the team category of the 2001 Siemens Westinghouse Science and Technology Competition. They shared the \$100 000 prize for their viscometer for ultrathin films.

In Billet and Sosnowik's viscometer, two distinct layers of liquid polymers are painted on a silicon wafer, with the more viscous film on top. The difference in surface tension between the two films causes the upper layer to dewet, a process similar to water beading into droplets on the hood of a car. The dewetting forms holes in the upper film, exposing the lower film, whose viscosity is then calculated from the rate of hole growth. „We were interested in this topic,” says Billet, „Because it's very difficult to measure the viscosity of thin-film lubricants using existing methods and [we] wanted to get involved with a modern and real problem.”

And they succeeded says Miriam Rafailovich, director of the NSF Materials Research Center at SUNY Stony Brook and Sosnowik's mentor. Rafailovich predicts the new method „will have far-reaching consequences in the fields of electronics and micromechanical systems.”

Billet and Sosnowik, whose interest in science was sparked by their chemistry teacher, will use their winnings to pay for college. Billet plans to major in chemistry or journalism and Sosnowik wants to become either a musician or doctor.

#### **Dictionary:**

**viscometer** – lepkościomierz

**film** – cienka warstwa

**layers** – warstwy

**surface tension** – napięcie powierzchniowe

**dewet** –nie zwilżać

**beading** –skroplenie

**hood** – maska samochodu

**lubrication** – smarowanie



## Czy cel uświęca środki i zasada zachowania energii

Ludomir Zommer

Instytut Chemii Fizycznej PAN, Warszawa

Swego czasu, przygotowując lekcję na temat kondensatorów, zauważyłem pewne zadanie w dobrze znanym zbiorze zadań z fizyki dla uczniów szkół średnich (zadanie 3.3.30, wydanie 2, J. Jędrzejewski, W. Kruczek, A. Kujawski, WNT Warszawa 1974). Zająrzałem do rozwiązań i zostałem zaskoczony jego ewidentnie niepoprawnym rozwiązaniem. Wobec czego sięgnąłem do wydanie 11 tego zbioru w nadziei, że rozwiązanie tego zadania zostało poprawione – niestety, rozwiązanie jest dokładnie takie samo (WNT 2000, numer zadania został zmieniony na 22-25R). Machnąłem na to ręką. I oto do moich rąk trafił jeden z ostatnich numerów *Delfy* (popularny miesięcznik matematyczno-fizyczno-astronomiczny, nr 12, 2001 r.). W jego kąciku zadań z fizyki zauważyłem zadanie bardzo podobne (F562), tyle tylko, że inna wielkość fizyczna była wielkością szukaną. Sądziłem, że gdzieś jak gdzieś, ale w tym miesięczniku rozwiązanie tego zadania będzie na pewno poprawne. Zawiodłem się. Metoda rozwiązania jest ta sama. Te zdarzenia zdopingowały mnie do napisania kilku uwag, które, być może, ustrzegą innych przez popełnieniem błędu. O co chodzi? Oto treść zadania ze wspomnianego zbioru zadań (Jędrzejewski i in.):

*Okładki płaskiego kondensatora powietrznego, o powierzchni  $S$  i wysokości  $h$ , skierowano pionowo i ustawiono tak, by ich krawędzie dotykały cieczy dielektrycznej. Na brzegu naładowanego kondensatora powstaje niejednorodne pole elektryczne, przy czym pole to słabnie w miarę oddalania się od krawędzi kondensatora. W polu tym ciecz zostanie spolaryzowana, tzn. cząsteczki cieczy staną się indukowanymi dipolami, na które będą działały siły w kierunku do silniejszego pola elektrycznego. Jeden z biegunów dipola znajduje się zatem w silniejszym polu elektrycznym i w efekcie ciecz będzie wciągana do kondensatora. Obliczyć, jakim ładunkiem  $Q$  należy naładować kondensator, aby ciecz wypełniła całą przestrzeń między jego okładkami. Gęstość cieczy dielektrycznej wynosi  $\rho$ , a jej względna stała dielektryczna  $\epsilon_r$ .*

Rozwiązanie, które proponuje autor zadania opiera się na wykorzystaniu bilansu energii (zjawiska kapilarne zostały pominięte, chociaż autor o tym nie wspomina):

$$E_1 = E_2 + E_g \quad (1)$$

gdzie  $E_1 = Q^2/(2C_1)$  – energia początkowa kondensatora,  $C_1$  – pojemność kondensatora próżniowego,  $E_2 = Q^2/(2C_2)$  – energia kondensatora po wciągnięciu cieczy,



$C_2$  – pojemność kondensatora po wciągnięciu dielektryka na wysokość  $h$  oraz  $E_g = mgh/2$  – wzrost grawitacyjnej energii potencjalnej cieczy.

Czy jednak bilans energii jest pełny? Przecież kosztem energii kondensatora rośnie nie tylko energia potencjalna cieczy, lecz także jej energia kinetyczna. Jeśli ciecz jest pozbawiona lepkości, będzie wykonywać niegasnące drgania wokół poziomu równowagi. Powyższe równanie będzie prawdziwe o ile  $h$  jest maksymalną wysokością osiąganą przez drgającą ciecz –  $h_{\max}$ . Autor zadania nie wyjaśnił jednak, o jakiej wysokości jest mowa. Lepkość cieczy powoduje jednak tłumienie ruchu, w wyniku czego energia kinetyczna zamieniana jest na ciepło a wysokość cieczy osiąga poziom równowagi  $h_r$ . Wobec czego wysokość  $h$  w równaniu (1) nie jest ani wspomnianą  $h_{\max}$ , z powodu lepkości, ani też nie jest wysokością równowagową  $h_r$ .

Zastanawiałem się – czy błąd jest skutkiem niewiedzy, czy też podano rozwiązanie „uproszczone”? Skoro poprawne rozwiązanie, korzystające z warunku minimum energii potencjalnej, na którą składa się energia pola elektrycznego i energia grawitacyjna, jest za trudne, to czy w ogóle warto prezentować taki problem uczniom? Myślę, że warto. Nie musi to być wtedy rozwiązanie pełne, wystarczy zaprezentować szkic rozwiązania i pokazać pułapki jakie mogą czyhać na amatora łatwych rozwiązań.

Nawiązując do powyższego, chciałbym jeszcze zaprezentować inne zadanie-problem, które miałem okazję przetestować udzielając pomocy z fizyki, ponieważ z moich doświadczeń wynika, że umiejętność stosowania zasady zachowania energii przez uczniów szkół średnich, i to często tych dobrych, nie jest najlepsza. Prawdopodobnie wynika to ze zbyt małej liczby serwowanych im przykładów. Oto zadanie-problem:

*W jednorodnym ziemskim polu grawitacyjnym na sprężynie o stałej sprężystości  $k$  i pomijalnej masie wisi okładka kondensatora płaskiego o powierzchni  $S$  i masie  $m$  (powierzchnia okładki leży w płaszczyźnie poziomej). Druga okładka, równoległa do pierwszej, znajduje się niżej w odległości  $d$  i jest zamocowana na stałe. Na dolną okładkę wprowadzamy ładunek  $-Q$ , zaś na górną  $+Q$ . Ruchoma, górna okładka przesunie się na pewno w dół. Oblicz to przesunięcie. Okładki kondensatora są odizolowane elektrycznie od sprężyny i podłoża.*

Jeśli zasugerować uczniowi rozwiązanie tego problemu metodą energetyczną, to przebiega ono najczęściej następująco: Energia układu  $E_1$  przed przesunięciem górnej okładki

$$E_1 = \frac{Q^2}{2C_1} + mgd + \frac{kx_1^2}{2} \quad (2)$$

gdzie pojemność kondensatora  $C_1 = \frac{\varepsilon S}{d}$  a  $x_1$  jest wydłużeniem sprężyny pod wpływem ciężaru płyty kondensatora  $mg$ . Energia układu  $E_2$  po przesunięciu ruchomej okładki o  $x$

$$E_2 = \frac{Q^2}{2C_2} + mg(d-x) + \frac{k(x_1+x)^2}{2} \quad (3)$$

gdzie  $C_2 = \frac{\varepsilon S}{d-x}$ .

Porównując  $E_1$  i  $E_2$  i pamiętając, że  $kx_1 = mg$ , otrzymujemy po przekształceniach równanie:

$$\frac{Q^2 d}{2\varepsilon S} - \frac{Q^2 (d-x)}{2\varepsilon S} = \frac{kx^2}{2} \quad (4)$$

i stąd  $x = \frac{Q^2}{\varepsilon S k}$ .

Uczeń jest z siebie zadowolony, kiedy dotrze do takiego wyniku i wtedy proponuje inny sposób rozwiązania: warunek równowagi sił w nowym położeniu ruchomej okładki.

Najpierw z prawa Gaussa znajdujemy natężenie pola elektrostatycznego wytwarzanego przez jedną płytkę kondensatora (zakładamy, że pole jest jednorodne – duże płytki i mała odległość między nimi) i wtedy, już łatwo znajdujemy siłę przyciągania między naładowanymi okładkami:  $\frac{Q^2}{2\varepsilon S}$ . Następnie warunek równowagi sił pozwala napisać równanie:

$$\frac{Q^2}{2\varepsilon S} + mg = k(x_1 + x) \quad (5)$$

Skoro  $kx_1 = mg$ , to  $x = \frac{Q^2}{2\varepsilon S k}$ .

Porównajmy wyniki obu sposobów rozwiązania:

$$x = \frac{Q^2}{\varepsilon S k} \quad \text{i} \quad x = \frac{Q^2}{2\varepsilon S k}$$

W tym momencie pojawia się u ucznia zakłopotanie, bo rozwiązania różnią się czynnikiem 2. Które rozwiązanie jest poprawne? Może żadne z nich? Na ogół należy wtedy uczniowi wyjaśnić, że górna okładka będzie przecież oscylować wokół pewnego położenia równowagi, a bilans energii, który zastosowaliśmy jest niepełny i jest prawdziwy tylko w momencie, kiedy ruchoma okładka osiąga maksymalne wychylenie z położenia równowagi. Przesunięcie  $x$  obliczone tak, jak w pierwszym sposobie jest w istocie maksymalnym wychyleniem okładki  $x_{\max}$

mierzonym od jej położenia początkowego. natomiast przesunięcie obliczone drugim sposobem jest właśnie odległością położenia równowagi  $x$  od jej początkowego położenia.

Nie trudno przekonać ucznia, że drgania okładki są drganiami harmonicznymi (pomijamy straty energii), częstość tych oscylacji jest równa  $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ , czyli jest równa częstości drgań okładki pozbawionej ładunku, a ich amplituda  $A$  jest równa

$$A = x_{\max} - x_r = \frac{Q^2}{2\varepsilon S k}.$$

Pożytecznie jest też wspomnieć, że w istocie rzeczy, amplituda tych drgań będzie maleć, bo drgający ładunek emituje falę elektromagnetyczną. Uczniowi wykazującemu zainteresowanie problemem warto również powiedzieć, jak moc emitowanej przez drgający ładunek energii zależy od częstości tych drgań.

W końcu należy się przyznać uczniowi, że ostatni problem nie został sformułowany uczciwie, bo w jego treści nie sprecyzowano o jakim przesunięciu okładki jest mowa. Ale czy takie „podpuszczanie” nie jest jednak pożyteczne? Czy tutaj cel nie uświęca środków?

#### **Od Redakcji:**

Prosimy zajrzeć na internetowe FORUM Czytelników i Internautów *Fizyki w Szkole*. Jerzy Bronisław Brojan komentuje zadanie z matury pomostowej w województwie mazowieckim, które jest identyczne z zadaniem z omawianego zbioru zadań.



## KĄCIK ZADAŃ

*Sławomir Brzezowski*

*Instytut Fizyki UJ*

1. Rozważamy płaski kondensator, o powierzchni okładek  $S$  i odległości płytek  $d$ , wypełniony dielektrykiem o stałej dielektrycznej  $\epsilon_r$ . Kondensator naładowano do napięcia  $U$ . Jaką pracę  $W$  wykonano przy ładowaniu?

Pracę tę wypada uznać za równą energii naładowanego kondensatora. Porównaj tę energię z energią pola elektrycznego wypełniającego kondensator i wyjaśnij przyczynę różnicy tych dwóch wielkości.

### **Rozwiązanie:**

Pojemność kondensatora bez dielektryka wynosi  $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ . Pojemność kondensatora z dielektrykiem wynosi  $C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$ . Ładowanie kondensatora wymaga wykonania pracy

$$W = \frac{U^2 C_1}{2} = \frac{|\vec{E}|^2 d^2 \epsilon_0 \epsilon_r S}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{2} |\vec{E}|^2 S d,$$

gdzie  $\vec{E}$  jest natężeniem pola elektrycznego w kondensatorze (czyli we wnętrzu dielektryka).

Energia przechowywana przez pole elektryczne wynosi

$$W_{\vec{E}} = \frac{\epsilon_0}{2} |\vec{E}|^2 S d < W.$$

Przyczyna, dla której musimy wykonać pracę większą, niż trzeba dla zbudowania pola elektrycznego, jest następująca:

Dla spolaryzowania dielektryka musimy zdeformować jego cząsteczki (wyobraźmy sobie, że odkształcamy sprężystą kulę). W dielektryku zostaje więc zdeponowana pewna energia potencjalna o wartości równej  $W - W_{\vec{E}}$ , która jest zwracana w czasie rozładowywania kondensatora. Energię tę nazywamy energią polaryzacji.

2. W zbiorze zadań z fizyki Jędrzejewskiego i Kruczka (wydanie 4) znajdujemy zadanie 22-25R z fałszywym rozwiązaniem, na co zwrócił uwagę Ludomir Zommer w artykule na str. 38 oraz Jerzy Bronisław Brojan na łamach FORUM Czytelników *Fizyki w Szkole*. Zadanie polega na obliczeniu ładunku, który powinien być

wprowadzony na okładki pionowego prostokątnego kondensatora płaskiego dotykającego dolnymi krawędziami powierzchni oleju, aby olej wypełnił całe wnętrze kondensatora. Podano stałą dielektryczną oleju  $\varepsilon_i$  i jego gęstość  $\rho$ , powierzchnię okładek  $S$  oraz ich wysokość  $h$ .

Autorzy zbioru opierają swoje rozwiązanie na bilansie energii polegającym na przyrównaniu energii kondensatora próżniowego naładowanego ładunkiem  $Q$  do sumy energii tego (tak samo naładowanego) kondensatora wypełnionego dielektrykiem i grawitacyjnej energii potencjalnej  $mg \frac{h}{2}$  wciągniętego do kondensatora oleju o masie  $m$ . Bilans ten, jak słusznie zauważył Pan Zommer, nie uwzględnia energii kinetycznej, jaką pozbawiony lepkości dielektryk uzyskałby podczas wciągania do wnętrza kondensatora, a którą realny dielektryk rozproszy.

Zasada zachowania energii może być zastosowana do rozwiązania tego zadania, ale trzeba z niej skorzystać w sposób właściwy. W tym celu rozważmy na początek problem zastępczy polegający na wprowadzaniu do naładowanego kondensatora kostki wykonanej z dielektryka stałego, o kształcie prostopadłościanu szczelnie wypełniającego jego wnętrze.

Autorzy zadania z cytowanego zbioru słusznie twierdzą, że przyczyną wciągania dielektryka jest niejednorodność pola na brzegu kondensatora (w niejednorodnym polu elektrycznym dipole wypełniające spolaryzowany dielektryk podlegają sile zwróconej w stronę rosnącego pola), ale bilans energii, który proponują w rozwiązaniu, jest błędny.

Wyobraźmy sobie następujące doświadczenie:

Płaski kondensator próżniowy, występujący w naszym zadaniu, ustawiamy poziomo (lub przenosimy się do laboratorium, w którym panuje stan nieważkości). Kondensator utrzymujemy podłączony do źródła stałego napięcia  $U$ . Od strony tego boku, który miał być zanurzony w oleju, wsuwamy (powoli) opisaną wyżej kostkę z dielektryka. Kostka jest do kondensatora wciągana, więc przy jej wsuwaniu zostanie nad „nami” wykonana praca. Ten właśnie składnik bilansu energii został przeoczony przez Autorów zbioru zadań i ujawni się w postaci energii kinetycznej i energii drgań termicznych.

Obliczmy wspomnianą pracę.

Przy ustalonej różnicy potencjałów między okładkami mamy gwarancję tego, że kondensator będzie wypełniony nie zmieniającym się polem elektrycznym (zarówno w części pustej, jak i tej już wypełnionej dielektrykiem) o wartości  $E = \frac{U}{d}$ .

Będzie to oczywiście realizowane przy rosnącej podczas wsuwania dielektryka wartości ładunku zgromadzonego na okładkach kondensatora. Nie zmieniający się kształt pola na zewnątrz i wewnątrz kondensatora sprawi, że płytka dielektryka

będzie podczas wsuwania wciągana siłą  $\vec{F}$  o stałej wartości, co ułatwi obliczenie pracy mechanicznej wykonanej przez kondensator. Praca ta wyniesie oczywiście  $W_{\text{mech}} = Fh$ , gdzie  $h$  jest długością boków, wzdłuż których przesuwa się płytka.

Odwołamy się teraz do bilansu energii dla obliczenia pracy mechanicznej.

Energia kondensatora próżniowego (znajdującego się już pod napięciem  $U$ ) wynosi

$$W_0 = \frac{U^2 C_0}{2}, \quad \text{gdzie} \quad C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}.$$

Energia kondensatora z wsuniętą płytką wynosi  $W_1 = \frac{U^2 C_1}{2}$ , gdzie  $C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d}$ .

Przy wsuwaniu płytki źródło napięcia doładowało kondensator ładunkiem

$$\Delta Q = U(C_1 - C_0) = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)SU}{d},$$

czyli wprowadziło do układu energię

$$W_{\mu\text{ad}} = U \Delta Q = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)SU^2}{d}.$$

Mamy już wszystkie elementy dla przeprowadzenia bilansu energii:

$$W_0 + W_{\mu\text{ad}} = W_1 + W_{\text{mech}},$$

czyli

$$\frac{\varepsilon_0 SU^2}{2d} + \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)SU^2}{d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r SU^2}{2d} + Fh,$$

co po uporządkowaniu daje

$$Fh = \frac{\varepsilon_0 \chi_e SU^2}{2d}, \quad \text{gdzie} \quad \chi_e = \varepsilon_r - 1 \quad \text{jest podatnością elektryczną dielektryka.}$$

Tak więc płytka dielektryka wciągana jest do wnętrza kondensatora siłą o wartości

$$F = \frac{\varepsilon_0 \chi_e SU^2}{2hd}.$$

Możemy teraz wrócić do naszego zadania. Siła  $\vec{F}$  zdoła utrzymać ciecz dielektryczną w pionowo ustawionym kondensatorze, jeżeli jej wartość będzie równa

$$\rho g S d, \quad \text{czyli jeżeli zachodzi} \quad \rho g d = \frac{\varepsilon_0 \chi_e U^2}{2hd}.$$

Możemy teraz obliczyć ładunek  $Q$  zgromadzony na kondensatorze po wprowadzeniu dielektryka między okładki:

$$Q = UC_1 = U \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d} = \varepsilon_r S \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 \rho g h}{\chi_e}}.$$

Podane w zbiorze Jędrzejewskiego i Kruczka rozwiązanie  $Q = S \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_r \rho g h}{\chi_e}}$  jest błędne.



## KSIĄŻKI NADEŚLANE

*O fizyce i energii jądrowej*, Bohdan Dziunikowski  
AGH, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001

W książce przedstawiono podstawowe zagadnienia dotyczące zjawisk jądrowych i różnego typu reaktorów jądrowych. Tekst ma formę zwięzłą i łatwą w czytaniu, dzięki oszczędnemu stosowaniu formalizmu matematycznego, skupieniu się na istocie omawianych zagadnień, starannemu doborowi materiału ilustracyjnego, a także licznym dygresjom historycznym. W książce opisano, między innymi, przyczyny i skutki katastrofy w Czarnobylu, a także efekty chemiczne i biologiczne przemian jądrowych i oddziaływania promieniowania jądrowego z materią.

Książka może być pomocą dla nauczycieli fizyki i pracowników instytucji zajmujących się ochroną środowiska.



## Czy mechanika jest geometrią czasoprzestrzeni?

*Jan Czerniawski*

*Instytut Filozofii UJ*

Mogę tylko przyklasnąć przesłaniu listu do Redakcji [1] kol. Danuty Czyżewskiej, z którą miałem kiedyś przyjemność wspólnie studiować fizykę, że w nauczaniu tego pięknego przedmiotu przydałoby się więcej historii. Z dydaktycznego punktu widzenia nie jest jednak obojętne, jaka to będzie historia. Aby najlepiej wyrazić intencję tego zastrzeżenia, posłużę się cytatem:

„Od dawna myślę, że gdybym miał okazję nauczać w tym zakresie, podkreślałbym ciągłość z wcześniejszymi ideami. Tym, na co zwykle kładzie się nacisk, jest radykalne zerwanie z bardziej pierwotnymi wyobrażeniami czasu i przestrzeni. Rezultatem jest często kompletne zniszczenie zaufania ucznia do całkowicie rozsądnych i użytecznych pojęć, których już nabył” [2].

Powyższe słowa John S. Bell, ten od nierówności, wypowiedział w związku z nauczaniem szczególnej teorii względności, ale mają one walor ogólny. Niepowetowane szkody w dydaktyce fizyki wyrządziła „rewolucjonistyczna” historiografia. W rezultacie wśród względnie dobrze poinformowanych laików panuje obecnie opinia, że wyobrażenia starej, XIX-wiecznej fizyki całkowicie się zdezaktualizowały, natomiast tzw. fizyka współczesna jest niezrozumiała, tj. sprzeczna z najbardziej podstawowymi i trudnymi do wykorzenia intuicjami. Nic dziwnego, że do nauki fizyki braknie często motywacji, a pogłębionej wiedzy o przyrodzie szuka się u różnych szarlatanów, niejednokrotnie zresztą żerujących na strzępach wypowiedzi autorytetów z dziedziny fizyki.

W jaki sposób jednak przywrócić ową ciągłość? Można to zrobić na dwa sposoby: albo spróbować ją znaleźć w historii nauki, wprowadzając nowe wyobrażenia stopniowo i unikając akcentowania rzekomych „rewolucyjnych” przełomów; albo wykład „starej” fizyki ahistorycznie spreparować pod kątem przygotowania ucznia do przyswojenia sobie współczesnego punktu widzenia. Prof. Andrzej Staruszkiewicz [3] w nauczaniu mechaniki niutonowskiej zaleca to drugie podejście. Aby przygotować uczniów do opanowania w przyszłości szczególnej teorii względności, proponuje od początku przyzwyczajając ich do poglądu, że mechanika w swojej istocie jest geometrią czasoprzestrzeni.

Czy jednak pogląd ten jest uzasadniony? Z całą pewnością nie jest on sam w sobie oczywisty. Co więcej, na pierwszy rzut oka wydaje się on w oczywisty sposób fałszywy. Wprawdzie z treści mechaniki wypreparować można hipotezę o geometrii czasoprzestrzeni, lecz jako taka nie jest ona teorią geometryczną i w pierwszym



rzędzie dotyczy ruchów ciał i pól fizycznych. Może jednak, jak twierdzi prof. Staruszkiewicz, w jakiś sposób wynika on z refleksji nad szczególną teorią względności, która według niego ma być właśnie hipotezą tego rodzaju.

Zastanówmy się wobec tego, czy szczególna teoria względności jest hipotezą o geometrii czasoprzestrzeni? Jeśli nawet zgodzić się, że jej istota sprowadza się do kinematyki relatywistycznej, to i tak jako taka nie dotyczy ona wprost geometrii czasoprzestrzeni, lecz związków między opisami przebiegu zjawisk fizycznych w różnych inercjalnych układach odniesienia. Geometria czasoprzestrzeni jest wprawdzie użytecznym, ale jednak tylko matematycznym narzędziem do opisu tych związków i jakkolwiek sens fizyczny ma wyłącznie dzięki nim.

Geometryczne sformułowanie szczególnej teorii względności odegrało określoną rolę w odkryciu ogólnej teorii względności. Teorii tej rzeczywiście nie sposób uprawiać inaczej niż za pomocą środków geometrii czasoprzestrzeni. Również ona jednak nie jest teorią geometryczną, lecz opisuje wpływ pola grawitacyjnego na przebieg zjawisk fizycznych. Niech mi wolno będzie znów posłużyć się cytatem:

„Dopóki można było mieć nadzieję, jak Einstein, że materię można będzie ostatecznie zrozumieć w terminach geometrii, miało sens przypisywanie geometrii riemannowskiej podstawowej roli w opisie teorii grawitacji. Obecnie jednak czas nauczył nas nie spodziewać się, że oddziaływania silne, słabe i elektromagnetyczne można zrozumieć w terminach geometrii i nadmierny nacisk na geometrię może tylko zaciemniać głębokie związki między grawitacją a resztą fizyki” [4].

Powiem więcej: nadmierny nacisk na geometrię zaciemnia również fizyczny sens samej ogólnej teorii względności, nie mówiąc już o teorii szczególnej. Nic dziwnego, że ludzie wyedukowani w geometrycznym paradygmacie, nawet wybitni specjaliści, popełniają czasem szkolne błędy w rodzaju tego, o którym pisze J. Bell [2]. Zadał on kiedyś bardzo kompetentnemu gronu pytanie o wynik następującego eksperymentu pomyślanego: Niech dwie identyczne rakiety, ustawione jedna za drugą i połączone nierozciągliwym sznurkiem, wystartują równocześnie i zostaną na podstawie identycznego programu przyspieszania rozpędzone do prędkości bliskiej prędkości światła. Czy sznurek ulegnie zerwaniu? Ku swojemu zaskoczeniu uzyskał jednomyślną odpowiedź... negatywną! Nic dziwnego, że przygoda ta skłoniła go do refleksji kończącej przytoczony wyżej cytat.

Zamiast podsumowania posłużę się jeszcze jednym cytatem:

„Nie ma tu intencji czynienia jakichkolwiek zastrzeżeń co do siły i precyzji podejścia Einsteina. Jednakże moim zdaniem można też coś powiedzieć na rzecz poprowadzenia uczniów drogą przebytą przez Fitzgeralda, Larmora, Lorentza i Poincarégo. Dłuższa droga pozwala czasem lepiej zapoznać się z krajobrazem” [2].

## Literatura:

- [1] D. Czyżewska, *Więcej historii fizyki w nauczaniu*, Foton 72
- [2] J. S. Bell, *How to teach special relativity*, w: *Speakable and Unsayable in Special Relativity*, Cambridge Univ. Press, Cambridge 1987
- [3] A. Staruszkiewicz, *Mechanika podstawą elementarnej fizyki*, Foton 67
- [4] S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*, Wiley, New York 1972, s. vii

## Odpowiedź Panu Czerniawskiemu

*Andrzej Staruszkiewicz*

Pan Czerniawski broni przede mną historii fizyki, nie chcąc jednocześnie dostrzec, że ja zaczynam swój artykuł właśnie od historii fizyki, a mianowicie od przypomnienia fatalnych nieporozumień na temat podstaw mechaniki, związanych z nazwiskami Kanta, Macha i Poincarégo. Jestem za podkreśleniem ciągłości rozwoju naukowego, ale nie tam, gdzie rozwój ten doprowadził do istotnego, a nawet definitywnego postępu. Nie można uczyć analizy matematycznej bez pojęcia granicy, które wprowadził Cauchy, lub teorii funkcji analitycznych bez pojęcia przedłużenia analitycznego, które wprowadził Weierstrass. **Zupełnie tak samo nie można uczyć mechaniki bez tego całościowego oglądu problematyki, który wprowadziła szczególna teoria względności.**

Pan Czerniawski wspomina (za J. S. Bellem) nieszczęsnych profesorów CERN-u, nie potrafiących rozwiązać pozornie prostego problemu z zakresu szczególnej teorii względności. Ludzie ci byli zapewne uczeni tej teorii metodą preferowaną przez Pana Czerniawskiego. Ja sam polecam Panu Czerniawskiemu pod rozważę znacznie poważniejszy przypadek Henryka Poincarégo, który, mając w rękach całą szczególną teorię względności, nie zauważył tego, właśnie z powodu wyznawanej przez siebie FAŁSZYWEJ filozofii czasu i przestrzeni. Brak jasności w ważnych sprawach nie jest bezkarny!



## Przed szkole Fizyki w Zakopanem 2002

Zofia Gołąb-Meyer

I. Dzięki szczodrości Zakładu Teorii Cząstek Instytutu Fizyki UJ udało się po raz kolejny zabrać młodzież szkół średnich do Zakopanego na tzw. Przed szkole Fizyki przy XLII Krakowskiej Szkole Fizyki Teoretycznej. Mądra to polityka Zakładu, który inwestuje w uczniów. Jest nadzieja, że Zakład będzie spijał śmietankę już niebawem.

Do Zakopanego przyjechało na pięć dni 22 uczniów wraz z dwójgim nauczycieli: panią Teresą Mach z V LO w Krakowie i panem Adamem Smólskim, redaktorem naczelnym *Fizyki w Szkole* i równocześnie nauczycielem fizyki liceów w Warszawie i Komorowie. Nieduża grupa młodzieży jest rekrutowana spośród zwycięzców konkursu fizyki organizowanego przez krakowską Akademię Pedagogiczną, uczniów klas uniwersyteckich UJ oraz uczniów polecanych przez swoich nauczycieli. W tym roku, pomimo iż w *Fotonie* umieszczony był anons, nie zgłosił się nikt spoza starych źródeł, ale i tak musieliśmy niektórym chętnym odmówić. Uczestnicy przybyli z Krakowa, Warszawy, Komorowa, Rabki, Bochni i Żywca. Grupa uczniów była świetna, o dość wyrównanym, wysokim poziomie. Potwierdziła się idea niedyskryminowania uczniów z młodszych klas. Grupa była na tyle homogeniczna, że nie można było odróżnić uczniów z Warszawy i Krakowa od uczniów z mniejszych miejscowości. Również znajomość angielskiego nie była tym wyróżnikiem.

II. Uczestnicy Szkoły Fizyki Teoretycznej mieszkali w Zakopanem w domu „Geovita”. Tam też stołowali się uczniowie wraz z dorosłymi fizykami. Wspólne posiłki pomagały nawiązywać osobiste kontakty.

W „Geovicie”, dobrze wyposażonym ośrodku konferencyjnym, Przed szkole miało swoją salę wykładową tuż obok „dorosłej” sali. Bywało, iż na przed szkolne wykłady przychodzili starsi uczestnicy i trzeba było dostawiać krzesła. Młodzi, jeśli mieli ochotę, mogli podsłuchiwać dorosłe wykłady.

Uczniowie jak zwykle mieli okazję do wysłuchania specjalnie dla nich przygotowanych wykładów. Były to (w kolejności chronologicznej):

- Jacek Wosiek (IF UJ, Kraków) – *Dziwny jest ten świat*
- Chan Hong-Mo (Rutheford, Anglia) – *Charges and their Interactions from Topology*
- Martin Holder (Siegen, Niemcy) – *Dark Matter Problem*
- Volker Koch (GSI, Berkeley, USA) – *Vacuum Eugeeniring*

- Tsou Sheung Tsun (Oxford, Anglia) – *Meaning and Uses of Infinity*
- Michał Heller (V LO Kraków), tutor: A. Rostworowski – *Prawdopodobieństwo, nieoznaczoność, entropia*
- Krzysztof Fiałkowski (IF UJ, Kraków) – *Skąd pochodzi promieniowanie kosmiczne najwyższych energii*
- Andrzej Białas (IF UJ, Kraków) – *Symetrie w fizyce*
- Piotr Rembiesa (Citadel, USA) – *Cudowne dziecko: co Schwinger osiągnął w waszym wieku*
- Zofia Gołąb-Meyer (IF UJ, Kraków) – *Czy możliwe było Przedszkole Fizyki w 1902? Kto by je mógł zorganizować, kto w nim uczestniczyć?*
- Łukasz Lach, Krzysztof Lach, Tomasz Zajiczek (ZSEM Żywiec), tutor: K. Roszkowski – *Kosmologia i jej teoretyczne i doświadczalne podstawy*
- Krzysztof Roszkowski (IF UJ, Kraków) – *Wymiar fraktalny kalafiora*
- Henryk Pałka (IFJ, Kraków) – *Co robią fizycy w fabryce mezonów B*
- Sanjay Reddy (MIT, USA) – *Neutron Stars, Supernova Explosion*

Oprócz wykładów odbywały się warsztaty:

- Jan Kotański (IF UJ) – *Zadania z fizyki współczesnej*
- Leszek Bogacz (IF UJ) – *Przekrój czynny, rozpraszanie na potencjale  $\frac{Ze}{r}$ , kinematyka relatywistyczna*
- Adam Smólski (*Fizyka w Szkole*) – *Ruchy planet na kieszonkowym kalkulatorze*
- Michał Heller (V LO) – *Zadania olimpijskie*
- Zofia Gołąb-Meyer (IF UJ) – *Rachunek macierzowy*

Jak widać wykłady były bardzo zróżnicowane zarówno pod względem tematyki, jak i sposobu prezentacji. Każdy z wykładów znajdował licznych entuzjastów, i to zarówno te nawet bardzo zmatematyzowane i abstrakcyjne (np. Tsou, Heller, Białas), jak i te dotyczące „kuchni doświadczalnika” (Koch, Pałka) czy obszerniejsze, przeglądowe (Wosiek, Fiałkowski, Zajiczek). Sanjay Reddy i Volker Koch wprost porwali słuchaczy. Wszystkie wykłady były bardzo starannie przygotowane dużym nakładem pracy. Nagrodą dla wykładowców były dociekliwe pytania i niekłamany entuzjazm uczniów.

Wykłady uczniów, pomimo pewnych jeszcze błędów, należy uznać za udane. Startowali w konkurencji z wygami i obronili się. Ich wykłady zostały przez uczniów ocenione pozytywnie.

Wykład trójki z Żywca, przygotowany na konkurs do Katowic jako bardzo obszerna, przeglądowa praca, jako popis erudycji i sprawności w przygotowywa-

niu materiałów z Internetu, okazał się jednak czymś więcej. Prelegenci wiedzieli, o czym mówią, a młodzi słuchacze, choć zadławieni ilością informacji, zdali się wyciągnąć jakąś nić przewodnią.

Michał Heller wprowadzał koleżanki i kolegów w sens pojęcia entropii na podstawie artykułu napisanego wspólnie z profesorem M. Wnukiem. Jest on na stronie internetowej Michała.

Dużo przyjemności i faktycznie nabycie pewnych umiejętności zapewniły uczniom warsztaty prowadzone przez A. Smólskiego. Widać na nich było, jak użytecznym narzędziem są mikrokomputery.

Uczniom sprzyjał los. Jedyny dzień pogodny został przeznaczony na wycieczkę w Tatry. Uczestnicy wrócili do domów pięknie opaleni i z planami spotykania się od czasu do czasu w Krakowie – na kolejnych spotkaniach z fizyką.

Co zyskują uczestnicy? Dzięki spotkaniom z uczonymi zapoznają się z fizyką z pierwszej ręki. Równie ważne są spotkania z rówieśnikami podobnymi do siebie, o podobnych pasjach i zainteresowaniach. Tego mogą nie mieć w swoich szkołach, a dla większości jest to wręcz niezbędne do rozwoju, nieomalże jak woda do życia.



Michał Heller wyklada



Warsztaty



## FIZYKA NA SCENIE 2

Festiwal edukacyjny dla nauczycieli i popularyzatorów fizyki

*Elżbieta Zipper*

*Instytut Fizyki UŚI, Katowice*

Sprawozdanie z pobytu polskiej delegacji na Festiwalu „Fizyka na Scenie 2” w Noordwijk (2–6.04.2002)

W Festiwalu wzięło udział 400 nauczycieli i osób zajmujących się dydaktyką fizyki z 22 krajów europejskich.

Program obejmował prezentacje i pokazy przygotowane przez uczestników, 11 roboczych grup tematycznych i jarmark fizyki. Polska delegacja składała się z 18 nauczycieli, 2 uczniów szkół średnich głęboko zaangażowanych w przygotowanie pokazów na polskim stoisku na jarmarku, 2 członków Polskiego Komitetu Organizacyjnego i Prodziekana Wydziału Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.

Lista polskich aktywności na Festiwalu jest długa. Jerzy Jarosz i Aneta Szczygalska przedstawili interesującą prezentację „Jak widzimy świat”. Na jarmarku fizyki polskie stoisko prezentowało się imponująco. Pokazano różne aspekty ciśnienia, w szczególności ciśnienie światła i odbicie mikrofal od plazmy (Adam Starnawski), pokazano, jak nowe technologie wspomagają proces nauczania fizyki (Leszek Bober). Przedstawiono interesujące wystawy: „Fotografujemy zjawiska fizyczne” (Maria Dobkowska), „Fizyka młodych artystów” (Maria Rut-Marcinkowska), pierwszą polską interaktywną wystawę – „Dawne i współczesne nauki” (Maciej Kluza) oraz „Wszecławiat w zasięgu ręki” (Elżbieta Milewska). Na polskim stoisku zaprezentowano też przedstawienia „Baśń o fizyce” (Grażyna Generowicz) i „Miss solar system competition” (Maria Rut-Marcinkowska) oraz poster pokazujący, jak znaleźć poprawne rozwiązania problemów fizycznych przy użyciu właściwych metod matematycznych (Elżbieta Zawistowska).

Eksperymenty i triki fizyczne przedstawione przez Kazimierza Paprzyckiego i Zdzisława Smolarza oraz wystawa pomocy fizycznych z początku XX wieku (Teresa Całka) spotkały się z dużym uznaniem. Uwagę przyciągnęły również prezentacje „Fizyka wokół nas” (Barbara Andrzejczyk, Ewa Pater, Jolanta Sarzyńska, Jakub Korda) i „Dźwięk w fizyce” (Romana Pałka). Ciekawą demonstrację zależności kształtu toru ruchu od układu odniesienia pokazała Elżbieta Wiącek, a interesujący program GLOBE został przedstawiony przez Małgorzatę Masłowską.

Ważną częścią Festiwalu były spotkania roboczych grup tematycznych. Prof. Wojciech Nawrociak prowadził dyskusję „Programy fizyki i nauk ścisłych w Euro-

pie”. Elżbieta Zipper i Piotr Miecznik aktywnie uczestniczyli w dyskusjach dotyczących organizacji badań naukowych i nauczania fizyki w Europie. Powstał plan powołania Euroforum – organizacji, której zadaniem będzie wspieranie nauczycieli nauk ścisłych przez dostarczanie im informacji o najnowszych wynikach badań naukowych i o najnowszych metodach nauczania oraz umożliwienie na szeroką skalę międzynarodowych kontaktów.

Podsumowując, Festiwal Fizyka na Scenie 2 zgromadził po raz drugi wielu najlepszych nauczycieli z całej Europy. Wymiana doświadczeń i dyskusje były bardzo intensywne i uczestnicy Festiwalu wyjechali z nowym entuzjazmem do pracy i z radością z powodu nowo nawiązanych kontaktów oraz z przekonaniem o ważności swej misji, dotyczącej odwrócenia spadku zainteresowania fizyką w Europie.

---

Uczestniczki-nauczycielki o Fizyce na Scenie 2:

**Mgr Grażyna GENEROWICZ** – Gimnazjum nr 1 w Kaliszu

Ciekawe o tyle, że dało możliwość poznania takich samych jak ja nauczycieli fizyki. To niesamowite, jak wiele łączy nas, polskich nauczycieli, z kolegami z innych krajów europejskich: mamy podobne pomysły na popularyzację fizyki, często te same problemy, o których mogliśmy porozmawiać. Spotkanie to dało mi możliwość zapoznania się z projektami naszych kolegów i koleżanek z Europy.

Festiwal POS 2 pokazał, jak w ciekawy, często wręcz zaskakujący, a jednocześnie tak prosty sposób, można prezentować doświadczenia fizyczne, jak przygotowywać przedstawienia teatralne z fizyki, by wzbudziły zainteresowanie. Nawet fizyka może być pokazana jako wielkie widowisko.

---

**Mgr Maria Dobkowska** – Zespół Szkół Integracyjnych nr 2 w Warszawie

Podczas pobytu na POS 2 nawiązaliśmy kontakty z nauczycielami z innych krajów, zdobyliśmy wiele przydatnych w naszej pracy adresów internetowych, otrzymaliśmy materiały przygotowane dla uczestników przez agencję badań kosmicznych, instytuty naukowe, CERN i inne organizacje. Przedstawienia, pokazy i doświadczenia oraz ciekawe pomysły edukacyjne prezentowane przez uczestników na stoiskach krajowych sprawiły, że POS 2 miał charakter niezwykle barwnego festiwalu.

---

**Dr Elżbieta ZAWISTOWSKA** – XIV LO, Warszawa

Bardzo ważnym elementem festiwalu była możliwość nawiązania bezpośrednich kontaktów między nauczycielami i uświadomienie sobie, jak podobne problemy występują w różnych krajach.

Zabrakło mi prób odpowiedzi na pytanie, co można zaproponować uczniom już zainteresowanym i szczególnie uzdolnionym. Mam nadzieję, że w przyszłości i ten temat będzie przedmiotem rozważań.

---

**Mgr Ewa PATER** – I LO, Świnoujście

Bardzo otwarci na rozmowę i chętni do podzielenia się doświadczeniami byli Hiszpanie. Ich przyrządy i pomoce naukowe były duże, dobrze widoczne, a eksperymenty proste i czytelne, choć wymagały znajomości i powiązania z sobą wielu praw fizycznych. Prezentując swoje pomysły świetnie się bawili. Przychodzili oni też często do naszych uczniów na stoisko polskie, z zaciekawieniem i aprobatą obserwując przygotowane eksperymenty, chwając ich „prostotę” i odmienność.

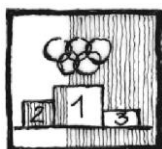
---

**Mgr Małgorzata MASŁOWSKA** – Gimnazjum w Koźminku

Festiwal fizyki w Noordwijk już za nami. Pozostały fotografie, wrażenia, nawiązane przyjaźnie i mnóstwo materiałów edukacyjnych, które otrzymaliśmy, odwiedzając stoiska innych państw. Pozostało również przekonanie, że warto być aktywnym, bo wtedy wykonywany przez nas trudny i często żmudny zawód staje się pasją, a ci, którzy mają pasję, mają cel swego życia.

To było naprawdę fascynujące – nauczyciele z całej Europy, nie znający innych programów nauczania niż swój własny, wszyscy mówili jednym głosem. Okazało się, że mamy dokładnie te same problemy, tak samo próbujemy je rozwiązać i możemy pomagać sobie wzajemnie. Teraz jest to już możliwe. Myśmy mieli okazję spotkać się osobiście, ale nasze kontakty będą trwały przez łącza internetowe. I będę chyba wyrazicielem wszystkich zgromadzonych w Noordwijk, jeśli zaproszę każdego nauczyciela fizyki w Polsce do odwiedzenia strony [www.eun.org](http://www.eun.org).





## IX Krakowski Konkurs Fizyczny dla uczniów szkół średnich

*Sekretarz Konkursu Małgorzata Godlewska*

W dniu 22 maja 2002 w Instytucie Fizyki Akademii Pedagogicznej odbył się IX Krakowski Konkurs Fizyczny. W tym roku w jednej kategorii konkursowej brali udział uczniowie klas drugich szkół średnich. Konkurs, tak jak w roku poprzednim, został zorganizowany przez Instytut Fizyki Akademii Pedagogicznej w Krakowie. Komitetowi Organizacyjnemu przewodniczył już po raz dziewiąty prof. dr hab. Władysław Błasiak.

Uczniowie jak zwykle mieli do rozwiązania dwa zadania otwarte oraz test wyboru składający się z 20 pytań. Tym razem tematyka zadań dotyczyła termodynamiki. Za poprawne rozwiązanie zadań tekstowych uczeń mógł uzyskać łącznie 18 punktów, za każdą poprawną odpowiedź na pytanie testowe można było otrzymać 1 punkt. Suma możliwych do uzyskania punktów przez każdego uczestnika Konkursu wynosiła 38.

W tym roku w Konkursie wzięło udział 70 uczniów. Poniższa tabela przedstawia listę nagrodzonych.

Lokata	Imię i nazwisko	Nauczyciel	Szkoła	Suma punktów
I	Marek Giebułtowski	Elżbieta Kielar	I LO Bochnia	27
II	Paweł Chrzęszcz	Zbigniew Żabiński	LO Miechów	26
III	Zofia Mazurek	Anna Batko-Łazarska	LO Rabka Zdrój	25
IV	Tomasz Fornal	Anna Batko-Łazarska	LO Rabka Zdrój	24,5
V	Michał Ciemięga	Edward Sołtys	IV LO Kraków	23,5
VI	Sebastian Liber	Elżbieta Kielar	I LO Bochnia	23
VI	Elżbieta Madej	Ryszard Zapała	V LO Kraków	23
VIII	Antoni Marcinek	Ewa Batóg	I LO Kraków	21
IX	Bartosz Józefowski	Piotr Toma	LO Andrychów	20,5
X	Michał Godziszko	Julia Wątor	LO Skawina	19,5
X	Grzegorz Labocha	Jadwiga Bendo	XI LO Kraków	19,5
X	Jarosław Lipka	Zdzisław Biernacki	VIII LO Kraków	19,5
X	Iwona Pałka	Maria Piasny	I LO Olkusz	19,5

Główną nagrodą dla zwycięzcy Konkursu jest, jak co roku, tygodniowy pobyt w jednym ze znanych instytutów naukowych Francji, Włoch lub Niemiec, a fundatorem tej nagrody jest główny sponsor Konkursu – Instytut Fizyki Jądrowej w Krakowie. Trzech kolejnych laureatów wzięło już udział w tygodniowym

Przedszkolu Fizyki zorganizowanym przy XLII Szkole Fizyki Teoretycznej w Zakopanem. Sześciu laureatów Konkursu zostało zaproszonych na dwudniowe staże naukowe w Laboratorium Badań Magnetyków i Pracowni Pułapkowania i Chłodzenia Atomów w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz w Pracowni Nanostruktur w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN. Wszyscy laureaci otrzymali nagrody rzeczowe i książki ufundowane przez następujących sponsorów: Instytut Fizyki Akademii Pedagogicznej w Krakowie, Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Dziekana Wydziału Matematyczno-Fizyczno-Technicznego Akademii Pedagogicznej w Krakowie, Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Compact Disc Novelty sp. z o.o., Wydawnictwo Znak. Dr Jadwiga Salach wszystkim laureatom Konkursu ofiarowała zbiory zadań, których jest autorką. Park Wodny w Krakowie ufundował bilety wstępu dla wszystkich laureatów.

Uroczyste wręczenie nagród odbyło się 25 maja w Instytucie Fizyki AP. Było ono poprzedzone bogato ilustrowanym pokazami, wykładem na temat luminescencji.



Fot. Z. Golań-Meyer

Laureaci konkursu: Zofia Mazurek, Marek Giebułtowski i Sebastian Liber uczestnikami Przedszkola Fizyki 2002



## KRONIKA

### **Polska drużyna zwycięzca XV Międzynarodowego Turnieju Młodych Fizyków**

*Andrzej Nadolny  
IF PAN, Warszawa*

Duży sukces odniosła polska reprezentacja, zdobywając pierwsze miejsce w **XV Międzynarodowym Turnieju Młodych Fizyków (XV MTMF)**. Organizowana od kilkunastu lat impreza dla uczniów szkół średnich, tym razem odbyła się w Odessie (Ukraina) w dniach 23-30 maja 2002 r. i zgromadziła rekordową liczbę drużyn z osiemnastu krajów: Australii, Austrii, Białorusi, Bułgarii, Chorwacji, Czech, Finlandii, Gruzji, Holandii, Republiki Korei, Meksyku, Niemiec, Polski, Rosji, Słowacji, Szwajcarii, Ukrainy i Węgier.

Polska była reprezentowana przez pięcioosobowy zespół uczniów XIV Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Staszica w Warszawie, który wcześniej zwyciężył w krajowym Turnieju Młodych Fizyków, organizowanym przez Polskie Towarzystwo Fizyczne.

Podczas Międzynarodowego Turnieju odbyło się pięć tzw. potyczek (angielska nazwa *physics fight*), podczas których każda drużyna występowała kolejno w roli „referenta” (przedstawiając własne rozwiązanie jednego z problemów ustalonych wcześniej przez Międzynarodowy Komitet Organizacyjny), „oponenta” (analizując krytycznie referat innej drużyny) oraz „recenzenta” (podsumowując wystąpienia referenta i oponenta). Istotnym elementem wszystkich potyczek była dyskusja między referentem a oponentem. Wszystkie wystąpienia odbywały się w języku angielskim i były oceniane przez międzynarodowe jury. Trzy drużyny, które uzyskały najwyższe oceny, spotkały się następnie w finale. Były to drużyny Polski, Białorusi i Niemiec.

W końcowej klasyfikacji pierwsze miejsce zdobyła reprezentacja Polski, dwa drugie miejsca zajęły drużyny Białorusi i Niemiec. Zaproszona przez organizatorów XV MTMF do uczestnictwa w imprezie dodatkowa drużyna z Polski, występująca pod nazwą „Polska – Katowice”, uplasowała się wśród zdobywców trzeciego miejsca.

Udział naszej reprezentacji w XV MTMF był możliwy dzięki sfinansowaniu podróży do Odessy przez **Fundację J&S Pro Bono Poloniae** (Ministerstwo Edukacji Narodowej i Sportu udzieliło jedynie niewielkiej dotacji na turniej krajowy).

Skład drużyny z **XIV LO im. Stanisława Staszica w Warszawie**, reprezentującej Polskę na XV MTMF:

Jan Gutt (kapitan), Andrzej Hryczuk, Jacek Wołkowicz, Anna Zlatkes, Robert Żak.  
Drużynie towarzyszył opiekujący się nią nauczyciel – mgr Stanisław Lipiński.

### Charakterystyka Turnieju Młodych Fizyków

Turniej Młodych Fizyków jest imprezą komplementarną względem Olimpiady Fizycznej. Impreza ta charakteryzuje się innym aniżeli na Olimpiadzie – często interdyscyplinarnym – charakterem zadań, pracą zespołową (w zawodach uczestniczą pięcioosobowe drużyny) oraz tym, że – poza pierwszym etapem, korespondencyjnym – zawody są wzorowane na konferencji naukowej, a ocenie podlegają prezentacje rozwiązań w postaci referatów oraz dyskusja prowadzona z udziałem innych uczestników Turnieju (w finałowych rozgrywkach po angielsku). Cechą różniącą Turniej od Olimpiady jest też liczny udział w nim dziewcząt i osiągnięte przez nie sukcesy.

Pełniejsze informacje o XV Międzynarodowym Turnieju Młodych Fizyków są dostępne na stronie internetowej <http://www.iypt.org.ua>.

Adres internetowy krajowego Turnieju Młodych Fizyków:  
<http://www.fuw.edu.pl/~ptf/tmf.html>



Zwycięska drużyna Pana Stanisława Lipińskiego wyróżnionego w 2002 roku nagrodą PTF im. Grzegorza Białkowskiego

KOMUNIKAT**Wyniki X Konkursu  
First Step to Nobel Prize in Physics**

Pierwszy krok ku Nagrodzie Nobla

<http://info.ifpan.edu.pl/firststep>

Waldemar Gorzkowski

Został rozstrzygnięty X Konkurs „First Step to Nobel Prize in Physics”. Podajemy listę laureatów:

- ◆ Nora Busmane (Łotwa) – *Photoisomerisation Processes of Azobenzene Derivatives in Doped Polymer Films*
- ◆ Gatis Mikelsons (Łotwa) – *Measuring the Rate of Gas Diffusion Using a Semiconductor Gas Sensor*
- ◆ Beth Shin Ming Eugene (Singapur) – *Catalytic Synthesis of Carbon Nanotubes*
- ◆ Tan Chun Ghee (Singapur) – *Sharp Platinum-Iridium Tips for Scanning Tunneling Microscopy*
- ◆ Ulyana Horodyskiy (USA) – *Evolution in Motion: Orbital Optimization Using Genetic Algorithms*

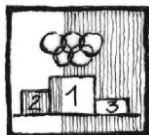
Wśród 40 wyróżnionych odnaleźliśmy dwóch Polaków: Grzegorza Plewę (*Quantum Vacuum Fluctuations*) oraz Bogusza Radziemskiego (*Electric Motor with an Eliminated Phenomenon of Sparking Between Brushes and Commutator Bars*).

Wśród wyróżnionych prac zwróciła uwagę jedna z łacińskim tytułem *In vino veritas*. Chodziło o fizykę śpiewających kieliszków. Inna praca (z Turcji) dotyczyła geotropizmu, czyli wpływu grawitacji na wzrost roślin.

Jak widać, bywają wyróżniane prace wykonane za pomocą prostych środków. Interesujące jest dokładniejsze przejrzanie listy laureatów i wyróżnionych – wybór tematów i „geografia” laureatów. Wygląda na to, że Ukraina to zagłębie przyszłych noblistów.

Prosimy zachęcać uczniów do szerszego udziału w tym konkursie. Z pewnością fizycy, z najbliższych Państwa miejsc zamieszkania uczelni, chętnie posłużą radą i pomocą.

Ukazały się raporty z prac konkursowych 2000/2001, pod redakcją W. Gorzkowskiego i P. Janiszewskiego, wydane przez IF PAN, Warszawa 2002.



## KONKURS **First Step to Nobel Prize in Physics**

Instytut Fizyki PAN ogłasza XI Konkurs na pracę z fizyki dla młodzieży do lat 20 wszystkich typów szkół nieuniwersyteckich.

Wszelkie informacje można znaleźć w Internecie:

<http://info.ifpan.edu.pl/firststep>

lub u organizatora konkursu:

Dr Waldemar Gorzkowski

IF PAN

al. Lotników 32/16

02-668 Warszawa

e-mail: [gorzk@ifpan.edu.pl](mailto:gorzk@ifpan.edu.pl)



## KOMUNIKAT **Wyróżnienie PAU dla podręcznika Rozenbajgierów i Kreinera**

W dniu 29 czerwca 2002 na uroczystym posiedzeniu PAU zostały wręczone dyplomy dla wyróżnionych przez Polską Akademię Umiejętności podręczników dla gimnazjów.

Wyróżniono podręczniki z matematyki i fizyki. Z fizyki to podręcznik Wydawnictwa ZamKor autorstwa Rozenbajgierów i Kreinera. To duże wyróżnienie! Specjalna Komisja PAU wnikliwie analizowała dostępne na rynku podręczniki. Niektóre z recenzji możecie Państwo odnaleźć na stronach internetowych PTF/Sekcja Nauczycielska.

Wyróżnione Wydawnictwo ZamKor przygotowuje poszerzenie kursu fizyki dla szkół ponadgimnazjalnych poza wydany już podręcznik do fizyki – kanon (Fiałkowskich i Sagnowskiej).



## NOWE PODRĘCZNIKI

### **Fizyka i astronomia 1. Zakres rozszerzony. Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego**

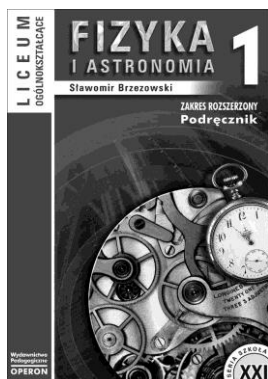
Wydawnictwo OPERON, Rumia

#### **Od Redakcji:**

Zwracamy uwagę Państwa na podręcznik do fizyki dla liceów autorstwa Sławomira Brzezowskiego. Polecamy go wszystkim nauczycielom fizyki, również **nauczycielom fizyki w gimnazjach!** Jeśli chcecie Państwo dokładnie zrozumieć, bez pośpiechu, pewne trudniejsze a bardzo ważne rzeczy, jeśli chcecie podpatrzeć, jak je autor krok po kroku tłumaczy, sięgnijcie po ten podręcznik. Dotyczy to wielu problemów omawianych w gimnazjach.

#### **Od Wydawcy:**

Nota o podręczniku *Fizyka i astronomia 1. Zakres rozszerzony. Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego* autorstwa Sławomira Brzezowskiego.



Nowy podręcznik do fizyki, przeznaczony dla klasy I liceum ogólnokształcącego. Obejmuje materiał z zakresu rozszerzonego. Dopelnieniem zwięzłego i logicznego wykładu są liczne schematy i zdjęcia, stanowiące cenną pomoc w zrozumieniu omawianych zagadnień. Niewątpliwym walorem podręcznika są zadania o zróżnicowanym stopniu trudności. Pełnią one nie tylko funkcję ćwiczeniową i kontrolną, ale także motywacyjną. Podręcznik otrzymał pozytywne opinie rzeczoznawców Ministerstwa Edukacji Narodowej i Sportu.

Autor podręcznika, dr Sławomir Brzezowski, jest aktywnym zawodowo nauczycielem. Od 13 lat pracuje w V LO im. A. Witkowskiego w Krakowie. Ukończył Uniwersytet Jagielloński, gdzie obronił także pracę doktorską. Od 27 lat pracuje na Uniwersytecie Jagiellońskim, obecnie na stanowisku starszego wykładowcy. Jest autorem cenionych przez studentów skryptów uniwersyteckich. Dzięki pracy z uczniami w szkole średniej, a później ze studentami fizyki, potrafi określić potrzeby ucznia i dostosować metody nauczania do możliwości szkoły. Należy do wyróżniających się nauczycieli fizyki w Polsce. Jego uczniowie zasilają kadry olimpijczyków.





## OSTRZEŻENIE

### **Niebezpieczna encyklopedia**

**Andrzej Kajetan Wróblewski ostrzega**

Andrzej K. Wróblewski w *Fizyce w Szkole* (2, 2002, str. 122) ostrzega przed *Multimedialną Encyklopedią Powszechną Millenium* (edycja 2001), wydaną na dwóch płytach kompaktowych. W *Fizyce w Szkole* można znaleźć przykłady ilustrujące powyższe stanowisko. Na str. 122 autor pisze:

„Takiego nagromadzenia naiwności, błędów i przeinaczeń w wydawnictwie, które nazywa się encyklopedią, nie widziałem już od bardzo dawna.

Moje oburzenie powodują nie tylko liczne błędy rzeczowe, ale także przerażająca nieporadność w zestawieniu encyklopedii. Encyklopedia na płycie CD ma się przecież różnić od wersji książkowej także tym, że umożliwia łatwe wyszukiwanie haseł pokrewnych czy powiązanych z sobą, do czego służą przyciski, których naciśnięcie przenosi do odpowiednich tekstów. Także pod tym względem recenzowana *Encyklopedia Millenium* razi niezwykłą nieporadnością”.

Na str. 123:

„Przeglądałem losowo pewną liczbę haseł z astronomii. Można też znaleźć błędy rzeczowe oraz informacje, będące rewelacją dla historyków nauki. Na przykład z hasła «astrologia», napisanego zresztą w bardzo życzliwym tonie dla tej pseudonauki, dowiadujemy się, że wiele elementów astrologii można odnaleźć w dziełach Pitagorasa (sic!). Z innego hasła dowiadujemy się, że Gian Domenico Cassini sformułował «trzy prawa ruchu Księżyca», a «pierwszą prędkość światła zmierzył Roemer (1673) i ...uzyskał wynik  $c = 215\,000$  km/s». W hasle «Jowisz» data rzekomego «pomiaru» Roemera jest podana jako 1676. Ta data publikacji pracy Roemera jest akurat poprawna, ale przecież żadnego pomiaru on nie zrobił i nie podał żadnej wartości prędkości światła, choć tę legendę można spotkać w niektórych źródłach.

W hasle «SI, układ» znajdujemy stwierdzenie, że jest sześć jednostek podstawowych tego układu. Opuszczony jest mol. Jednak w encyklopedii hasło «mol» istnieje i można z niego się dowiedzieć, że jest to «jednostka należąca do układu SI».

Dodam, że w *Encyklopedii Millenium* jest też sporo biogramów fizyków polskich, ale nie mogłem znaleźć żadnego klucza ich doboru. Jest szereg haseł dotyczących towarzystw naukowych. W tych hasłach są też błędy rzeczowe.



Przeglądanie haseł *Encyklopedii Millenium* mogłoby nawet dawać powód do wesołości, bo pomysłowość autorów w podawaniu nieprawdziwych i nieścisłych informacji jest ogromna. Ale przede wszystkim jest bardzo smutne, że tego rodzaju niedopracowana encyklopedia mogła się ukazać na naszym rynku. Ileż szkody przyniosło już to wydawnictwo jego użytkownikom!

Porównanie *Encyklopedii Millenium* z niedawno wydaną *Multimedialną Nową Encyklopedią Powszechną* PWN wypada wprost nokautująco dla tej pierwszej. Encyklopedia PWN wyróżnia się przede wszystkim rzetelną treścią haseł, a to dlatego, że podczas kilkudziesięcioletniej już historii opracowań encyklopedycznych w PWN zawartość tamtejszej bazy danych była wielokrotnie sprawdzana i korygowana przez ekspertów, toteż nieścisłości zdarzają się w niej rzadko.

Tę więc encyklopedię można bez zastrzeżeń polecać, podczas gdy *Encyklopedii Millenium* radzimy unikać do czasu, aż zostanie ona gruntownie przerobiona i skorygowana”.



## FIZYKA W INTERNECIE

### Wywiady z autorami podręczników przeprowadzone przez Adama Smólskiego

Adam Smólski, Redaktor Naczelny *Fizyki w Szkole* przeprowadził obszerne wywiady z autorami najnowszych podręczników do szkół ponadgimnazjalnych. Są to (w kolejności alfabetycznej wydawnictw):

- [1] Krzysztof Chyla, Andrzej Warczak, Barbara Warczak, *Fizyka z Astronomią 1, Licea ogólnokształcące, profilowane i technika. Od Arystotelesa do Einsteina*, Wydawnictwo >DEBIT<, Bielsko-Biała 2002, 120 stron.
- [2] Jan Mostowski, Włodzimierz Natorf, Nina Tomaszewska, *Fizyka i astronomia, Podręcznik dla liceum profilowanego i technikum; kształcenie w zakresie podstawowym*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna, Warszawa 2002, 251 stron.
- [3] Wojciech Dindorf, *Fizyka i astronomia, Moja Fizyka. Zakres podstawowy – szkoły ponadgimnazjalne*, Tom I. Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa 2002, 167 stron.
- [4] Maria Fiałkowska, Krzysztof Fiałkowski, Barbara Sagnowska, *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych*, Wydawnictwo ZamKor, Kraków 2002, 312 stron.

Mogą je Państwo znaleźć na stronie internetowej PTF Sekcji Nauczycielskiej <http://www.ptf.agh.edu.pl/SN>.

---

**Zachęcamy gorąco do zajrzenia na tę stronę i zapoznania się ze stanowiskiem prof. dr. hab. Bernarda Jancewicza i dr Zofii Gołąb-Meyer w sprawie używania terminów prędkość i szybkość.**

Zapraszamy wszystkich do dyskusji na ten temat. W następnym numerze *Fotonu* wydrukujemy tekst stanowiska, uzasadnienie Z. Gołąb-Meyer oraz nadesłane Państwa uwagi.

---

„First Step to Nobel Prize in Physics” has been completed. If you are interested in its results, please visit the page:

<http://info.ifpan.edu.pl/firststep>



## Wybrane środki popularyzacji fizyki

*Wiktor Niedzicki*

### ZOBACZYĆ FIZYKĘ

Podobno jeden obraz wart jest więcej niż tysiąc słów. Pewnie dlatego uczniowie i studenci tak chętnie oglądają ilustracje w podręcznikach, pokazy i doświadczenia lub symulacje komputerowe zjawisk. Dobrze dobrane obrazy pomagają lepiej rozumieć przedmiot nauki i ułatwiają zapamiętywanie treści.

Przed kilkoma laty wystąpiłem z propozycją, aby Komitet Badań Naukowych sfinansował realizację cyklu filmów promujących najciekawsze prace i osiągnięcia nauki polskiej. Oczywiście, wśród zaplanowanych tematów znalazły się także badania z różnych dziedzin fizyki.

Filmy z cyklu „Komitet Badań Naukowych przedstawia” miały za cel promocję polskiej nauki, ale bardzo szybko zaczęły być wykorzystywane przez szkoły i uczelnie w charakterze pomocy dydaktycznej. Umożliwiły bowiem obejrzenie współczesnych narzędzi badawczych oraz poznanie polskich uczonych o światowej sławie.

Ze względu na zainteresowanie ze strony wykładowców i nauczycieli w kolejnych filmach został położony większy nacisk na wyjaśnianie zjawisk fizycznych. Wszystkie zrealizowane filmy dotyczą aktualnych problemów fizyki: od astronomii i astrofizyki po fizykę ciała stałego, od laserów do superciężkich jąder.

Dziś gotowych jest 17 filmów, które można wykorzystać przy omawianiu kilku działów fizyki. Oto one:

### **DRGANIA I AKUSTYKA** TLUMIENIE HAŁASU I DRGAŃ

### **FIZYKA CIAŁA STAŁEGO** KRYSZTAŁY NA ŻYCZENIE NIEBIESKI LASER CIEKŁE KRYSZTAŁY

### **ASTROFIZYKA** KOSMICZNA KATASTROFA INNA TWARZ SŁOŃCA

### **FIZYKA WYSOKICH ENERGII** NOWA WYPRAWA KOLUMBA

PLAZMA KWARKOWO-GLUONOWA  
NOWE ŚWIATŁO

**FIZYKA JĄDRA ATOMOWEGO**  
OBRAZY W REAKTORZE

**SUPERCIEŹKIE JĄDRA**  
DO WYSPIY STABILNOŚCI  
PIĘTNO CZARNOBYLA

**OPTYKA**  
ŚWIATŁO KONTRA METAL  
ŚWIAT PODCZERWIENI  
WĘDRÓWKI FIZYKÓW  
PRÓŻNIA  
POSKROMICIELE OGNI

Na koniec warto wspomnieć o filmie-katalogu FIZYKA ZABAWEK. Jedną z ciekawszych pomocy naukowych na lekcjach fizyki mogą być interesujące zabawki. Niestety, nauczyciel lub wykładowca na ogół ma niewielkie możliwości zebrania ciekawych przykładów przedmiotów, które pozwolą ożywić lekcję czy wykład. Dlatego też zrealizowany został rodzaj filmowego katalogu zabawek. Są one pogrupowane zgodnie z działami fizyki. Nauczyciel lub wykładowca może je wybierać dość dowolnie i samodzielnie komentować w czasie zajęć. Zabawki te mogą być także przedmiotem zagadek dla zdolniejszych uczniów (jak to działa?), ewentualnie zachętą do budowy własnych modeli. W większości zostały dobrane przykłady urządzeń prostych nie zawierających elektroniki, sterowania mikroprocesorami itp. Kilkadziesiąt kopii tego filmu jest obecnie wykorzystywanych w szkołach i uczelniach w całym kraju.

Przedstawione wyżej filmy nie stanowią ostatniego słowa w popularyzacji osiągnięć fizyki współczesnej. Jest to raczej pierwszy krok. Czy powstaną kolejne filmy – zależy będzie od zainteresowania nimi oraz od sponsorów, którzy zechcieliby nie tylko promować polską naukę, ale także pomóc młodym ludziom w poznawaniu zjawisk i narzędzi fizyki.

Blizsze i aktualne informacje o polskich filmach popularnonaukowych można znaleźć na stronie [www.ambernet.pl](http://www.ambernet.pl).



## KOMUNIKATY REDAKCJI

### SPOTKANIA ŚRODOWE W IF UJ

IF UJ, PTF Sekcja Nauczycielska  
Kraków, ul. Reymonta 4, parter – sala 055

Uprzejmie informujemy, iż w niektóre **środy o 16<sup>00</sup>** w roku szkolnym 2002/2003 w Instytucie Fizyki UJ odbywać się będą wykłady i pokazy dla młodzieży szkół średnich, jak również dla gimnazjów.

Tytuły i terminy można znaleźć na stronie internetowej:  
**<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>**

---

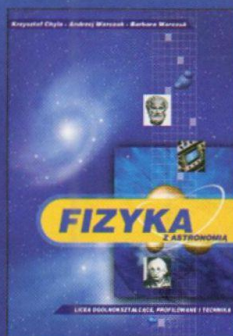
Pracownia Zbiorów w IF UJ informuje, że może organizować płatne pokazy demonstracji fizycznych na uzgodnione ze szkołami tematy. Koszt jednego pokazu rozkłada się na szkoły. Kontakt: **Pracownia Zbiorów, dr Jerzy Mucha, tel. 632-48-88 w. 5504.**

---

**Uczestnictwo w wykładach wyłącznie po zgłoszeniu telefonicznym:  
632-48-88 w. 5563 bądź 5677, lub za pośrednictwem e-mail: [foton@if.uj.edu.pl](mailto:foton@if.uj.edu.pl)**

## Ten podręcznik uczy, jak zrozumieć i polubić fizykę

Nowatorski podręcznik przeznaczony zarówno dla tych uczniów, którzy pasjonują się fizyką, jak i dla tych, którym bliższe są nauki humanistyczne. Zawiera nie tylko rzetelną prezentację praw fizyki oraz ich najważniejszych zastosowań, lecz także kluczowe zagadnienia filozofii i historii nauki. Wiele fragmentów biografii oraz cytatów oryginalnych dzieł mistrzów, np. Newtona, Faraday'a, Plancka czy Einsteina, prowokuje do dyskusji, zadawania pytań i poszukiwania na nie odpowiedzi. Każdy rozdział zakończony jest częścią zawierającą pytania sprawdzające, ćwiczenia, tematy do samodzielnego opracowania oraz zadania przygotowujące do nowej matury, co pozwala uczniom na systematyczne dokonywanie samooceny oraz rozwijanie uzdolnień.



Podręcznik zbudowany jest w oparciu o zreformowany program nauczania, uzupełniony poradnikiem metodycznym dla nauczyciela.



Bezpłatna infolinia  
0 800 111 944

Wydawnictwo >DEBIT<  
tel. (033) 8125525  
e-mail: wyddebit@bb.onet.pl  
www: wydawnictwo-debit.pl