

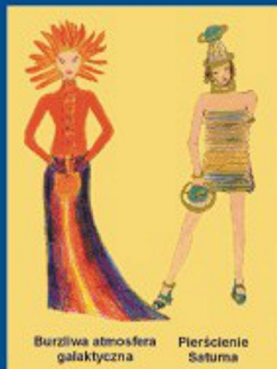
Foton 79

ZIMA
2002

Pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów

INSTYTUT FIZYKI ✕ UNIwersYTET JAGIELLOŃSKI
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

KARNWAŁ INSPIROWANY FIZYKA



Burzliwa atmosfera
galaktyczna

Pierścienie
Saturna

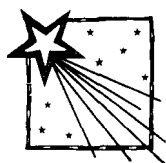
Nobel 2002
Fizyka kwantowa tu i teraz
Fizyk w deszczu



Janio

Profesor Jan Weysenhoff (1889–1972) w wieku około 10 lat
(ze zbiorów rodzinnych Profesora Weysenhoffa)

Na okładce projekt uczennicy Olgi Kietlińskiej



Ku lepszemu

Serce się cieszy, gdy wreszcie widać oznaki zmian na lepsze w naszym nauczaniu fizyki. Pojawili się w znaczącej liczbie chętni do nauki i, jak mawiał mój mały syn, do fizykowania, do zmagania się z trudnymi zadaniami, do prawdziwego eksperymentowania. Cieszy „geografia” tych młodych ludzi. Są wszędzie, a to oznacza, iż wszędzie można odnaleźć znakomitych, pełnych zapału i poświęcenia nauczycieli.

W konkursie PTF-u na doświadczenie pokazowe uczestniczyła młodzież zarówno z gimnazjów, jak i starsza. Startowali oni w konkursie razem z doświadczonymi uniwersyteckimi wygami. I co? Grupie z Opola przypadło pierwsze miejsce wspólnie z uniwersyteckimi fizykami z Lublina. Cieszą dni fizyki organizowane w wielu szkołach. Doprawdy wzruszyłam się, otrzymawszy zaproszenie do XX LO w Krakowie na pokazy z fizyki. Jest to szkoła w Krakowie, przy ul. Szlak, do której chodziłam co dwa tygodnie jako jedenastoletnia dziewczynka do pracowni fizycznej. Tak, to nie pomyłka, wtedy tak młode dzieci już uczyły się fizyki. Może warto wrócić do idei międzyszkolnych pracowni, przynajmniej dla uczniów chętnych do nauki.

„Kwarki”, zakopiańscy przedszkolacy, uczestnicy konkursów „First Step to Nobel Prize” może kiedyś sięgną po „dorosłego” Nobla. Cieszy coraz większy udział dziewcząt, skutecznie rywalizujących ze swoimi kolegami. Przypominajcie Państwo swoim wychowankom, iż uprawiając naukę, będą spotykać się ze zdrową konkurencją, w której nie mają znaczenia żadne znajomości, układy, miejsce urodzenia.

W zeszycie znajdziecie Państwo wiele cennych i ciekawych dla Was i dla Waszych uczniów materiałów. Propozycje zadań, doświadczeń na deser, informacje o ostatniej Nagrodzie Nobla.

Jak przed dwoma laty, ogłaszamy konkurs na afisz noblowski. Zapraszamy również do współtworzenia specjalnego zeszytu uczniowskiego.

Cały Zespół Redakcyjny składa Państwu najlepsze życzenia świąteczne i noworoczne. Zachęcamy do wybrania z naszych fotonowych propozycji, lub lepiej swoich własnych, zabaw z fizyką na powigilijny wieczór.

Zofia Gołąb-Meyer





Contents

Introduction: It is going to be better <i>Zofia Goląb-Meyer</i>	1
Quantum physics here and now <i>Kazimierz Rzążewski</i>	4
The Nobel Prize 2002 <i>Krzysztof Fiałkowski</i>	9
A few words about colour <i>Kinga Bochenek</i>	12
Meta-engineering of the space environment <i>T. Zbigniew Dworak</i>	16
The meaning of the concepts of speed and velocity <i>Bernard Jancewicz, Zofia Goląb-Meyer</i>	24
About difficulties in grasping the concept of velocity <i>Zofia Goląb-Meyer</i>	27
Bicycling physicist in the rain; how to avoid getting wet <i>Wojciech Lewoczko</i>	31
Physics on the Internet.....	35
Physics in the toy end gadget store <i>Stanisław Bednarek</i>	36
Problems: a brick on the conveyor belt <i>Sławomir Brzezowski</i>	41
Reading in English.....	42
Experiments. After-dinner experiments <i>Krzyszyna Raczowska-Tomczak</i>	43
News from schools: Not just formulas <i>Barbara Orchel</i>	45
News from schools: Ach, physics my disaster <i>Teresa Fedorowicz</i>	47
Physics education in Slovenia and Lima <i>Zofia Goląb-Meyer</i>	49
Andrzej Staruszkiewicz about teaching of physics in junior high schools.....	51
Remark on the precision of language in popular magazines and textbooks <i>Zofia Goląb-Meyer</i>	56
New textbooks for senior high schools.....	59
What to read. Books as Christmas gifts. E. Malec's anti-review.....	61
High School Teachers Programme at CERN <i>Danuta Czyżewska</i>	63
Quarks on Summer Programm in Dubna <i>Urszula Woźnikowska-Bezak</i>	66
The International Young Physicist's Tournament (IYPT) 2003.....	68
Competitions.....	69
Communication. Physics Day XX Lyceum in Cracow.....	70
IV th Competition for Demos in Physics of Polish Physical Society.....	71
Chronicle.....	72
Beauty in mathematics <i>Stanisław Łojasiewicz</i>	73
Open House at Institute of Physics UJ in Cracow.....	75
Erratum.....	77
Editorial News.....	78



Spis treści

Ku lepszemu	
<i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	1
Fizyka kwantowa dzisiaj i tutaj	
<i>Kazimierz Rządowski</i>	4
Nagroda Nobla 2002	
<i>Krzysztof Fiałkowski</i>	9
O kolorze słów kilka	
<i>Kinga Bochenek</i>	12
Metaingenieria środowiska kosmicznego	
<i>T. Zbigniew Dworak</i>	16
Prędkość, szybkość – rozróżnienie znaczeniowe terminów	
<i>Bernard Jancewicz, Zofia Gołqb-Meyer</i>	24
Trudności w zrozumieniu pojęcia prędkości	
<i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	27
Fizyk w deszczu na rowerze, czyli jak jechać, żeby nie zmoknąć?	
<i>Wojciech Lewoczko</i>	31
Fizyka w Internecie.....	35
Fizyka w sklepie z gadżetami	
<i>Stanisław Bednarek</i>	36
Kącik zadań. Cegła na transporterze	
<i>Sławomir Brzezowski</i>	41
Czytamy po angielsku.....	42
Kącik eksperymentatora. Doświadczenia na deser	
<i>Krystyna Raczkowska-Tomczak</i>	43
Nie tylko kosmos wzorów!	
<i>Barbara Orchel</i>	45
Ach! Fizyko, moja zmozo!	
<i>Teresa Fedorowicz</i>	47
Nauczanie fizyki w innych krajach	
<i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	49
Uwagi Andrzeja Staruszkiewicza na temat nauczania fizyki w gimnazjum.....	51
Uwaga na temat precyzji języka w szkole i w czasopismach popularnonaukowych	
<i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	56
O podręcznikach dla klas z poszerzonym programem.....	59
Co czytać. Książki pod choinkę. Antyrecenzja Edwada Malca.....	61
Letnia Szkoła Fizyki dla Nauczycieli Fizyki Szkół Średnich w CERN-ie, 2002	
<i>Danuta Czyżewska</i>	63
Kwarki wśród malowniczych rzek w Dubnej, czyli w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych	
<i>Urszula Woźnikowska-Bezak</i>	66
Turniej Młodych Fizyków 2003.....	68
Konkursy.....	69
Komunikat. Zaproszono nas.....	70
IV Ogólnopolski Konkurs na Doświadczenie Pokazowe z Fizyki.....	71
Kronika.....	72
Piękno w matematyce	
<i>Stanisław Łojasiewicz</i>	73
Dni Otwarte Instytutu Fizyki UJ.....	75
Errata.....	77
Komunikaty Redakcji.....	78



Fizyka kwantowa dzisiaj i tutaj

Kazimierz Rządowski

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Warszawa

W 1900 roku poglądy fizyków na budowę materii zaczęły się gwałtownie zmieniać. Te wielkie zmiany zainicjował niemiecki fizyk Max Planck, jeśli wierzyć większości jego biografów, w pewnym stopniu wbrew swoim przekonaniom. Dzięki pracom Plancka fizycy uznali, że światło, traktowane dotąd jako szstandarowy przykład fali, jest pochłaniane i wysyłane przez materię w porcjach, których energia zależy od częstości światła, czyli, odwołując się do potocznego języka, jego barwy. Tak do fizyki weszło pojęcie kwantu energii. Tę elementarną porcję energii wkrótce nazwano fotonem, a do jego ugruntowania walcie przyczyniły się prace Alberta Einsteina i doświadczenia Amerykanina Arthura Comptona. W dwadzieścia pięć lat po odkryciu Plancka, dzięki wysiłkowi wielu fizyków, z których należy tu wymienić przynajmniej Francuza Louis de Broglie'a, Austriaka Erwina Schrödingera, Niemca Wernera Heisenberga, Duńczyka Nielsa Bohra i Anglika Paula Diraca, sformułowano teorię kwantową w wersji, której uczymy do dziś. Wymieniając te nazwiska wraz z narodowością, pragnę podkreślić, jak bardzo międzynarodowa była nauka już w początkach XX wieku.

Co w mechanice kwantowej było najbardziej rewolucyjne? Zapewne wszyscy specjaliści się zgodzą: podstawowa teoria przybrała postać teorii probabilistycznej. Pojawiła się statystyka. Mechanika kwantowa zastępowała mechanikę klasyczną. W tej starej, znakomicie rozwiniętej teorii dostatecznie dokładna wiedza o położeniach i prędkościach ciał w pewnej chwili czasu oraz o działających na te ciała siłach pozwala z dowolnie wielką dokładnością wyliczyć położenia i prędkości tych ciał w chwilach późniejszych.

Oczywiście opis statystyczny był użyteczny także w świecie klasycznym. I to nie tylko w fizyce, na przykład do opisu własności termodynamicznych gazów. Wybór sensownej strategii gier hazardowych wymaga często wiedzy (czasem tylko intuicyjnej) z zakresu rachunku prawdopodobieństwa. Rozumieją to doskonale na przykład brydżyści. Wyniki socjologicznych sondaży opinii publicznej, przeprowadzanych przez specjalistów od badania preferencji politycznych oraz preferencji konsumenckich dużej liczby ludzi, przedstawia się także w syntetycznej formie statystycznej. Dowiadujemy się, jaki ułamek populacji zamierza głosować na przykład na partię X (sprawdziłem, takiej partii na szczęście już nie ma). Stąd oczywiście nie wynika, czy na tę partię będzie głosował pan Kowalski. Nie wynika, ale jeśli znamy pana Kowalskiego, to zawsze możemy go spytać, na kogo

będzie głosował. Podobnie w rozgrywce brydżowej: gdybyśmy znali karty przeciwników, rachunek prawdopodobieństwa stałby się zbędny.

Rola statystyki w mechanice kwantowej jest dużo głębsza. W tej teorii szereg własności pojedynczego elektronu, atomu czy cząsteczki (odpowiedników wyborcy Kowalskiego) pozostaje jedynie „statystycznie” przewidywalnych, tak jak statystycznie przewidywalne jest zachowanie całego zespołu takich cząstek. Nie sposób z pewnością odpowiedzieć na pytanie dotyczące pojedynczego elektronu czy atomu. W zasadzie można „zapytać” pojedynczą cząstkę kwantową o interesującą nas wartość, na przykład prędkości. Coś „odpowie”, ale teoria mówi, że z tej odpowiedzi można tylko wnosić, że **po** pomiarze wartość prędkości jest taka, jaką zmierzono. Co było **przed** pomiarem, pozostaje w pewnej mierze niepewne. Posłużmy się znów naszym przykładem sondażu wyborczego: zapewne bywa i tak, że Kowalski uświadamia sobie swoje wyborcze preferencje dopiero w chwili odpowiadania na pytanie ankietera. Mechanika kwantowa zmusza nas do rezygnacji z tego ambitnego rozumienia przyczynowości: jeśli dostatecznie wiele wiemy o stanie układu w danej chwili, to możemy dokładnie przewidzieć jego przyszłość. Ta i kilka innych zadziwiających cech fizyki kwantowej stały się przedmiotem dyskusji i polemik najwybitniejszych fizyków XX wieku. W dyskusjach tych często współtwórcy teorii kwantów występowali w roli jej krytyków. Niektórzy „ojcowie” mechaniki kwantowej zważyli w swoje „potomstwo”. W bezwzględnej poprawności teorii wątpił Albert Einstein. Krytykował na przykład jej cechy probabilistyczne. Ten wielki fizyk miał także dużą umiejętność wyrażania swoich poglądów w lapidarny i zrozumiały dla niespecjalistów sposób. Powątpiewając w podstawowy charakter praw mechaniki kwantowej, mówił, że przecież „Bóg nie gra w kości”.

Ale mechanika kwantowa ma wiele innych zadziwiających własności. Na jedną z nich zwrócił także uwagę Einstein. Chodzi o tajemniczą **korelację** występującą w pewnych przypadkach **między odległymi podukładami**, na przykład dwoma fotonami emitowanymi przez atom w dwóch przeciwnych kierunkach. Wyniki pomiarów dokonywanych na odległych od siebie fotonach powiązane są tak, że mimo znacznej odległości, fotony zdają się „informować” wzajem o typie czekającego na każdy z nich detektora. Skorelowanie wyników odległych pomiarów nie wymaga w dodatku żadnego upływu czasu. Znów Einstein: to jest „upiorne działanie na odległość”. Bardzo tajemnicze, choć jak dziś wiemy, nie można tego zjawiska, zwanego kwantowym „splątaniem” (szkoda, że w polskiej terminologii nie przyjęło się „splęcenie”), wykorzystać do natychmiastowego przekazywania informacji. Dziś przeciwne twierdzenie znaleźć można tylko u nierzetelnych popularyzatorów.

I jeszcze jedna tajemnica: dualizm falowo-korpuskularny. Zachowanie elektronu czasem łatwiej zrozumieć wyobrażając sobie, że to mała kuleczka, a czasem, że to fala przypominająca kręgi rozchodzące się na powierzchni jeziora,

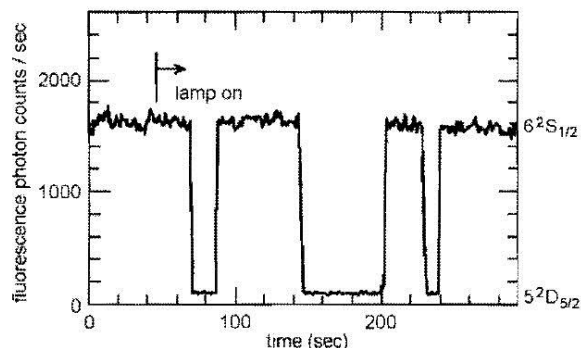
do którego wrzucono kamień. To samo ze światłem i jego elementarną porcją, czyli fotonem. Na kategoryczne pytanie klasycznego fizyka, czy elektron to w końcu cząstka, czy fala, fizyk kwantowy może udzielić tylko wymijającej odpowiedzi: i to, i to.

Przez dziesięciolecia fizycy z wielkim pożytkiem wykorzystywali mechanikę kwantową. Znakomicie opisuje ona wielkie bogactwo zjawisk dotyczących jąder atomowych, atomów, cząsteczek, gazów, cieczy i ciał stałych. To dzięki fizyce kwantowej powstały tranzystory i lasery. Bez nich nie byłoby komputerów osobistych ani odtwarzaczy dysków kompaktowych, zegarków elektronicznych ani systemów nawigacji satelitarnej. Fizyka kwantowa dosłownie odmieniła życie każdego z nas. Fizycy przyzwyczaili się do mechaniki kwantowej. Wielu przestało dostrzegać jej paradoksy. Aby sobie o nich przypomnieć, wystarczy jednak na wykładach mieć dociekliwych studentów. A tych, na szczęście, nie brakuje.

Tymczasem w ostatnich dwudziestu latach o paradoksalnych własnościach mechaniki kwantowej było znów głośno. Tym razem za sprawą postępu fizyki doświadczalnej. W największej mierze dotyczy to dziedziny zwanej optyką kwantową.

Wymienię tu tylko **kilka z tych wspaniałych doświadczeń**. Na początku lat osiemdziesiątych, w serii spektakularnych doświadczeń, z których pierwsze dostatecznie precyzyjne zostało przeprowadzone we Francji przez Alaina Aspecta i jego współpracowników, wykazano, że dostrzeżone przez Einsteina „upierne działanie na odległość” rzeczywiście ma miejsce. Co więcej, **doświadczalnie** wykazano, że mechaniki kwantowej nie daje się zastąpić żadną koncepcyjnie prostszą teorią. Wykazano, że nie ma żadnych tak zwanych parametrów ukrytych. Posługując się analogią brydżową: nie ma do podejrzenia żadnych kart, których znajomość pozwoliłaby wyeliminować z rozgrywki prawdopodobieństwa.

W jaskrawym świetle stało też zagadnienie ograniczonej przewidywalności przyszłości. Wielu fizyków twierdziło, że możliwe w mechanice kwantowej dokładne przewidywanie wartości średnich i innych cech statystycznych wielkich zespołów cząstek jest w pewnej mierze optymalnie dostosowane do doświadczeń, jakie daje się przeprowadzać. Rzeczywiście, do niedawna w doświadczeniach występowały zawsze miliony elektronów, atomów czy cząsteczek. Jednak rozwinięcie skutecznych metod pułapkowania i spowalniania najpierw cząstek naładowanych, takich jak elektrony oraz jony, a potem także obojętnych atomów, zmieniło sytuację. Pojedynczy elektron czy jon zawieszony w pułapce elektromagnetycznej można w sposób ciągły obserwować przez długi czas. Taki jon, odpowiednio oświetlany, dokonuje przypadkowych przeskoków pomiędzy różnymi stanami kwantowymi, a doświadczalnik (pierwszym był Hans Dehmelt – Niemiec pracujący w USA) może to śledzić. Zarejestrowane losy takiego jonu w szczegółach nie są do przewidzenia przez żadną teorię fizyczną! Ograniczenie naszych możliwości jest tu oczywiste.



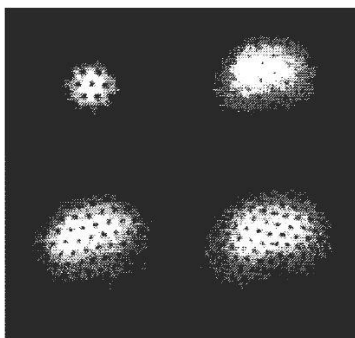
Rys. 1. Zapis Dehmelta zależności od czasu sygnału fluorescencji pojedynczego jonu w pułapce, wykazujący przeskoki kwantowe. Nie można przewidzieć, kiedy nastąpi przeskok

Zacząłem ten artykuł od Plancka i fotonu. Od lat nikt nie wątpi w istnienie fotonu, ale do niedawna nikt nie umiał na żądanie wytworzyć dokładnie jednego albo dokładnie dwóch fotonów. Teraz, a jest to osiągnięcie sprzed dwóch zaledwie lat, można, choć nadal nie jest to łatwe. Pomocna stała się konstrukcja doskonałych, wykonanych z nadprzewodzącego niobu wnęk rezonansowych oraz rozwinięcie laserowych metod przygotowania atomów w ściśle określonych, wysoko wzbudzonych stanach kwantowych, zwanych stanami Rydberga. Te pionierskie doświadczenia wykonano w Garching, w Niemczech, oraz w Paryżu.

Przypomniałem o kontraście pomiędzy światem klasycznym i kwantowym. Niezwykle ciekawe jest penetrowanie obszaru przejściowego, bo należy się spodziewać, że jest tu płynne przejście. Zwykle sądzi się, że odpowiednio duże cząsteczki organiczne zaczynają przejawiać własności klasyczne. W ostatnich latach granice wielkości obiektów zachowujących się kwantowo dramatycznie przesunęło otrzymanie kondensatów Bosego-Einsteina. W ubiegłym roku przyznano za to Nagrodę Nobla. Dziś 10 milionów atomów sodu można wprowadzić w stan, w którym cała ta kropla zachowuje się jak fala. Przejawia ona własności kwantowe, jest świetnie izolowana od otoczenia i poddaje się przeróżnym subtelnym doświadczeniom.

Obecnie przemysłne doświadczenia z pojedynczymi fotonami, kilkoma jonami, pojedynczymi atomami i kondensatami pozwalają mówić o powstaniu inżynierii stanów kwantowych. Z jej rozwojem wiąże się także nadzieje na bezpośrednie zastosowania praktyczne. Do najważniejszych należą: kwantowe sterowanie reakcjami chemicznymi, konstrukcja coraz dokładniejszych wzorców czasu, kwantowa kryptografia. Mechanika kwantowa ze swoim ograniczeniem przewidywalności obiecuje doskonałe, nie do złamania szyfrowanie informacji. A wreszcie najbardziej rewelacyjne, choć na razie hipotetyczne: mechanika kwantowa

stwarza szansę na konstrukcję komputerów kwantowych, które w pewnych przypadkach powinny być wielokrotnie szybsze od konwencjonalnych. W dziesiątkach laboratoriów we wszystkich rozwiniętych krajach prowadzi się prace, które można zaliczyć do inżynierii kwantowej.



Rys. 2. Siatki wirów w kondensacie Bosego-Einsteina z laboratorium Ketterlego w MIT

A co w Polsce? Teoretycy, jak zwykle, jakoś sobie radzą. Nam wystarczą dobre komputery, dostęp do literatury (coraz łatwiejszy dzięki Internetowi), swoboda kontaktów ze światem, udział w międzynarodowych sieciach naukowych, konferencjach i sympozjach. Natomiast doświadczenie, serce fizyki, cierpi na wieloletnie niedofinansowanie. Wielu młodych, świetnie u nas wykształconych fizyków od lat wybierało emigrację. Mam jednak dobrą wiadomość. Po dwóch latach starań 10 i 11 maja otwarto w Toruniu Krajowe Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej. Dyrektorem laboratorium został profesor Uniwersytetu Toruńskiego Stanisław Chwirot. Pierwsze programy doświadczalne realizować będą zespoły naukowe pod kierunkiem prof. Ewy Stachowskiej z Politechniki Poznańskiej (budowa pułapki jonowej dla kilku jonów), prof. Wojciecha Gawlika z Uniwersytetu Jagiellońskiego (budowa pułapek na atomy obojętne przygotowanie warunków uzyskania kondensatu Bosego-Einsteina) oraz prof. Czesława Radzewicza z Uniwersytetu Warszawskiego (uzyskanie źródła splątanych par fotonów). Nad całością czuwa Rada Naukowa, na której czele stoi prof. Tomasz Dohnalik z Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Artykuł jest poszerzoną wersją artykułu drukowanego w *Rzeczpospolitej*, nr 105 (6182) z 7 maja 2002.



Nagroda Nobla 2002

Krzysztof Fiałkowski

Instytut Fizyki UJ

Tegoroczna Nagroda Nobla z fizyki została podzielona na dwie połowy. Pierwszą połowę przyznano **Raymondowi Davisowi** juniorowi oraz **Masatoshi Koshiobie** za „pionierski wkład do astrofizyki, a zwłaszcza za odkrycie neutrin kosmicznych”. Jest to już trzecia Nagroda Nobla związana z neutrinami – niezwykle małymi cząstkami, których biliony przelatują przez każdego z nas w każdej sekundzie, nie powodując żadnych skutków fizycznych. Istnienie neutrin postulował w 1930 r. Wolfgang Pauli (także laureat Nagrody Nobla, ale za inne odkrycia), a doświadczalnie stwierdził w 1953 r. nagrodzony za to po 40 latach Noblem Frederick Reines (współautor odkrycia, Clyde Cowan nie dożył niestety tej nagrody). Wcześniej Nagrodę Nobla otrzymali też Leon Lederman¹, Melvin Schwarz i Jack Steinberger za udowodnienie istnienia dwu rodzajów neutrin (dziś wiemy, że istnieje i trzeci rodzaj).

Urodzony w 1914 r. w USA Davis zajmował się pierwotnie chemią fizyczną. Po czteroletniej służbie w lotnictwie podczas drugiej wojny światowej powrócił do pracy naukowej i od lat pięćdziesiątych usiłował rejestrować neutrina. Zrealizował zaproponowany przez Bruno Pontecorvo i Luisa Alvareza eksperyment, polegający na poszukiwaniu inicjowanej przez neutrina przemiany jąder atomów chloru w jądra radioaktywnego izotopu argonu. Atomy argonu miały być następnie wypłukiwane ze zbiornika z chlorem i umieszczane w licznikach „liczących” późniejsze rozpady. Pierwszy eksperyment Davisa, zakończony w 1955 r. w Brookhaven, dał wynik negatywny: okazało się, że produkowane w reaktorze Brookhaven antyneutrino nie inicjują poszukiwanej przemiany (potrzebne są do tego neutrina!), a strumień neutrin napływający na Ziemię ze Słońca był za słaby, aby można je zarejestrować.

Nie zniechęciło to Davisa. Od 1967 r. do połowy lat dziewięćdziesiątych skonstruowany przezeń nowy detektor z 615 tonami środka czyszczącego zawierającego chlor pracował na głębokości 1500 m w starej kopalni złota Homestake w Południowej Karolinie, rejestrując neutrina wysyłane przez Słońce (wykazano, że inne procesy dają pomijalnie mały wkład do badanej przemiany). Co dwa miesiące „wypłukiwano” z chloru kilkanaście atomów argonu.

Wynik pomiarów Davisa był sensacyjny: okazało się, że neutrin ze Słońca dochodzi do nas o połowę mniej, niż przewidywała teoria! Po wielu próbach tłuma-

¹ Wywiad z Leonem Ledermanem w następnym numerze *Fotonu*.

czenia tego efektu błędami doświadczenia lub teorii reakcji jądrowych, zachodzących w Słońcu, okazało się, że „deficyt neutrin” wynika z kwantowego procesu przemian między neutrinami różnych typów. To z kolei dowiodło, że wbrew długoletniemu przekonaniu fizyków, neutrina mają niezerową masę.

Wielką rolę w ostatecznym rozwikłaniu tej zagadki odegrały eksperymenty przeprowadzone przez zespół kierowany przez drugiego laureata – Masatoshi Koshibę. Jego detektor składał się ze znacznie większego zbiornika, zawierającego pierwotnie kilka tysięcy, a potem 50 tysięcy ton „ultraczystej” wody, umieszczonego na podobnej głębokości w kopalni Kamioka w Japonii. Powstaające w wodzie w wyniku oddziaływania neutrin elektrony wysyłały tzw. promieniowanie Czerenkowa, rejestrowane przez otaczające zbiornik fotopowielacze. Zespół Koshiby badał nie tylko neutrina ze Słońca, ale i neutrina o znacznie wyższej energii, pochodzące z rozpadu cząstek powstających w wyniku oddziaływania promieniowania kosmicznego z atmosferą Ziemi. W wyniku oddziaływania tych neutrin powstawały zarówno elektrony, jak i miony, a porównanie ich liczby pozwoliło właśnie na ostateczne udowodnienie istnienia procesów przemian między neutrinami różnych typów. Zespół zarejestrował też kilkanaście spośród bilionów neutrin, jakie doszły do jego aparatury w 1987 r. z wybuchu Supernowej z odległości 180 tysięcy lat świetlnych, co dostarczyło bezcennych danych o tym procesie.

Druga połowa tegorocznej Nagrody Nobla przypadła **Riccardo Giacconiemu** za „pionierski wkład do astrofizyki, który doprowadził do odkrycia kosmicznych źródeł promieniowania rentgenowskiego”. Urodzony we Włoszech fizyk po wyjeździe do USA w 1959 r. rozpoczął badania promieniowania rentgenowskiego, nadchodzącego do nas z Kosmosu. Jest to niezwykle trudne, bo atmosfera Ziemi pochłania to promieniowanie tak intensywnie, że dopiero aparatura wysłana raketami na wysokość kilkudziesięciu km zdołała w 1949 r. zarejestrować rentgenowskie promieniowanie Słońca.

Giacconi w 1962 r. skonstruował i wysłał raketą aparaturę zdolną do ustalenia kierunku, z którego nadchodzi to promieniowanie. Pozwoliło to na odkrycie innych niż Słońce kosmicznych źródeł rentgenowskich, a po zainicjowanym przez Giacconiego wysłaniu w 1970 r. na orbitę okołozemską satelity „Uhuru” ze specjalną aparaturą detekcyjną „astronomia rentgenowska” stała się dojrzałą nauką, dostarczającą nam nieustannie nowych cennych danych o Kosmosie. Okazało się, że niektóre obiekty kosmiczne (np. pozostałości po wybuchu Supernowych) są źródłami promieniowania rentgenowskiego miliardy razy silniejszymi niż typowe gwiazdy, takie jak nasze Słońce. „Rentgenowska mapa nieba” różni się więc znacznie od wyników obserwacji optycznych.

Kolejnymi etapami rozwoju astronomii rentgenowskiej były (także inicjowane przez Giacconiego) misje satelitów „Obserwatorium Einsteina” i „Chandra”, wysłanych na orbitę odpowiednio w 1978 i 1999 r. Wyniki obserwacji, zarejestrowa-

ne przez aparaturę umieszczoną na tych satelitach, dostarczyły m.in. najpoważniejszych dostępnych dotąd argumentów świadczących o istnieniu czarnych dziur.

Można krótko podsumować, że tegoroczni laureaci poszerzyli zakres metod używanych w astronomii, dodając do klasycznych obserwacji optycznych (w zakresie światła widzialnego) i prowadzonych od lat drugiej wojny światowej obserwacji za pośrednictwem fal radiowych obserwacje „rentgenowskie” i „neutrinowe”. Dzięki tym obserwacjom, a także rozwiniętej później „astronomii promieni gamma”, odkryto nowe kategorie obiektów kosmicznych, poznano nowe, całkowicie nieoczekiwane fakty z dziejów Kosmosu i jego obecnego stanu. Udo- wodniono też, że neutrino mają niezerową masę. Wszystkie te odkrycia nastąpiły- by niewątpliwie znacznie później, gdyby nie talent i wytrwałość laureatów.



Raymond Davis Jr



Masatoshi Koshihara



Riccardo Giacconi

W następnym zeszycie, a już teraz w Internecie na stronie *Fotonu*, obszerniejszy artykuł prof. Marka Kutschery z IF UJ.



O kolorze słów kilka

Kinga Bochenek

Instytut Fizyki UJ

Niebieski, żółty, zielony, czerwony, seledynowy, fioletowy, biały długo można by jeszcze ciągnąć taką wyliczankę. W końcu na liście pojawiłyby się nazwy takie jak łososiowy, groszkowy, cytrynowy, świadczące o tym, że nie zawsze łatwo jest określić kolor, czasem łatwiej jest go porównać z czymś znanym. Być może wszystkie nazwy kolorów powstały w ten sposób. Czym wobec tego jest kolor? Czy jeżeli ktoś opisuje kolor ścian jako np. łososiowy, to czy każda inna osoba opisałaby go tak samo? A co odróżnia kolor morski od turkusowego? Czy są to takie same kolory, czy dwa słowa na powiedzenie tego samego?

Promienie światła, które docierają do oka, mogą mieć różną historię. Mogą pochodzić bądź bezpośrednio z jakiegoś źródła światła, bądź z jakiejś powierzchni, na której zostały rozproszone. Tak czy inaczej niosą w sobie informację o przedmiotach znajdujących się w otoczeniu. Gdy światło pada na rogówkę – czyli najbardziej zewnętrzną część oka – przechodzi przez nią zubożone o część ultrafioletową widma, gdyż rogówka intensywnie pochłania światło w zakresie ultrafioletu. Podobnie jest przy przejściu przez soczewkę i wypełniające oko ciało szkliste. Następnym krokiem na tej drodze jest siatkówka, warstwa tkanki nerwowej o grubości około 300 μm , wyścielająca od wewnątrz gałkę oczną. Tutaj światło z zakresu mniej więcej 400–800 nm jest pochłaniane i informacja o tym zostaje przesłana do mózgu. Tutaj właśnie zaczyna się proces, który nazywamy widzeniem.

Siatkówka składa się z wielu rodzajów komórek nerwowych połączonych w sieć. Dzięki układowi optycznemu, jakim jest oko, obraz świata zostaje odwzorowany na siatkówce jak na kliszy fotograficznej. Ten obraz zostaje zarejestrowany przez wyspecjalizowane komórki nerwowe – receptory światła, ułożone w mozaikę po wewnętrznej stronie gałki ocznej. Komórki te pochłaniają światło i przekształcają jego energię na impulsy nerwowe. Receptory przesyłają informację o swoim pobudzeniu do innych komórek siatkówki w pewien określony sposób. Te pozostałe komórki „komunikują” się między sobą według pewnych reguł, realizowanych poprzez strukturę połączeń między komórkami, dzieląc się w ten sposób otrzymaną informacją. W efekcie to, co siatkówka wysyła za pomocą nerwu wzrokowego do mózgu, to zakodowana informacja o otoczeniu, podzielona na „kanały informacyjne”. Inne włókna nerwu wzrokowego niosą dane np. o kolorach, a inne o ruchu. To tak jak w telewizji czy w radiu. Jedni dziennikarze zbierają informacje z kraju, inni z zagranicy, ktoś inny przygotowuje informacje sportowe, a wszystko to składa się na jeden program informacyjny, jeden obraz świata.

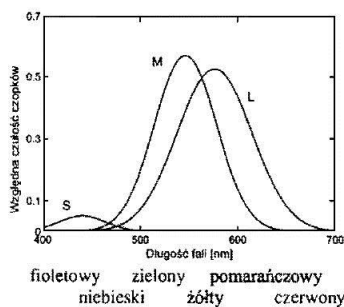
Obróbka i analiza informacji wizualnej nie kończy się na siatkówce. W całym procesie biorą udział jeszcze liczne struktury mózgowe, a wiele aspektów tego zagadnienia jest jeszcze wciąż okrytych tajemnicą. Wróćmy jednak do miejsca, gdzie zostaje odebrana informacja ze środowiska.

Receptorów światła jest w oku kilka rodzajów. Przede wszystkim wyróżnia się dwa – czopki i pręciki. Nazwy pochodzą od charakterystycznego kształtu tych komórek. Pręciki są bardzo czułymi receptorami. Pozwalają widzieć przy skąnym oświetleniu. Czopki, mniej więcej 1000 razy mniej czułe, służą widzeniu za dnia. Pojedynczy receptor pochłania światło z różnym prawdopodobieństwem, w zależności od długości fali padającego światła. Jednak kiedy już pochłonie kwant światła, informacja o długości fali zostaje utracona. W odpowiedzi na pochłonięcie jednego kwantu światła czopek generuje zawsze taki sam sygnał. Pojedynczy czopek jest tak samo ślepy na kolory jak pręcik – pozwala tylko odróżnić jasne od ciemnego. Można się o tym przekonać, oglądając małą kolorową kropkę (o średnicy około 0,5 mm). Jeśli powoli odsuwamy obrazek od oczu, w pewnym momencie kropka robi się czarna (przy odległości od oczu około 1 m). W takich warunkach kropki tej wielkości są odwzorowywane na obszarze siatkówki porównywalnym z rozmiarami pojedynczego czopka.

Ludzkie oko posiada jednak więcej niż jeden rodzaj czopków. Różnią się one widmami absorpcji. Rozróżnia się czopki wrażliwe głównie na fale krótkie typ S, środkowe – typ M i długie – typ L. Nazwy długie – krótkie odnoszą się do zakresu widzialnego widma. Czasem używa się nazw: czopki niebieskie, zielone i czerwone, jednak te określenia mogą być mylące. Maksima absorpcji różnych rodzajów czopków są przesunięte względem siebie, ale te trzy widma razem pokrywają cały zakres widma widzialnego, w taki sposób, że każdy fragment (poza brzegami) jest „obsługiwany” przez dwa typy czopków. Tym samym prawie każda wiązka światła, w tym monochromatyczna, pobudzi przynajmniej dwa różne typy czopków. Wrażenie koloru powstaje, gdy informacja o pobudzeniach różnych receptorów zostaje porównana. Porównanie względnych pobudzeń receptorów pozwala na powstanie nowej jakości – wrażenia koloru.

Na rysunku przedstawiono krzywe absorpcji dla czopków ludzkich na tle widma widzianych przez nas barw. Wyobraźmy sobie eksperyment, w którym prezentuje się komuś światło monochromatyczne i że zmieniamy powoli długość fali, zaczynając od 350 nm i posuwając się ku czerwieni. Początkowo badany nie widzi nic. Przy około 400 nm zaczyna dostrzegać światło ciemnoniebieskie – zostały pobudzone tylko czopki typu S, w końcu są też pobudzane czopki typu M, kolor zmienia się na błękit. Stopniowo czopki S są coraz mniej, a czopki M coraz mocniej pobudzane kolor przechodzi w zielony. Równocześnie zaczynają pracować czopki typu L. W momencie, gdy czopki S są już nieaktywne, a pobudzenia czopków M i L stają się porównywalne, kolor jest żółty. Dalej aktywność czopków M maleje, podczas gdy czopków L rośnie kolor zmienia się z pomarańczowo-

wego na czerwony. Gdy pracują już tylko czopki L, kolor staje się ciemnoczerwony i taki zostaje do momentu, gdy znów nic nie widać.



Rys. 1. Krzywe absorpcji trzech typów ludzkich czopków, wykonane na podstawie danych eksperymentalnych uzyskanych przez Walda (G. Wald, „The Receptors of Human Color Vision”, *Science*, **145**, 1973)

Krzywe przedstawione na rysunku narysowano na podstawie danych eksperymentalnych, uzyskanych przez G. Walda i opublikowanych w *Science* w 1973 roku. Prezentował on badanej osobie światło o danej długości fali, tak słabe, że niemożliwe do zobaczenia. Następnie zwiększał natężenie wiązki aż do momentu, gdy badany oświadczał, iż zobaczył światło. Postępując tak dla różnych długości fal i sprytnie wykorzystując adaptację receptorów¹, otrzymał „krzywe odpowiedzi” wszystkich trzech typów ludzkich czopków. Wykazał też, że krzywe dla danego typu receptora otrzymane dla różnych osób mogą się różnić. Tym samym wrażenia koloru mogą się nieznacznie różnić w przypadku różnych osób. Dotyczy to właściwie tylko kolorów „niezdecydowanych”, kiedy nie mamy pewności, która z barw tęczy w nich dominuje.

Jeżeli dwie wiązki światła pobudzą receptory w takich samych proporcjach, zobaczymy taki sam kolor, nawet jeśli pierwotne wiązki różniły się między sobą. Dzięki temu właśnie zamiast stosować monochromatyczne żółte światło można zmieszać odpowiednio światło czerwone z zielonym. Każdej długości fali można przyporządkować pewien kolor, ale nie odwrotnie. Wynika z tego również, że kolor nie jest czymś, co obiektywnie istnieje w otaczającym nas świecie. Jest to wrażenie powstałe w mózgu. Należy pamiętać, że dla żadnego zwierzęcia nie jest istotne, jaka długość fali dociera do jego oka, ale czy jest ono w stanie wystarczająco szybko odróżnić pokarm od czegoś, co może być trujące, i czy dostrzeże napastnika na maskującym tle.

¹ Zjawisko adaptacji polega na przyzwyczajaniu się receptorów do światła: po dłuższym naswietlaniu reagują one słabiej na bodziec, choć światło ma takie samo natężenie.

Łatwo sobie wyobrazić, że dwie wiązki światła o długościach fal położonych symetrycznie względem maksimum absorpcji pojedynczego receptora będą dla tego receptora nierozróżnialne. Obecność drugiego receptora o przesuniętym widmie absorpcji pozwala je odróżnić. Podobnie istnienie trzeciego receptora pozwala zobaczyć różnice niewykrywalne dla układu dwóch.

Okazuje się jednak, że trzy rodzaje czopków nie są wśród zwierząt czymś typowym. Większość współczesnych gadów posiada całą kolekcję różnych typów czopków w zakresie od bliskiego ultrafioletu do czerwieni. Dodatkowo gadzie receptory mogą zawierać krople kolorowych substancji, działających jak barwne filtry modyfikujące widma absorpcji całych komórek. Podobnie jest u ptaków. Ssaki natomiast posiadają przeważnie dwa typy czopków – S i L. To, co nam się wydaje najbardziej naturalne – system trójreceptorowy – występuje u naczelnych i jest raczej wyjątkiem².

Kolory stanowią w świecie żywym swoisty język międzygatunkowy. To, co dla nas jest po prostu ładne, ciekawe bądź intrygujące, może stanowić ważny element życia zwierząt, tak jak to się dzieje w przypadku pewnego gatunku kalifornijskich jaszczurek. Samce tych zwierząt mogą być ubarwione na trzy różne sposoby -mogą mieć skórę pomarańczową, niebieską lub żółtą. Dla tych jaszczurek jest to element swoistej gry typu „kamień – nożyce – papier”, gry o przetrwanie.

Ubarwienie ciała może chronić – jak u flądry, która przybiera barwy podłoża, ostrzegać – jak u wielu gatunków jadowitych, oszukiwać – jak u zwierząt wykorzystujących zjawisko mimikry³. Może być stałe lub zmienne. Zmiany mogą być bardzo szybkie – jak u kameleona lub mątw, okresowe – jak u wielu zwierząt polarnych, lub zachodzić z wiekiem – jak u tropikalnej rybki *Pygoplites diacanthus*. Ciekawym przypadkiem są mątwy. Barwne wzory służą im do odstraszenia drapieżników, mylenia ofiary i odgrywiają pewną rolę podczas zalotów, tyle że same mątwy kolorów nie widzą.

Zwierzęta posługują się kolorystyką ciała do porozumiewania się zarówno w obrębie danego gatunku, jak i pomiędzy gatunkami. Istnieją pewne uniwersalne „kody” – jak jaskrawe ubarwienie u różnych jadowitych gatunków. Niektóre sygnały są natomiast zrozumiałe tylko dla wtajemniczonych, czyli przedstawicieli tego samego gatunku. Biorąc pod uwagę różnice pomiędzy gatunkami w ilości receptorów, a więc różnice w postrzeganiu, można dojść do wniosku, że nadawca barwnego sygnału często może widzieć coś zupełnie innego niż odbiorca. Jednak cały ten system od wieków funkcjonuje.

² Ciekawe omówienie widzenia kolorów przez zwierzęta na tle ewolucji od gadów do ssaków można znaleźć na angielskiej stronie internetowej:
<http://www.univie.ac.at/Vergl-Physiologie/www/research/morphretframe.html>.

³ Mówiąc w skrócie, zjawisko to polega na upodobnieniu się w toku ewolucji gatunków bezbronych do gatunków jadowitych bądź trujących, co do pewnego stopnia daje ochronę.



Metainżynieria środowiska kosmicznego

T. Zbigniew Dworak

*Akademia Górniczo-Hutnicza,
Zakład Kształtowania i Ochrony Środowiska*

1. Wstęp

W ciągu ostatniego półwiecza nasza wiedza o Wszechświecie, Układzie Słonecznym, Ziemi i miejscu człowieka w Kosmosie dokonała zadziwiającego zwrotu, a właściwie zatoczyła spiralę, osiągając niejako wyjściowe pozycje (w sensie teoretycznych pojęć fizyki, filozofii, metodologii), jakkolwiek już na nowym, współczesnym w porównaniu z dawno minionymi epokami – poziomie. W drugiej połowie XVI w. rewolucja kopernikańska wyzwoliła myśl ludzką z doktryny geocentryzmu, niemal niepodzielnie panującego przez tysiąclecia. Podczas następnego stulecia ten nowy pogląd na świat ugruntowały odkrycia Galileusza, prawa Keplera, a przede wszystkim fizyka Newtona. W XX w. znalazło to wyraz jako kopernikańska zasada kosmologiczna „niczym nie wyróżnionego w Kosmosie obserwatora”, czyli jednorodnego oraz izotropowego Wszechświata (jednakowego we wszystkich miejscach).

Co więcej, jeszcze w XIX w., w latach 1858–1859, nowożytna nauka odniosła kolejne wielkie sukcesy: Charles Darwin ogłosił swoją (i Alfreda Russela Wallace’a) teorię ewolucji (biologicznej), a Robert Wilhelm Bunsen i Gustav Robert Kirchhoff opracowali metodę analizy spektralnej pierwiastków chemicznych. Jak na ironię przewodniczący Towarzystwa Linneauskiego w Londynie wtedy właśnie był napisał: „Ubiegły rok (...) nie zaznaczył się w istocie żadnym z tych wybitnych odkryć, które z gruntu rewolucjonizują, by tak rzec, fundament, na którym wspierają się nauki”, a kilkanaście lat wcześniej znany filozof pozytywizmu Auguste Comte z całą stanowczością stwierdził, iż „skład chemiczny gwiazd musi pozostać na zawsze poza zasięgiem ludzkiego poznania”!

Tymczasem teoria ewolucji właśnie okazała się nad wyraz rewolucyjna, zwłaszcza w zastosowaniu do kwestii pochodzenia człowieka i w konsekwencji pozwoliła wreszcie uwolnić się od ciężącego nad myśleniem ludzkim antropocentryzmu. Natomiast analiza spektralna promieniowania gwiazd pozwoliła ostatecznie potwierdzić (co już wcześniej postulowali astronomowie oraz fizycy) jedność budowy materii we Wszechświecie, który okazał się „taki sam” w każdym miejscu i w każdym kierunku. Po udowodnieniu przez astronomów, że galaktyki stanowią odrębne światy gwiazd (wyspy Wszechświata według Herschela i von Humboldta), a także po odkryciu w 1929 r. przez Edwina Powella Hubble’a zjawiska „ucieczki galaktyk” (ekspansji Kosmosu jako całości) przyszło astrofizykom i kosmologom zrezygnować z idei stacjonarności oraz niezmienności

Wszechświata i przyjąć do wiadomości ewolucyjny model materii–energii wraz z czasoprzestrzenią.

W drugiej połowie XX w. powszechnie już obowiązywało w nauce ewolucyjne podejście do całej materii – nie tylko ożywionej – zaczynając od osobliwości początkowej (początku Wszechświata) i nukleosyntezy pierwotnej, powstawania galaktyk i gwiazd – w tym Słońca – narodzin i rozwoju Układu Słonecznego, przez dryf kontynentów (czyli ewolucję powierzchni Ziemi), a kończąc Kosmosem jako całością. Stało się też oczywiste, że wypracowane na Ziemi, przez ludzi i dla ludzi, dziedziny nauki: matematyka, astronomia, fizyka, chemia – dają się przecież uogólnić na poznany Wszechświat; że te same prawa fizyki i chemii obowiązują dla całej materii kosmicznej, energii i czasoprzestrzeni.

2. Problemy i wątpliwości

Jednak w tym nowatorskim, eleganckim, rzec by można, podejściu do otaczającego nas świata – chociaż Ziemia przestała być jego centrum, a zamieszkujący ją człowiek przestał być „miarą wszechrzeczy” – istniały przecież jeszcze pewne niewyjaśnione kwestie, które początkowo miano jakby za drugorzędne. Wydawało się bowiem uczynom, że skoro fizyka i chemia jest tożsama dla poznanego Wszechświata, Układ Słoneczny nie znajduje się w jego środku (ani też nawet w pobliżu jądra Galaktyki, lecz na jej peryferiach), Ziemia jest tylko jedną z wielu planet, a warunki powstawania układu planetarnego i ewolucji Ziemi są mniej więcej wiadome, to bez wątplenia muszą istnieć również inne, pozasłoneczne układy planetarne i powinno także „gdzie indziej” występować życie (oraz pozaziemskie biosfery i... cywilizacje). Ponadto umacniały nas w tym poglądzie przemyslenia dawnych astronomów i filozofów (choć nie zawsze realistyczne, jak np. szwedzkiego mistyka Emmanuela Svedenborga). O ile zatem pierwsze założenie, o powszechności układów planetarnych (przynajmniej w naszej Galaktyce), wywodziło się oczywiście z jedności praw fizyki i chemii we Wszechświecie – o tyle drugie było podyktowane już to dogłębnym przeświadczeniem, już to koniecznością przyjęcia, że reguły biologiczne, wywodzące się pośrednio z praw fizykochemicznych, podobnie będą obowiązujące na skalę kosmiczną. Według wcześniejszych przekonań (z XVIII i XIX w.) życie miało istnieć pod każdą niemal gwiazdą, widzialny Kosmos miał wręcz „kipieć materią ożywioną”, kontakt międzycywilizacyjny miał zaś zostać niebawem nawiązany. Tymczasem jak dotąd nic podobnego nie nastąpiło. Entuzjaści (z połowy XX w.) pozaziemskiego życia (egzobiologii) oraz cywilizacji kosmicznych – np. Stanisław Lem i Josip S. Szklowski – stawali się co najmniej sceptykami lub wprost negowali wszelkie hipotezy o powszechności inteligencji (cywilizacji) we Wszechświecie. Inni uczeni starali się o racjonalne wyjście z tego niespodziewanego impasu, całkiem poprawnie tłumacząc niepowodzenia w odkrywaniu innych układów planetarnych ich ogromnymi przecież odległościami od Słońca i zbyt drastyczną różnicą jasno-

ści między gwiazdą a jej ewentualnymi planetami. Brak przejawów istnienia cywilizacji galaktycznych bądź ich milczenie wyjaśniali najbardziej wysublimowanymi i wyrafinowanymi powodami – łącznie z inżynierią środowiska kosmicznego, nierozpoznawalną jednak dla nas jako artefakt, czyli zjawisko sztucznego pochodzenia.

Co prawda, w minionym dziesięcioleciu zaczęły się mnożyć doniesienia o odkrywaniu oznak istnienia innych układów planetarnych (a raczej pojedynczych planet wokół niektórych gwiazd). Jednak zestawienie wszystkich dotąd odkrytych efektów, mogących świadczyć o obecności planet wokół odległych gwiazd, budzi podejrzenie, iż nie są to układy planetarne *sensu stricto*, lecz raczej jakby zdegenerowane gwiazdy podwójne (których – nawiasem mówiąc – jest w naszej Galaktyce ponad 90%). Okazało się również, że istnienie układów planetarnych wokół gwiazd podwójnych jest raczej niemożliwe, ponieważ zachodzi taka oto alternatywa: powstaje układ albo gwiazdy podwójnej, albo gwiazdy pojedynczej z układem planetarnym. Nawet jeśli by takie układy planetarne powstały, to pojawienie się – na planetach gwiazd podwójnych – życia nie będzie możliwe ze względu na niestabilność orbit planetarnych. Ponadto wyjaśniło się, iż odpowiednim miejscem w przestrzeni (w naszej Galaktyce) do powstawania układów planetarnych, w dodatku mogących zostać obdarzonych życiem, jest tzw. krąg korotacji w Galaktyce, odległy od jej środka o 10,5 kpc – czyli że istnieje w niej jednak pewien wyróżniony obszar (sfera?!). Co więcej, wyjaśniło się, iż aby uformowała się planeta „ziemiopodobna” i mogło na niej powstać, a następnie ewoluować życie oraz biosfera, musi zajść precyzyjnie niemal dostrojona („wyróżniona”) sekwencja zdarzeń kosmicznych, trudna do ponownego powtórzenia – mimo, skądinąd, powszechności takich zdarzeń, każdego z osobna.

Niemal równocześnie z kłopotami, jakie pojawiły się w związku z próbami odkrycia cywilizacji pozaziemskich (a przynajmniej innych układów planetarnych), wyniknęły również problemy natury fundamentalnej w fizyce oraz kosmologii. Nie chodzi przy tym o osobliwość początkową ani nawet o „pierwsze trzy minuty” (w standardowym modelu kosmologicznym) są to, rzecz by można, „normalne problemy”, jakie napotykaamy, pytając o każdy „początek”.

Już w 1936 r. sir Arthur Eddington zauważył przedziwną koincydencję wielkich liczb, łączących z sobą w pewien sposób mikroświat i megaświat (mikrofizykę i kosmologię). Chodzi o zaskakujące zbieżności między wartościami pewnych wyrażeń utworzonych z podstawowych stałych fizycznych oraz z podstawowych parametrów kosmologicznych, cokolwiek miałyby to znaczyć. Następnie podobne „zbiegi okoliczności”, a w ślad za nimi – niepokojące pytania o sens Wszechświata i o to, kim my jesteśmy wobec Wszechświata, zaczęły się mnożyć. Co więcej, okazały się one właśnie uwikłane w kwestię istnienia na Ziemi życia oraz inteligencji (człowieka) – przy jednoczesnym stwierdzeniu (jak dotąd) braku oznak obecności ETI (pozaziemskiej inteligencji), przynajmniej w naszej Galaktyce.

Wielką trudnością natury kosmologicznej we współczesnej fizyce jest przede wszystkim brak – jak dotychczas – jednolitej teorii pola. W szczególności brak jest uzgodnienia zasad mechaniki kwantowej z ogólną teorią względności. Wiąże się to między innymi z najbardziej może spektakularnymi problemami kosmologicznymi: z problemem płaskości Wszechświata oraz z tzw. paradoksem horyzontu (kosmologicznego). Szczególną próbą wyjaśnienia tych zagadkowych własności Wszechświata (z pozycji jedności praw fizyki, izotropowości i jednorodności materii–energii w czasoprzestrzeni) są tzw. modele inflacyjne, głoszące między innymi, iż w początkowych stadiach istnienia Wszechświata jego ekspansja była o kilka rzędów wielkości szybsza niż obecnie. Nie zostały one do dziś w pełni potwierdzone empirycznie, wymagają również przyjęcia specjalnych warunków początkowych. Jednakże osobiście znamienne i zarazem wysoce kontrowersyjna okazała się tzw. ostateczna zasada antropiczna, pretendująca do wyjaśnienia wszelkich paradoksów, specyficznych zbiegów okoliczności obserwowanych we Wszechświecie i mająca już bezpośrednie przełożenie do kwestii istnienia życia oraz cywilizacji „tu i teraz”, na Ziemi (a być może tylko „tu i teraz”!). Podczas gdy jedni uczeni są pełni rezerwy wobec zasady antropicznej (podobnie zresztą jak i wobec modeli inflacyjnych), inni odnoszą się do niej wręcz entuzjastycznie i mają na to dobrze umotywowane argumenty: „obserwowane wartości wszystkich zjawisk fizycznych i kosmologicznych nie są jednakowo prawdopodobne, ale przyjmują wartości ograniczone przez wymóg istnienia opartego na węglu życia i jego rozwoju oraz wymóg odpowiedniego wieku Wszechświata, w którym powstanie życia i jego ewolucja mogła się dokonać”. Mieszczą się w tym i modele inflacyjne, i ewolucja Ziemi wraz z jej biosferą, inaczej – wysoce kontrowersyjna hipoteza Gai Lovelocka, traktująca naszą planetę jako jeden wielki homeostat.

Zatem: „Krótko mówiąc – parametry Kosmosu nie mogą być dowolne, przypadkowe, «nieuprzywilejowane» – jak zwykło się mawiać w odniesieniu do kopernikańskiego Wszechświata, ale przeciwnie, muszą być właśnie takie, jakie są konieczne, by mogło się narodzić życie – skoro wiemy, że życie w tym Wszechświecie powstało”.

Oto co miałem na myśli, pisząc we wstępie, że nauka zatoczyła spiralę – powracając ponownie do sytuacji „wyróżnionego obserwatora”, do swoiście rozumianego „antropocentryzmu” i antropomorfizmu, wyrażonego właśnie zasadą antropiczną. Tak konsekwentnie przeprowadzone podejście do naszego istnienia nasuwa jednak szereg wątpliwości zarówno natury metodologicznej (silna zasada antropiczna jest tautologią, zasadą *idem per idem*), jak i filozoficznej: implikuje ono swoistą oraz szczególnej postaci „metainżynierię środowiska kosmicznego”.

3. Przypadek czy konieczność?

Wydaje się, iż powodem postulowania silnej zasady antropicznej był – nigdzie jednak w sposób jawny nie przywoływany ani nawet wymieniany – odwieczny

spór o przypadek i konieczność, do dziś zresztą nierozstrzygnięty, a na wyższym niejako poziomie stawiający nas przed dylematami: przyczynowości, pewności i prawdopodobieństwa, determinizmu i/lub indeterminizmu, szczególnie widocznym w mechanice kwantowej.

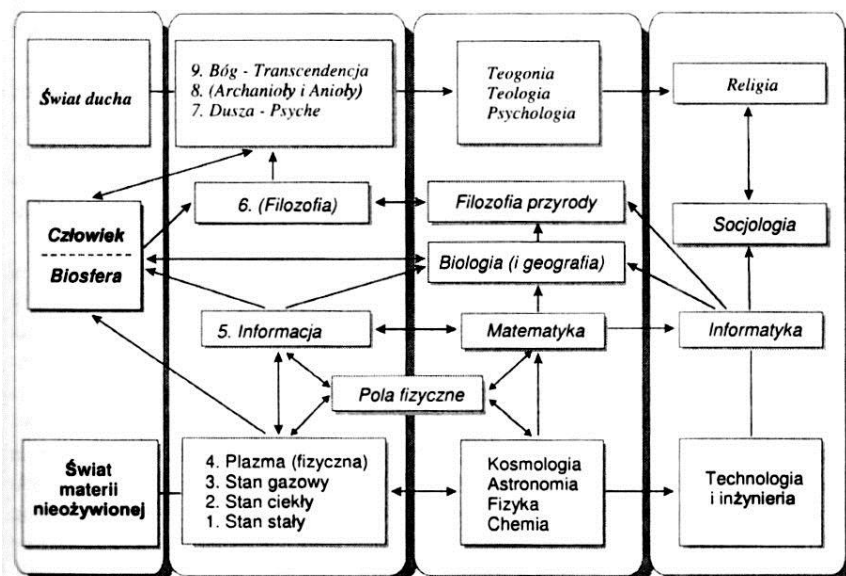
W rzeczy samej, jeśli wziąć pod uwagę brak jakichkolwiek oznak istnienia cywilizacji kosmicznych, brak życia na innych planetach a zarazem: osobliwości powstania Układu Słonecznego, Ziemi, ewolucji na niej biosfery oraz powstanie człowieka, to pojawia się przed nami taka oto alternatywa: albo jesteśmy w pewnym sensie przypadkowym „wyrzodnieniem” na tle „normalnego Kosmosu”, albo – jego koniecznym wyróżnieniem właśnie. *Tertium non datur?* Niezupelnie, bo można też przyjąć, że jesteśmy normalnym przypadkiem, chociaż niesłychanie rzadkim we Wszechświecie, może nawet jednostkowym Gest to tzw. słaba zasada antropiczna). Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że bliższa nam będzie idea dostarczająca ponadto komfortu psychicznego, iż jesteśmy „wyróżnieniem”, koniecznością we Wszechświecie.

W ciągu minionych dziesięcioleci ustalono przecież, że przypadek również odgrywa ważną rolę w różnych procesach fizycznych, chemicznych, geologicznych i biologicznych. Pewne zjawiska stochastyczne wydają się jakby dominujące nad determinizmem, znanym z mechaniki klasycznej, a niektóre zdarzenia (czy to w Kosmosie, czy na Ziemi) są wręcz nieprzewidywalne. Z drugiej jednak strony, obserwujemy we Wszechświecie więcej ładu niż chaosu. Mimo statystycznej jednorodności Wszechświata układy kosmiczne tworzą przecież pewną hierarchię. I pomimo indeterminizmu (np. zasady nieoznaczoności Heisenberga) na poziomie mikroświata układy makroskopowe wydają się jednak spełniać zasady fizyki klasycznej. W zaistniałej sytuacji staje się konieczne nowe, uogólnione podejście do przypadku i konieczności – potraktowanie tych dwóch rzekomo wykluczających się opisów świata jako przejawu swoistego dualizmu deterministyczno-probabilistycznego, analogicznego w pewnym sensie do dualizmu korpuskularno-falowego, którego koncepcja i przyjęcie sprawiło swego czasu tak wiele trudności ideologicznych.

„Ostateczną” zasadę antropiczną można również uznawać za próbę wyjścia z tego impasu, w jakim znalazła się nauka w swym dążeniu do jednolitego opisu świata. Według najbardziej skrajnej wersji tej zasady Wszechświat po to tak długo istnieje (około 15 mld lat), po to ma takie, a nie inne własności fizykochemiczne, po to występują w nim miliardy galaktyk i miliardy miliardów gwiazd, żeby wreszcie pod jedną z nich, na osobliwej planecie Ziemi, mogło narodzić się życie oraz powstać inteligencja. W takim potraktowaniu zagadnienia nie ma rzeczywistości miejsca na przypadek pozostaje tylko konieczność, z czym jednak większość uczonych oczywiście się nie zgadza.

Natomiast odwzorowaniem takiego podejścia do świata mógłby być następujący schemat:

SCALA NATURAE ET SPIRITU
i wzajemne powiązania



Schemat ten można interpretować na różnych poziomach, wskazując na wielorakie powiązania. Oczywiście nauki podstawowe odnoszą się do wszystkich stanów materii oraz do biosfery, środowiska i człowieka.

4. Metainżynieria środowiska kosmicznego

Istotnie, przyjęcie najsilniejszej wersji zasady antropicznej oznacza już teleologię: „świat, który tak bardzo zdaje się **korzystny** dla naszego istnienia, może zostać uznany za **celowy**, świadomie przygotowany na nasze przyjście” (!). Czy istnieje zatem Ktoś, kto „zabawia się” w metainżynierię środowiska kosmicznego? Tego rodzaju teleologia nie ma jednak nic wspólnego z teologią. Ponadto tak pojmowana celowość istnienia Wszechświata, chociaż jej intencje są znaczne, prowadzi do niepokojących wniosków. Czy naprawdę można traktować serio przypuszczenie, iż – ujmując w największym skrócie – Wielki Wybuch (w którym około 15 mld lat temu powstała materia i energia wraz z czasoprzestrzenią), pierwotna nukleosynteza, powstawanie galaktyk, narodziny w nich gwiazd, eksplozje supernowych, powstanie Układu Słonecznego, Ziemi, jej ewolucja geologiczna i chemiczna, dryf kontynentów – wszystko to zdarzyło się tylko po to, żeby pojawiło się i ewoluowało życie, aż do powstania człowieka włącznie? Więc cały ten ogromny Wszech-

świat, zawierający niewyobrażalną ilość materii w różnej postaci, istnieje od wielu, wielu miliardów lat istnieje wyłącznie po to, aby na niewyobrażalnie małej drobinie Kosmosu, pyłku zagubionym w przeogromnej przestrzeni, mógł pojawić się i obserwować to wszystko człowiek? Czy rzeczywiście trzeba było aż tak wysoce i wszechstronnie zorganizowanego środowiska kosmicznego, żeby mogło zaistnieć nasze mikroskopijne w tej skali środowisko? Na domiar złego okazujemy „czarną niewdzięczność” Wszechświatowi, niszcząc bezustannie własne środowisko oraz własne życie (nie tylko w licznych wojnach i bezsensownych aktach przemocy), które jako jedyny obecnie znany przejaw negentropii (ujemnej entropii) jest bezcennym skarbem. Czy w takim razie nie jesteśmy jednak „wynaturzeniem” Wszechświata, a nie jego „wyróżnieniem” lub przynajmniej – normą?

W związku z tak pojętą metainżynierią środowiska kosmicznego przypomina się słynna wypowiedź Alfonsa X Mądrego, króla Kastylii i Leonu (XIII w.), który wysłuchawszy jakiejś rozprawy o deferentach, epicyklach (do opisu drogi Marsa wprowadzono wtedy już 200 epicykli, nanizanych jeden na drugi!), miał zakrzyknąć, że gdyby Bóg zapytał go radę, to Wszechświat byłby mniej skomplikowany, prościej zbudowany... Nasuwa się w tym miejscu refleksja-hipoteza „ułomnego Boga”, wypowiedziana nieśmiało w psychologiczno-filozoficznym utworze *Solaris* Stanisława Lema. I w rzeczy samej, musiałby to być „ułomny Bóg”, skoro po pierwsze do stworzenia Ziemi wraz z biosferą potrzebował o kilkadziesiąt rzędów (!) wielkości więcej materii, a do stworzenia człowieka o kilka rzędów wielkości więcej czasu od wieku Wszechświata, i – po drugie – nigdy i nigdzie więcej nie powtórzył swego dzieła. Stoi to zatem w jawnej sprzeczności z omnipotencją Stwórcy. Dlatego też – niezależnie od tego, czy przyjmujemy intencjonalne, czy nieintencjonalne powstanie człowieka w takim a nie innym Wszechświecie – ani teolodzy, ani większość uczonych nie zgadza się z taką „ostateczną” zasadą antropiczną. Nie eliminuje to bynajmniej możliwości zastanawiania się nad serią zadziwiających koincydencji we Wszechświecie, zmusza jednakże do przestrzegania zasady „brzytwy Ockhama” i stosowania poprawnej metodologii.

5. Podsumowanie

Przekonanie o przeciętności Ziemi we Wszechświecie – co było niejako równoważne możliwości powszechnego występowania, przynajmniej w naszej Galaktyce, planet „ziemiopodobnych” – uległo pewnemu osłabieniu z powodu niestwierdzenia jak dotąd życia na innych planetach Układu Słonecznego oraz braku oznak istnienia cywilizacji pozaziemskich. Problemy, na jakie natknęła się fizyka i kosmologia u schyłku XX w., wydawały się pogłębiać impas w definicji „niewyróżnionego obserwatora” w Kosmosie. Znalazło to wyraz właśnie w sformułowaniu zasady antropicznej. Jej konsekwencje okazały się o wiele głębsze, niż mogli to nawet przypuszczać twórcy tej zasady. Najdalej płynący z niej wniosek to „metainżynieria środowiska kosmicznego”, który stoi jednak w jawnej sprzeczności

z całą dotychczasową nauką, jak również z teologią. Evandro Agazzi, włoski filozof przyrody, napisał: „Zadaniem uczonego jest poszerzanie granic nauki, ale nigdy ich przekraczanie”. Wynika stąd, iż chociaż mamy obecnie zupełnie inne podejście do zagadnienia powstania i ewolucji Ziemi, jej biosfery oraz człowieka, to nie możemy *a priori* twierdzić, że cały Wszechświat zaistniał i istnieje tylko na naszą cześć. Może się co prawda okazać, iż Wszechświat nie w pełni jest dla nas poznawalny, lecz... – jak napisał ks. prof. Michał Heller – „Nie widać żadnej konieczności, by ewolucja biologiczna miała jakkolwiek interes w wyposażaniu nas w potężny mózg, który mógłby skutecznie zmierzyć się ze skomplikowaną strukturą Wszechświata”.

Istnieją jeszcze inne próby wyjaśnienia wszystkich okoliczności naszego istnienia, jak np. hipoteza *poliversum* (wypowiedziana po raz pierwszy przez Stanisława Lema) czy też Wszechświata oscylującego. Wtedy po prostu można by przyjąć, że spośród wszystkich wszechświatów, rozłącznych i niedostępnych dla nas jednak, nasz jest najbardziej „przyjazny”. Takie hipotezy są jednak niefalsyfikowalne, a przez to mało przydatne w nauce.

W fundamentalnej fizyce i kosmologii nie ustają wysiłki w celu zrozumienia „początku świata”, a właściwie – czegoś, co poprzedza erę Plancka, dzięki teoretycznym pracom nad kosmologią kwantową, co w ostatecznym rezultacie może nam przynieść odpowiedź na wiele niepokojących pytań, związanych z osobliwymi koincydencjami niektórych zjawisk, podstawowych stałych fizycznych i parametrów fizykochemicznych we Wszechświecie, statystyczną wizją świata, z przyczynowością, przypadkiem i koniecznością. I nie ulega wątpliwości, że odkrycie przejawów życia pozaziemskiego mogłoby poniekąd zmienić całą naszą dotychczasową strukturę nauki.

Literatura zalecana

- [1] Bohm D.: *Ukryty porządek*. Wyd. Pusty Obłok, Warszawa 1988
- [2] Dworak Z., Sołtys Z., Żbik M.: *Wszechświat i ewolucja*. LSW, Warszawa 1989
- [3] Dworak Z., Paprotny Sołtys Z.: *Milczenie Wszechświata*. WP, Warszawa 1997
- [4] Guth A.H.: *Wszechświat inflacyjny*. Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2000
- [5] Heller M.: *Ewolucja Kosmosu i kosmologii*. PWN, Warszawa 1983
- [6] Heller M.: *Kosmologia kwantowa*. Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2001
- [7] Heller M.: *Początek jest wszędzie*. Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2002
- [8] Kuchowicz B.: *Kosmochemia*. PWN, Warszawa 1979
- [9] Lem S.: *Solaris*. MON, Warszawa 1961
- [10] Lem S.: *Summa Technologiae*. WL, Kraków, 1964
- [11] Prigogine I., Stengers I.: *Z chaosu ku porządkowi*. PIW, Warszawa 1990
- [12] Ryszkiewicz M.: *Matka Ziemia w przyjaznym Kosmosie. Gaja i zasada antropiczna w dziejach myśli przyrodniczej*. PWN, Warszawa 1994
- [13] Szklowski J.S.: *Wszechświat, życie, myśl*. PWN, Warszawa 1965
- [14] Szyborski K.: *Oblicza nauki*. Iskry, Warszawa 1986



Prędkość, szybkość – rozdzielenie znaczeniowe terminów

Bernard Jancewicz

Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego

Zofia Gołąb-Meyer

Instytut Fizyki UJ

Zapraszamy wszystkich Państwa do dyskusji na temat rozdzielenia znaczeniowego słów „prędkość” i „szybkość”. Dyskusję na ten temat toczą już od jakiegoś czasu członkowie Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Są głosy zarówno za rozdzieleniem, jak i przeciwko. Wypowiedzieli się już nauczyciele. Tu również nie ma pełnej jednomyślności. Zanim opublikujemy reprezentatywne głosy, radzi bylibyśmy dostać więcej uwag od uczących nauczycieli, i to wszystkich szczebli nauczania, począwszy od nauczania początkowego.

W języku potocznym terminy „prędkość” i „szybkość” są używane zamiennie. Są prawie synonimami. Znajduje to odbicie w słownikach języka polskiego. Jednak niektóre słowniki przy słowie „prędkość” podają informację, iż jest to wielkość fizyczna. *Słownik poprawnej polszczyzny PWN* [1] informuje: „prędkość – wielkość fizyczna, stosunek drogi do czasu, w którym dane ciało tę drogę przebywa”. To określenie oddaje **powszechne i utrwalone** rozumienie tego terminu przez Polaków. Dla fizyków nie jest ono jednak poprawną definicją. Bliższe przyjrzenie się użyciu słów „prędkość” i „szybkość” wskazuje na pewne rozdzielenie znaczeniowe. „Szybkość” jest częściej używana do opisu tempa zmian wielkości skalarnych, a „prędkość” do opisu ruchu przy użyciu wektorów. Pomocze w tym *Leksykon naukowo-techniczny* [2], który rejestruje terminy naukowe. Otóż podaje on: „prędkość – podstawowa wielkość wektorowa charakteryzująca ruch”. Zwróćmy uwagę na słowo „wektorowa”. Niestety nie podano od razu pełnej definicji prędkości jako pochodnej wektora położenia względem czasu. Dopiero nieco dalej w tym haśle jest napisane „prędkość liniowa ciała w ruchu postępowym jest pierwszą pochodną drogi względem czasu”. To jeszcze nie jest dobrze, bo użyto słowa „drogi” zamiast „wektora położenia”. No cóż, nie wszystko od razu jest idealne. Warto też przyrzeć się umieszczonym we wspomnianym *Leksykonie* hasłom wielowyzrazowym z użyciem słowa „prędkość”. Są to m.in. „prędkość boczna, prędkość dźwięku, prędkość fazowa, prędkość grupowa, prędkość kątowna, prędkość kołowa, prędkość kosmiczna, prędkość krytyczna przepływu, prędkość obrotowa, prędkość opadania, prędkość polowa, prędkość przy-

dźwiękowa, prędkość radialna, prędkość wznoszenia” itd. Wszystkie one dotyczą wielkości wektorowej lub jakiejś jej składowej.

W tymże *Leksykonie* nie ma pojedynczego hasła „szybkość”, są tylko hasła dwu- i więcej wyrazowe: „szybkość korozji, szybkość parowania, szybkość przesyłania informacji, szybkość reakcji, szybkość sedymentacji, szybkość suszenia”. Widzimy, że wszystkie one odnoszą się do wielkości skalarnych. I to jest dobrze, bo jeśli w języku potocznym są dwa słowa bliskie znaczeniowo, to w języku naukowym nadają się do nazywania różnych pojęć.

Warto przyrzeć się, jak to jest w innych językach europejskich. W języku angielskim są trzy słowa *speed*, *velocity* i *rate*. Dwa pierwsze odpowiadają raczej wielkościom wektorowym, ale ich status nie jest równy, *speed* jest bowiem słowem potocznym i technicznym, a *velocity* jest słowem z podręczników fizyki i matematyki. Przykłady: *idling speed* – prędkość na biegu jałowym, *safety speed* – prędkość bezpieczna, *flying speed* – prędkość lotu; *linear velocity* – prędkość liniowa, *phase velocity* – prędkość fazowa, *angular velocity* – prędkość kątowa. Taka sytuacja jest dydaktycznie lepsza. Bo mówiąc o prędkości bez wspominania o jej wektorowym charakterze, nauczyciel może posługiwać się potocznym słowem *speed*, a wprowadzając później **wektor** prędkości, może posłużyć się słowem *velocity*. Te dwa słowa możemy na język polski tłumaczyć odmiennie: *speed* → szybkość, *velocity* → prędkość. *Słownik naukowo-techniczny angielsko-polski* [3] rozróżnia te przekłady bardzo słabo, zaznaczając to tylko w kolejności polskich odpowiedników. Otóż jest tam napisane; *speed* – szybkość, prędkość; *velocity* – prędkość, szybkość. Trzecie słowo *rate* odpowiada wielkościom skalarnym i można je tłumaczyć jako szybkość, tempo. Oto przykłady: *rate of combustion* – szybkość spalania, *cooling rate* – szybkość chłodzenia, *reaction rate* – szybkość reakcji, *rate of response* – szybkość reagowania.

W języku francuskim są trzy słowa odpowiadające omawianemu zakresowi pojęciowemu: *vitesse*, *allure*, *célérité*. Pierwsze z nich obsługuje zarówno wielkości skalarnie, jak i wektorowe: *vitesse de diffusion* – szybkość dyfuzji, *vitesse de corrosion* – szybkość korozji, *vitesse lineaire* – prędkość liniowa, *vitesse de phase* – prędkość fazowa. Pozostałe dwa słowa występują sporadycznie: *allure d'un véhicule* – prędkość pojazdu, *célérité du son* – prędkość dźwięku.

W języku niemieckim i rosyjskim sytuacja jest inna. Tam też są po dwa słowa bliskoznaczne: nm. *Schnelligkeit*, *Geschwindigkeit*; ros. *bystrota*, *skorost'*, ale pierwsze słowa z każdej pary są rzadsze i bardziej poetyckie, więc podane określenia nawet w języku potocznym nie są równoważne. W języku naukowym i technicznym występują tylko drugie słowa z podanych par, zarówno na oznaczenie wielkości skalarnych, jak i wektorowych. W ten sposób porównanie polskiej sytuacji z czterema innymi językami europejskimi pozwala wysnuć wniosek, że z dydaktycznego punktu widzenia najkorzystniej jest w języku angielskim, gdzie są trzy słowa, a z nich dwa dla wielkości odnoszących się do ruchu przestrzenne-

go. Na drugim miejscu można postawić język polski, gdzie są dwa słowa – jedno dla ruchu przestrzennego, jedno dla wielkości typowo skalarnych.

W przypadkach, gdy termin fizyczny jest wzięty z języka potocznego, wybór właściwej nazwy jest bardzo ważny. Dzięki prawidłowemu skojarzeniu nazwa może ułatwiać rozumienie terminu fizycznego, może też przez interferencję ze znaczeniem potocznym utrudniać właściwe rozumienie. Tak jest w przypadku prędkości/szybkości. Pojęcie to w procesie dydaktycznym jest „oswajane” na długo przed poznaniem (jeśli w ogóle kiedykolwiek) jego pełnej definicji. Podawanie poprawnej definicji w przypadku licznych wielkości fizycznych **wyprzedza** ich zrozumienie. Jest to zjawisko powszechne w szkole, a marginalne na studiach. Dlatego też student dysponujący odpowiednim aparatem matematycznym i umiejętnością myślenia formalnego nie zauważa nawet skrótów słownych towarzyszących opisowi matematycznemu. Słowo „prędkość” raz oznacza wektor, innym razem wartość wektora, a jeszcze innym – składową. Jasność wynika z kontekstu. W innej sytuacji są nieletni uczniowie u progu nauki fizyki. Sensu słów oznaczających pojęcia fizyczne uczą się z kontekstu, a nie z podanej definicji. Wprawdzie rozumienie poprawnej definicji jest niedostępne dla ucznia szkoły podstawowej i gimnazjum, to jednak potoczne znaczenie już tak. Aby nie dopuścić do sytuacji, w której **protopojęcie**, czyli w tym wypadku to potoczne określenie prędkości/szybkości, jest nie tyle szczególnym przypadkiem poprawnej definicji (bo to by było do przyjęcia), ile jest istotnie **odmienne**, proponujemy rozróżnienie znaczeniowe nazw.

Proponujemy więc nazywać szybkością stosunek drogi do czasu, w którym ta droga jest pokonywana, natomiast nazwę prędkość zarezerwować dla wektorowej wielkości \vec{dr}/dt . Przez drogę – zgodnie z przyjętą przez fizyków terminologią – rozumiemy długość toru. Skoro droga jest skalarem, to szybkość też jest skalarem.

Tak zdefiniowana szybkość oznacza oczywiście wielkość średnią. Przy przejściu do coraz to mniejszych przedziałów czasowych, w granicy Δt dążących do zera, szybkość chwilowa pokrywa się z modułem prędkości, a więc **zasadne jest nazywanie modułu prędkości szybkością.**

Rozróżnienie pojęć szybkość i prędkość:

1. Jest korzystnym zabiegiem dydaktycznym ułatwiającym zrozumienie poprawnej definicji prędkości. Już obecnie istniejąca praktyka szkolna potwierdza słuszność takiego rozróżnienia.
2. Pozwala na dostosowanie naszej terminologii do wymogów międzynarodowej matury, która odbywa się w języku angielskim.
3. Ułatwi tłumaczenie podręczników szkolnych, w których to rozróżnienie jest istotne.

4. Uporządkuje terminologię polskich podręczników i zbiorów zadań dla szkół podstawowych, gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych.
5. Uściśli hasła w słownikach i encyklopediach.
6. Zlikwiduje źródło nieporozumień terminologicznych przy zadaniach na egzaminach wstępnych.
7. Nie ma wpływu na podręczniki uniwersyteckie, które są adresowane do dorosłego czytelnika z opanowanym niezbędnym aparatem matematycznym i uformowanym myśleniem formalnym.
8. Nie jest tworzeniem nowego bytu. Wykorzystuje istniejące nazwy i pozwala na rozróżnienie używanego powszechnie znaczenia protopojęcia od poprawnej definicji. Nie jest tworzeniem żadnej szkolnej fizyki, odrębnej od fizyki uniwersyteckiej.

Każdy, kto zdaje sobie sprawę, że małe dzieci uczą się języków obcych inaczej niż dorośli, powinien przyjąć do wiadomości, że z fizyką jest podobnie. Dydaktycy podpowiadają, jak najlepiej uczyć.

Bibliografia

- [1] *Nowy słownik poprawnej polszczyzny PWN*, pod red. Andrzeja Markowskiego, PWN, Warszawa 1999
- [2] *Leksykon naukowo-techniczny*, WNT, Warszawa 2001
- [3] *Słownik naukowo-techniczny angielsko-polski*, WNT, Warszawa 1986



Trudności w zrozumieniu pojęcia prędkości

Zofia Gołąb-Meyer

Zrozumienie pojęcia prędkości nastęrcza wiele trudności. Jest to pojęcie różniczkowe i wektorowe. Nie przypadkiem uporanie się z nim zajęło ludzkości całe stulecia. Trzeba było dopiero geniuszu Newtona do zadowalającego rozwiązania tego zagadnienia. Trudności związane ze zrozumieniem pojęcia prędkości są typowym przykładem przeszkód poznawczych, opisanych przez Bachelarda [1].

Raz pokonane, znikają nawet z pamięci. Jest to powód, dla którego fizycy nie znajdują dla ruch zrozumienia. Dlatego też fizycy odrzucają jako zbędne to narzędzie, jakim jest terminologia ułatwiająca początkującym uczniom zrozumienie wektorowego i różniczkowego charakteru prędkości. W artykule próbuję bardzo skrótowo przedstawić trudności tkwiące w definicji prędkości. To zagadnienie

było dość szeroko badane (np. Lillian McDermott [2], badania własne [3]) i nie miejsce tutaj na szczegółową analizę.

Część trudności ma charakter uniwersalny to znaczy, że np. jest związana z wiekiem uczniów. Nieletni uczniowie, tak jak i młodsze dzieci nie potrafią rozumować na poziomie formalnym (wg klasyfikacji Piageta [4]). Ponieważ znaczna część społeczeństwa też nie jest w stanie rozumować na poziomie formalnym, przeszkody uczniów są też udziałem niektórych dorosłych. W wielu trudnościach rozpoznamy barierę pierwszych doznań, którą można zinterpretować jako fakt, iż pierwsza zrozumiana, zapamiętana rzecz blokuje zrozumienie innych, różnych od niej.

A oto lista źródeł trudności:

1. **Prędkość nie jest wielkością bezpośrednio obserwowalną!** Korzystne jest, że w dzisiejszych czasach, dzięki powszechnej znajomości szybkościomierzy w samochodach, można szybciej „oswajać” pojęcie prędkości chwilowej.
2. **Prędkość nie jest wielkością bezpośrednio mierzalną.** Nie jest też wielkością globalną. Tymczasem wielkości globalne, takie jak długość i masa, są łatwiej zrozumiałe.
3. **Brak potrzeby definicji.** Bardzo długo u dzieci występuje brak potrzeby definicji. Dla dziecka ciało porusza się ze stałą szybkością/prędkością, gdy porusza się stale tak samo. Szybkość/prędkość oznacza, jak szybko się ciało porusza. Jest to dla dziecka wystarczające określenie.
4. **Intuicja stadionowa.** Szybkość/prędkość informuje, jak szybko ciało się porusza (kto pierwszy?), czyli jak szybko się zjawi na mecie w wyścigu po torze o ustalonej długości. Porównywanie czasów przebywania ustalonej jednostki drogi jest rozwiązaniem alternatywnym i w pewnych celach równorzędnym do użycia szybkości/prędkości.
5. **Nowy sens operacji dzielenia.** Szybkość/prędkość jako wynik dzielenia długości odcinka drogi przez czas jego pokonywania jest nowym sensem operacji dzielenia. Do tej pory dziecko dzieliło coś na części. Tu w wyniku dzielenia powstaje nowa jakość. Nowa wielkość ma swoją nową jednostkę.
6. **Średnia po parametrze.** Szybkość/prędkość jest rozumiana jako wartość średnia bez nazywania jej tak *expressis verbis*. Jest wielkością o znaczeniu globalnym i dzięki temu łatwiejszą do zrozumienia. Nazwanie szybkości/prędkości jawnie wartością średnią powoduje na początku chaos poznawczy, ponieważ uczeń zetknął się już z pojęciem średniej arytmetycznej (np. średnia wieku, średnie zarobki). Tu średnia po parametrze jest czymś innym, nowym. Wyczucie sensu prędkości/szybkości chwilowej można testować na zrozumieniu dowcipu o policjancie, który chce ukarać pewną osobę za przekroczenie dozwolonej szybkości, a karana osoba broni się argumentem, że jeszcze nie jechała jednej godziny, więc nie mogła osiągnąć szybkości 100 km/h.

7. **Różniczkowy charakter.** Jeśli uczeń nie jest przygotowany na przyjęcie różniczkowego charakteru prędkości/szybkości chwilowej, to nie rozumie, w jakim celu robi się rozróżnienia pomiędzy prędkością/szybkością chwilową a średnią. Wielu z nauczycieli uważa niesłusznie pojęcie prędkości/szybkości średniej tylko za pomocnicze i co za tym idzie – w ogóle niepotrzebne w fizyce. Tymczasem jeśli nawet nie wprowadza się *explicite* różniczkowego charakteru prędkości/szybkości, to ta różniczkowość w niej tkwi. Jak wykazały badania, pojęcie granicy jest trudne i dla wielu niepokonywalne (Anna Sierpińska [5]). W definicji granicy występują trzy ogólne kwantyfikatory i jak podkreśla profesor Szafirski [6] – próg trzech kwantyfikatorów jest dla wielu nieosiągalny. Moje badania dotyczące zrozumienia paradoksu Zenona o Achillesie i żółwiu też to potwierdzają. W ostatnich latach mamy sporo słabych studentów fizyki. Okazuje się, że ci też nie rozumieją paradoksu Zenona i mają spore trudności ze zrozumieniem definicji prędkości (badania z lutego 2002).

Zrozumienie i świadomość trudności. Wydaje się, że rozumieją trudności autorzy słowników i leksykonów. Jest to powód, dla którego pojęcie prędkości jest określane albo na raty, albo w ogóle nieokreślane poprawnie.

Królewska droga. Nie ma jednej królewskiej drogi wprowadzania prędkości. Stara i sprawdzona metoda od szczegółu do ogółu kazała niektórym autorom podręczników rozpoczynać od rozważania wyłącznie ruchów po linii prostej i w jednym kierunku. Używano słowa „prędkość” ze świadomością, że czytelnik/uczeń i tak rozumie to jako słownikową „szybkość”. Przy ograniczeniu do ruchów po prostej ze stałą prędkością nie popadało się w sprzeczności. Takie podejście spotykało się ze słuszną krytyką oderwania nauczania od rzeczywistości, czy jak to się dzisiaj mówi – od życia. Oznaczało rezygnację z bardzo życiowych i interesujących uczniów przykładów.

Wprowadzenie rozróżnienia między szybkością a prędkością nadaje status poprawności powszechnemu i użytecznemu rozumieniu słowa „szybkość”, jako wielkości średniej i skalarnej. **Usuwa źródło niechęci do fizyki jako nauki wymyślającej pojęcia tylko dla siebie użyteczne.** Początkowe wprowadzanie szybkości jako wielkości *de facto* średniej nie powoduje kolizji pojęciowej, gdy szybkością nazywa się wartość prędkości. Dla bardzo krótkich przedziałów czasowych szybkość chwilowa w przybliżeniu jest modułem prędkości chwilowej.

Wprowadzenie innej nazwy: „prędkość” dla poprawnie zdefiniowanej wielkości wektorowej ma uczniowi przypominać o nowym sensie prędkości, o nowej trudności tkwiącej w tym pojęciu w stosunku do „oswojonej” już szybkości. Choć znaczny procent populacji uczniowskiej nie jest w stanie zrozumieć poprawnej definicji prędkości, to jednak może zrozumieć różnicę w znaczeniu tych dwóch pojęć. Dla nich dwie różne nazwy będą ułatwieniem, wyeliminowaniem dwuznaczności.

Przykłady użycia słów „prędkość” i „szybkość”

W podręcznikach dla szkół podstawowych, gimnazjów i szkół ponadpodstawowych, w popularnych encyklopediach i słownikach powinno się starannie odróżniać te dwa słowa. Należy zatem mówić o szybkości rowerzysty, szybkości wiatru, szybkości światła. Rozróżniać należy szybkość w ruchu kołowym od prędkości w takim ruchu, ponieważ szybkość w ruchu jednostajnym po okręgu jest stała, a prędkość zmienna, bo nieustannie zmienia się jej kierunek.

Niektórzy wydawcy, np. ZamKor, od dawna przestrzegają tego rozróżnienia. Wydany ostatnio przez to wydawnictwo podręcznik dla szkół ponadgimnazjalnych autorstwa K.M. Fiałkowskich i B. Sagnowskiej [7] też rozróżnia termin „szybkość” od „prędkości”. Anglojęzyczne podręczniki fizyki dla niższych klas, w których nie wprowadza się pojęcia wektora, nie używają słowa *velocity*. Lillian McDermott w przetłumaczonym na język polski podręczniku dla nauczycieli wyraźnie zaleca nauczycielom rozróżnianie terminów *speed* i *velocity*: „...in physics, there is a distinction between the terms velocity and speed. Speed does not indicate direction” [8].

W podręczniku uniwersyteckim można dalej pisać o prędkości światła, dźwięku, o prędkościach kosmicznych.

Zadanie z egzaminu wstępnego na studia matematyczno-przyrodnicze na UJ [9] brzmiące „z armaty wystrzelono pocisk o prędkości v pod kątem α ...” zawiera zrozumiałe w tym wypadku, skrót myślowy „prędkość” zamiast „moduł prędkości”. Zastąpienie słowa „prędkość” przez „szybkość” jest jednak jak najbardziej na miejscu. Podobne zadanie znajdziemy w *The Physics Teacher*. Tam też w temacie mamy wyrażenie *speed*, aczkolwiek w rozwiązaniu autor używa słów „prędkość początkowa”.

Za niepoprawne uznamy sformułowanie zadania dla uczniów typu: „Z A do B rowerzysta jechał z prędkością v_1 , z B do A z prędkością v_2 . Jaką miał średnią prędkość na całej trasie?”. Poprawna odpowiedź „zero” jest dla ucznia niezrozumiała. On będzie myślał o szybkości. I takie słowo powinno być w zadaniu, chyba że celem zadania jest właśnie zadziwienie ucznia odmiennością definicji prędkości od definicji szybkości.

Większość autorów ostatnich edycji podręczników szkolnych stara się konsekwentnie rozróżniać pojęcie szybkości od prędkości.

- [1] Gaston Baehelard, *La formation l'esprit scientifique*, Paris, Vrin 1938
- [2] Lillian McDermott, Edward D. Redish, *Resource Letter: PER-1: Physics Education Research*, AJP **67**, No 9, 755 (1999)
- [3] Zofia Gołąb-Meyer, *Fizyka w Szkole*, **50**, 1992 oraz *Foton* 26, 27, 30, 36
- [4] B. Inhelder, J. Piaget, *Od logiki dziecka do logiki młodzieży*, PWN, Warszawa 1970
- [5] Anna Sierpińska, „Pojęcie przeszkody epistemologicznej w nauczaniu matematyki”, *Dydaktyka Matematyki*, **8**, 103 (1978)

- [6] B. Szafirski, Głos w dyskusji, *Materiały pokonferencyjne Matematyka w 75-leciu Akademii Górniczo-Hutniczej i 25-leciu Instytutu Matematyki. Krynica 9–11 czerwca 1994 r.*, Instytut Matematyki AGH w Krakowie, Kraków 1995, 135
- [7] Maria Fiałkowska, Krzysztof Fiałkowski, Barbara Sagnowska, *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych*, ZamKor, Kraków 2002
- [8] Lillian McDermott and Physics Education Group at the University of Washington, *Physics by Inquiry*, John Wiley&Sons, Inc., 1996, 648, VII
- [9] Marek Gołąb, Zbigniew Sosin, „Egzamin wstępny z fizyki, SMP UJ 2001”, *Foton 77*, (2002), 15



Fizyk w deszczu na rowerze, czyli jak jechać, żeby nie zmoknąć?

Wojciech Lewoczko

Student fizyki UJ

O czym myśli przeciętny człowiek, zaskoczony ulewą podczas przejażdżki rowerowej? Wyluczając nielicznych, którzy lubią deszcz, większość marzy, by jak najszybciej dostać się do domu. Okazuje się, że niechęć do deszczu, skutkująca chęcią natychmiastowej ucieczki, ma poparcie w prawach fizyki – można łatwo udowodnić, że im szybciej się poruszamy tym mniej zmokniemy. Wniosek nie jest bynajmniej oczywisty, jeżeli wziąć pod uwagę, że wraz z szybkością zwiększa się strumień, czyli masa wody na jednostkę czasu, przenikająca jednostkę moknącej powierzchni.

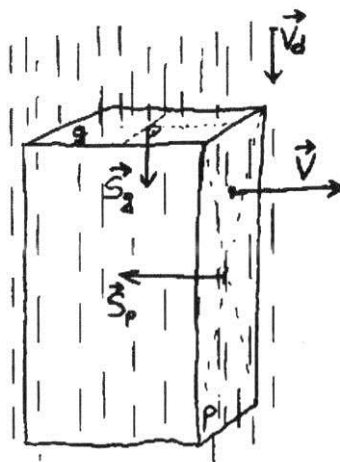
Jak łatwo się domyślić, inspiracją do teoretycznych rozważań była wspomniana we wstępie, jak najbardziej rzeczywista i „mokra” ulewa. Nie starałem się jednak zmuszać mokrej głowy do myślenia – raczej posłuchałem głosu natury i wytężyłem nogi do bardziej ożywionej pracy, żeby jak najszybciej znaleźć się pod dachem i „na sucho” odpowiedzieć sobie na pytanie, jak zależy przemieszczenie od prędkości moknącego obiektu.

A więc do dzieła! Ciepła herbata, ołówek w garść i, jak to zwykle w fizyce bywa, zacznijmy od stworzenia prostego modelu symulującego rzeczywistość. Rysunek! Dobry rysunek to połowa sukcesu w rozwiązywaniu



Rys. 1

problemów fizycznych. Poproszę cię, Agnieszko, o coś stosownego (rys. 1). O, dziękuję. Bardzo wyrazisty (brrr...), ale chyba zbyt skomplikowany jak na potrzeby fizyki. Poproszę o coś prostszego.

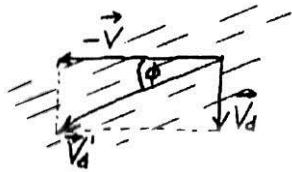


Rys. 2. Moknący obiekt dla uproszczenia jest przedstawiony jako graniastosłup. Deszcz pada w kierunku prostopadłym do ziemi (\vec{v}_d), moknący obiekt porusza się w kierunku prostopadłym do jednej ze ścian bocznych (\vec{v}). Na deszcz narażone są dwie ściany – górna i przednia, które oznaczmy jako g i p . Wektory \vec{S}_g i \vec{S}_p są skierowane prostopadle do ścian g i p , zwrócone do wnętrza prostopadłościanu i mają wartość równą powierzchni tych ścian

Znacznie lepiej i prościej. Niech bryła z rys. 2 symbolizuje moknącego rowerzystę, którego będziemy dalej nazywać moknącym obiektem. Przyjmijmy następujące uproszczenia:

- moknący obiekt jest w stanie wchłonąć w siebie dowolną ilość wody, tzn. każda kropla deszczu wchodząca w kontakt z którąkolwiek ze ścian zostaje przez nią wchłonięta (czyli wykluczamy odbicie kropeł od ścian). Założenie to jest dostatecznie dobrze spełnione przy „założeniu” wełnianego odzienia. W rzeczywistości istnieje, oczywiście, pewna skończona maksymalna ilość cieczy możliwa do wchłonięcia przez ubrania, przy której model się załamuje, tj. od pewnego momentu nie można już być bardziej mokrym i wszystko, nie wyłączając problemów fizycznych, po nas „spływa”;

- obiekt moknący porusza się ze stałą prędkością \vec{v} w kierunku prostopadłym do jednej ze ścian bocznych, dzięki czemu tylko dwie ściany (przednia p i górna g) mają kontakt z kroplami deszczu;
- mimo opadów, pogoda jest bezwietrzna, tj. deszcz nie zacina i pada na ziemię pionowo ze stałą prędkością kropeł \vec{v}_d . Dodatkowo gęstość przestrzenna rozmieszczenia kropeł ρ jest stała na całym obszarze opadów.



$$v'_d \sin \phi = v_d$$

$$v'_d \cos \phi = v$$

Rys. 3. W układzie odniesienia, związanym z poruszającym się z prędkością \vec{v} moknącym obiektem, deszcz nie pada pionowo, lecz ukośnie

Pamiętajmy, że z punktu widzenia obiektu moknącego, deszcz nie pada pionowo – w układzie odniesienia związanym z obiektem moknącym, poruszającym się z prędkością \vec{v} względem ziemi, krople deszczu mają prędkość v'_d (rys. 3), daną przez transformację Galileusza:

$$v'_d = \vec{v}_d - \vec{v} \quad (1)$$

Zdefiniujmy namakanie $N = m/t$ jako ilość (masę) wody wchłanianą na jednostkę czasu przez ściany moknącego obiektu (mierzone w kg/s). Zauważmy, że tak zdefiniowane namakanie możemy zapisać jako iloczyn gęstości deszczu ρ , szybkość kropeł v'_d , powierzchni ściany S i cosinusa kąta ϕ między wektorem prędkości a kierunkiem prostopadłym do moknącej ściany. Wyrażone przez iloczyn skalarny namakanie N przyjmie postać:

$$\begin{aligned} N &= \rho(\vec{v}'_d \cdot \vec{S}_g + \vec{v}'_d \cdot \vec{S}_p) = \\ &= \rho(\vec{v}'_d \cdot S_g \sin \phi + \vec{v}'_d \cdot S_p \cos \phi) \end{aligned} \quad (2)$$

Składniki sumy w równaniu (2) są przyczynkami do namakania, pochodzącymi od poszczególnych ścian. Korzystając ze związków trygonometrycznych podanych przy rys. 3, możemy zapisać namakanie jako:

$$N = \rho v_d S_g + \rho v S_p \quad (3)$$

Pierwszy człon w wyrażeniu (3) jest wielkością stałą, zadaną przez warunki meteorologiczne i powierzchnie górnej ściany obiektu moknącego. Drugi człon jest proporcjonalny do szybkości v obiektu moknącego. Zauważmy, że z wyrażenia (3) wynika, po pierwsze, co jest spostrzeżeniem banalnie oczywistym, że gdy szybkość równa jest zero ($v = 0$), namaka tylko górna ściana g ; po drugie, namakanie rośnie wraz z szybkością v . Czyżby zatem szybka ucieczka przed deszczem nie popłacała?

Ależ nie! Załóżmy, że obiekt moknący dzieli od domu dystans l . Poruszając się ze stałą szybkością v , przebędzie go w czasie t :

$$t = \frac{l}{v} \quad (4)$$

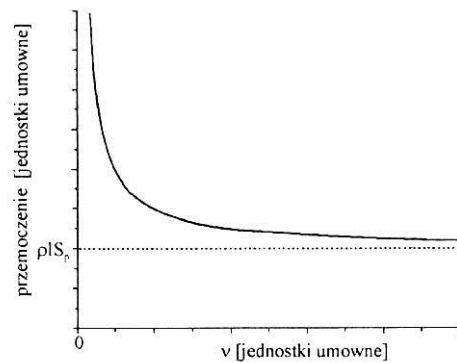
Przemoczeniem \wp będziemy nazywać całkowitą ilość wody wchłoniętą przez obiekt moknący w czasie jego ruchu:

$$\wp = N t \quad (5)$$

Korzystając z (3) i (5) otrzymujemy:

$$\wp = \rho l S_g \frac{v_d}{v} + \rho l S_p \quad (6)$$

Zależność (6) przemoczenia \wp od prędkości v przedstawia wykres na rys. 4. Jak widać, przemoczenie jest tym mniejsze, im większa prędkość, co tłumaczy intuicyjną, naturalną chęć jak naj szybszej ucieczki przed deszczem.



Rys. 4. Przemoczenie jest nieskończone, gdy obiekt moknący spoczywa. Minimalne przemoczenie dla nieskończonej prędkości jest ilością wody deszczowej zawartej w graniastostupie o wymiarach ściany przedniej p i długości l jaką ma do przebycia obiekt

Interesujące są przypadki dla dwóch granicznych szybkości: $v = 0$ i $v \rightarrow \infty$. W pierwszym, rzecz jasna, obiekt moknący spoczywa, a więc nigdy nie ucieknie przed deszczem, namakanie będzie trwało wiecznie (przynajmniej do rozpogodzenia, a przemoczenie będzie nieskończone. W drugim przypadku, przy nieskończonych szybkościach (lub co najmniej dużo większych od szybkości deszczu, na tyle, aby można było zaniedbać pierwszy człon w równaniu (6)) przemoczenie asymptotycznie zmierza do pewnej minimalnej wielkości $\rho l S_p$. Zauważmy, że $l S_p$ jest objętością graniastosłupa wyznaczonego przez powierzchnie S_p na drodze l . $\rho l S_p$ jest ilością (masą) wody zawartej w tym graniastosłupie. Jest to minimalna ilość wody, którą obiekt wchłonie w czasie ruchu. Przypadek nieskończonej szybkości v jest równoznaczny zerowej szybkości kropel deszczu. To tak jakby krople tworzyły zawieszoną w przestrzeni mgłę, a obiekt moknący „wycinał” w niej tunel o kształcie swojego przekroju poprzecznego.

Aha! Nie ma więc ucieczki przed deszczem! Jakkolwiek szybko byśmy się nie poruszali, nigdy nie unikniemy pewnego minimalnego przemoczenia, którego wielkość zależy od rodzaju deszczu, odległości od domu i od naszej budowy fizycznej (szczupli mokną mniej!).

Hmmm... czas chyba sprawić sobie parasol.

Na koniec pragnę gorąco podziękować Agnieszce Winciorek za rysunek.

W następnym numerze *Fotonu*, a już teraz w Internecie, znajdą Państwo notatkę „Jak zadanie z deszczem ułatwia zrozumienie prawa Gaussa”.

Z.G-M



FIZYKA W INTERECIE

Więcej o Letniej Szkole dla Nauczycieli Fizyki Szkół Średnich w CERN-ie można znaleźć w Internecie pod adresem: <http://teachers.web.cern.ch/teachers/>.

Więcej o Dniach Otwartych Instytutu Fizyki UJ pod adresem: <http://www.mat-fiz.uj.edu.pl/kronika.html>.

Przypominamy, że *Physics Teacher* ma stronę internetową. Można tam znaleźć między innymi użyteczną stronę Web Sights <http://www.aapt.org/tpt/>.



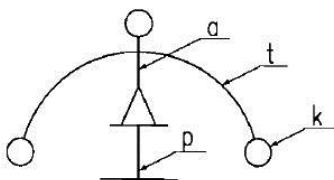
Fizyka w sklepie z gadżetami

Stanisław Bednarek

Instytut Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego

Od niepamiętnych czasów zabawa należy niewątpliwie do najprzyjemniejszych form aktywności człowieka. W tym celu używa on różnych, często bardzo wymyślnych przedmiotów nazywanych zabawkami. Obecnie coraz popularniejsze w naszym kraju stają się sklepy z takimi wymyślnymi zabawkami, znane pod nazwą sklepów z gadżetami lub śmiesznymi przedmiotami. W wielu z tych gadżetów w niezwykle pomysłowy sposób wykorzystane zostały zjawiska i prawa fizyki. Dlatego przedmioty te mogą być używane jako atrakcyjne środki dydaktyczne podczas nauczania fizyki i przyrody oraz różnych imprez popularnonaukowych, np. festiwali czy jarmarków nauki [1, 2]. Celem niniejszego artykułu jest krótki opis niektórych takich gadżetów i zwrócenie uwagi Czytelników na możliwości ich używania jako niekonwencjonalnych środków dydaktycznych, dostarczających pozytywnych wrażeń i rozbudzających zainteresowanie fizyką.

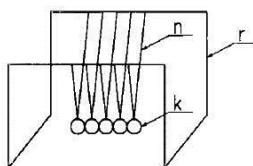
1. **Akrobata** (rys. 1). Wykonana z drutu figurka akrobaty a ustawiana jest na podstawce p. W rękach akrobaty znajduje się długa, wygięta ku dołowi tyczka t, obciążona dwoma kulkami k. Dzięki temu środek masy akrobaty znajduje się poniżej punktów podparcia na podstawce i mimo wychylenia z położenia równowagi powraca on do pozycji pionowej. Zabawka stanowi właściwie wahadło fizyczne i bardzo dobrze nadaje się do doświadczeń dotyczących



Rys. 1

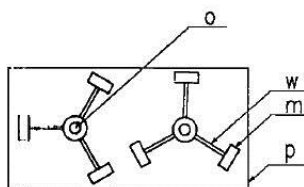
2. **Lecząca mewa**. Zabawka ma kształt ptaszka, przypominającego mewę o szeroko rozłożonych i opuszczonych, grubych skrzydłach. Dziób mewy opiera się na podstawce w kształcie latarni morskiej. Dzięki specjalnie ukształtowanym skrzydłom środek masy mewy znajduje się poniżej punktu podparcia, co zapewnia jej równowagę trwałą. Zastosowania tej zabawki jako środka dydaktycznego są takie same jak poprzednio opisanego akrobaty.

3. **Tiki-tiki (wahadło Newtona)** (rys. 2). Do wygiętej z drutu ramki r przywiązanych jest pięć identycznych wahadełek, złożonych ze sprężystych, stykających się ze sobą kulek k , zawieszonych na podwójnych niciach n . Po odchyleniu jednego lub więcej wahadełek ulegają one zderzeniom sprężystym i centralnym z pozostałymi, w wyniku tego liczba odskakujących wahadełek jest taka sama jak liczba odchylonych. Zabawka jest użyteczna podczas realizacji tematów dotyczących zderzeń oraz zasad zachowania energii i pędu.



Rys. 2

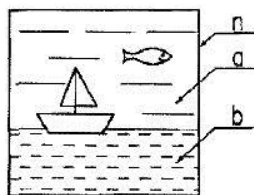
4. **Wahadła magnetyczne** (rys. 3). Prostokątna podstawa p zaopatrzona jest w dwie osie o , na których mogą obracać się trójramienne wirniki w . Ramiona wirników rozstawione są co 120° i zaopatrzone na końcach w magnesy m , zwrócone biegunami jednoimiennymi na zewnątrz. Wprawienie w ruch jednego z wirników wymusza ruch drugiego, ale rodzaj wymuszonego ruchu jest niepowtarzalny i zależy w skomplikowany sposób od warunków początkowych – położenia ramion wirników, prędkości i kierunku ruchu pierwszego wirnika. Zabawka pozwala łatwo pokazać drgania wahadeł sprzężonych i ruchy opisywane przez intensywnie ostatnio rozwijaną teorię chaosu deterministycznego, a także oddziaływanie magnetyczne.



Rys. 3

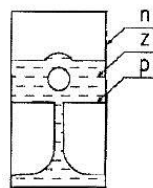
5. **Przelewanka** (rys. 4). Zabawkę stanowi przezroczyste naczynie n wypełnione dwiema niemieszającymi się ze sobą cieczami a , b , o różnych gęstościach. Dla lepszej widoczności jedna z tych cieczy jest zabarwiona. W cieczach pływają niewielkie objekty, np. rybka i żaglówka, przy czym ich gęstości są tak dobrane, żeby jeden z obiektów był zanurzony tylko w górnej cieczy, ma-

jącej mniejszą gęstość, a drugi w obu cieczach. Mimo przechylenia naczynia i przelewania cieczy sytuacja ta nie zmienia się i zawsze jeden obiekt pływa tylko w górnej cieczy, a drugi na granicy obu cieczy. Zabawka ta pozwala zademonstrować warunki pływania ciał i zilustrować prawo Archimidesa. Mniejsze przelewanki mają kształt breloczków, większe – podłużnych bibelotów i pozwalają również łatwo pokazywać fale na granicy cieczy.



Rys. 4

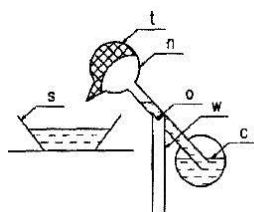
6. **Klepsydra żelowa** (rys. 5). Przezroczyste, cylindryczne naczynie n podzielone jest na połowy poprzeczną przegrodą p z okrągłym otworem. Połowa naczynia wypełniona została zabarwioną cieczą z , o bardzo dużej lepkości, przypominającą żel. Kiedy naczynie zostanie odwrócone i ciecz ta znajdzie się w jego górnej połowie, wówczas powoli przelewa się przez otwór w przegrodzie do dolnej połowy, tworząc charakterystyczną, wijącą się kolumnę, nazywaną efektem Fano. Jednocześnie przez ciecz przeciskają się pęcherze powietrza, co powoduje skokowe wyrównywanie się ciśnienia w obu połówkach naczynia i zmiany ilości przepływającej cieczy. Klepsydra żelowa pozwala na wygodne, niepowodujące rozlewania i zabrudzenia, wykonywanie doświadczeń zapoznających z właściwościami cieczy lepkich oraz ciśnieniem cieczy i gazów.



Rys. 5

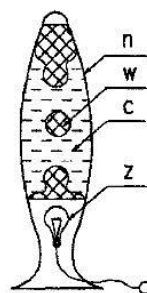
7. **Pijący ptaszek** (rys. 6). Głównym elementem zabawki jest szklane naczynie n w kształcie dwóch kulistych baniek połączonych rurką, wchodzącą częściowo do dolnej bańki. Do rurki przymocowana jest poprzeczna pozioma oś, która może obracać się we wsporniku w . Dolna bańka naczynia jest częściowo wypełniona łatwo parującą cieczą, np. eterem lub alkoholem. Dzięki temu środek masy naczynia znajduje się poniżej osi, co powoduje ustawienie naczynia w pozycji pionowej. Górna bańka zaopatrzona jest w dzióbek i pokryta nasiąkliwą tkaniną t , np. gazą. W pobliżu dzióbka znajduje się talerzyk s , napełniony wodą. Po ogrzaniu dolnej bańki, np. żarówką, ciśnienie powstających par cieczy powoduje wzrost jej poziomu w rurce i podniesienie się środka masy.

W wyniku tego równowaga naczynia staje się nietrwała, ptaszek ulega przechyleniu i zanurza górną bańkę – głowę – w wodzie, a tkanina zostaje zamoczona. Parująca z tkaniny woda chłodzi ciecz w naczyniu i powoduje obniżenie jej poziomu w rurce [3]. Środek masy obniża się i ptaszek wraca do pozycji pionowej. Następnie opisane efekty powtarzają się. Zabawka ta stanowi interesujący model silnika termodynamicznego i pozwala obserwować zjawiska zachodzące podczas zamiany ciepła na pracę mechaniczną.



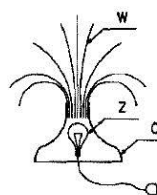
Rys. 6

8. **Lampa konwekcyjna** (rys. 7). Szklane naczynie *n*, o kształcie przypominającym korpus rakiety, zawiera zabarwiony wosk *w* oraz ciecz *c* o gęstości nieco mniejszej od gęstości wosku. Pod naczyniem znajduje się żarówka sieciowa *z*, o mocy ok. 40 W. Ciepło emitowane przez żarówkę ogrzewa wosk, który topi się i zmniejsza swoją gęstość. Wypierany przez ciecz stopiony wosk wypływa w postaci efektownych kul ku górze naczynia, gdzie ulega ochłodzeniu i krzepnie, zwiększając swoją gęstość. Skrzepnięty wosk tonie w cieczy i opada na dno naczynia [4]. Dalej przedstawione efekty powtarzają się. Lampa ta pozwala pokazać i wyjaśnić zjawiska pływania ciał, lepkości, napięcia powierzchniowego, zmiany stanów skupienia i przemian energii.



Rys. 7

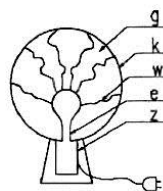
9. **Lampa światłowodowa** (rys. 8). Głównym elementem lampy jest wiązka elastycznych, przezroczystych włókien *w*, wykonanych z materiału o odpowiednio dużym współczynniku załamania światła, dzięki czemu włókna stanowią światłowody. Żarówka sieciowa o małej mocy *z*, umieszczona w obudowie lampy *o*, wysyła światło wchodzące od dołu do włókien. Rozchodzące się we włóknach światło ulega całkowitym wewnętrznym odbiciom od ich bocznej powierzchni i wychodzi przez końce włókien, co powoduje



Rys. 8

ich świecenie. Lampa ta nadaje się do doświadczeń z optyki, jako atrakcyjny przyrząd pozwalający pokazać prawo załamania światła, całkowite wewnętrzne odbicie i zasadę działania światłowodów.

10. **Kula plazmowa** (rys. 9). Wewnątrz przezroczystej kuli k, wykonanej z materiału izolacyjnego, znajduje się gaz g pod zmniejszonym ciśnieniem – najczęściej argon – i elektroda e, połączona z impulsowym zasilaczem wysokiego napięcia z transformatorem Tesli. W wyniku dużej różnicy potencjałów, wynoszącej kilkanaście kilowoltów, między elektrodą a kulą zachodzą wyładowania elektryczne w, mające postać świecących, ruchliwych wstęg, biegnących promieniście ku powierzchni kuli. Zbliżenie dłoni do kuli powoduje zmianę rozkładu potencjału, co zmienia kształt wstęg [5]. Lampa ta spotyka się z bardzo dużym zainteresowaniem i dobrze nadaje się do doświadczeń dotyczących właściwości pola elektrycznego i wyładowań w gazach rozrzedzonych.



Rys. 9

W sklepach z gadżetami znaleźć można jeszcze wiele innych przedmiotów przydatnych w nauczaniu fizyki, np. okulary holograficzne lub okulary tęczowe – wyposażone w mikropryzmatyczną folię, powodującą rozszczepienie światła. Okulary te są bardzo tanie, kosztują ok. 3 zł, ale pozwalają dostrzec różnice w widmie światła emitowanego, np. przez żarówkę, świetlówkę oraz gwiazdy, i bardzo dobrze nadają się do prowadzenia indywidualnych obserwacji przez uczniów. Zamieszczone powyżej opisy stanowią tylko wybrane przykłady interesujących przedmiotów przydatnych w nauczaniu fizyki, które można znaleźć w sklepach z gadżetami. Warto się o tym przekonać i przy najbliższej okazji odwiedzić taki sklep oraz zachęcić do tego uczniów.

Literatura

- [1] G. Karwasz, „Fizyka i zabawki – obrazki z wystawy”, *Postępy Fizyki*, t. 51, Zeszyt dodatkowy, s. 97
- [2] <http://www.wsp.slupsk.pl>
- [3] K. Ernst, „Wiecznie spragniony ptak”, *Wiedza i Życie*, wrzesień 1998, s. 52
- [4] W. Niedzicki, *Fizyka zabawek*, kasetę VHS, Ambernet, Warszawa 1999
- [5] Z. Raabe, „Lampa plazmowa”, *Elektronika Praktyczna*, nr 6, 2000, s. 50



KĄCIK ZADAŃ

Cegła na transporterze

Sławomir Brzezowski

Instytut Fizyki UJ

Na poziomą taśmę transportera, przesuwaną się ze stałą szybkością v , położono cegłę o masie m . Oblicz dodatkową pracę, jaką wykonał transporter, zanim cegła osiągnęła szybkość v .

Wbrew pozorom praca ta jest większa od uzyskanej przez cegłę energii kinetycznej $\frac{mv^2}{2}$ – jak pokażemy, jest od niej dokładnie dwa razy większa. Energia uzyskana w wyniku połowy pracy transportera jest bowiem rozpraszana w związku z tarcieniem, jakie zachodzi między cegłą i transporterem w czasie jej rozpędzania.

Transporter (silnik transportera) wykonuje pracę przeciwko sile tarcia \vec{T} , jaką rozpędzająca się cegła działa na transporter w kierunku przeciwnym do prędkości \vec{v} . Wartość tej siły wynosi $T = mgf$, gdzie f jest nieznanym współczynnikiem tarcia dynamicznego. Praca silnika transportera odbywa się na drodze równej przesunięciu taśmy w czasie rozpędzania cegły. Droga ta wynosi

$$s = vt,$$

gdzie t jest czasem rozpędzania równym

$$t = \frac{v}{a} = \frac{v}{\frac{T}{m}} = \frac{v}{gf}.$$

Stąd

$$s = \frac{v^2}{gf}.$$

Szukana praca wynosi więc $W = Ts = mv^2$ i dokładnie jej połowa zostaje wykorzystana na wytworzenie energii kinetycznej cegły, a reszta zostaje rozproszona.

Zauważmy, że wynik nie zależy od wartości współczynnika tarcia (z zastrzeżeniem, że współczynnik ten nie wynosi zero).



CZYTAMY PO ANGIELSKU

Przypominamy Państwu bardzo stary wierszyk Johna Updike'a, z 1963 roku, o neutrinach. Zwracamy uwagę, iż wtedy faktycznie sądzono, że neutrina mają masę zerową. Dzisiaj wiemy, że tak nie jest. Wiemy też, że jest parę rodzajów neutrin.

Neutrino

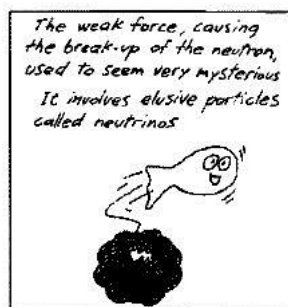
Neutrinos, they are very small
 They have no charge and have no mass
 And do not interact at all.
 The earth is just a silly ball
 To them, through which they simply pass,
 Like dustmaids down a drafty hall
 Or photons through a sheet of glass.
 They snub the most exquisite gas,
 Ignore the most substantial wall,
 Cold-shoulder a steel and sounding brass,
 Insult the stallion in his stall,
 And, scorning barriers of class,
 Infiltrate you and me! Like tall
 And painless guillotines, they fall
 Down through our heads into the grass.
 At night, they enter at Nepal
 And pierce the lover and his lass
 From underneath the bed – you call
 It wonderful; I call it crass.

Dictionary:

weak force – tzw. słaba siła

break-up of the neutron – rozpad neutronu

A oto obrazek z komiksu cernowskiego *The World of Particles*, European Laboratory for Particle Physics, 1991.





KĄCIK EKSPERYMENTATORA

Doświadczenia na deser

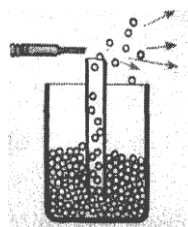
Krystyna Raczkowska-Tomczak
Publiczne Gimnazjum nr 2 w Opolu

Prezentowane dwa z ośmiu doświadczeń pochodzą z „Lekcji fizyki dla Ikara”. Seria tych doświadczeń uzyskała w IV Konkursie na Pokazowe Doświadczenie z Fizyki I nagrodę oraz Nagrodę Publiczności.

Doświadczenie I

Przez rurę od odkurzacza, zakończoną płaską ssawką i znajdującą się nad wylotem pionowej rury, zanurzonej w preparowanym ryżu (umieszczonym w przezroczystym, plastikowym wiaderku), wdmuchujemy powietrze. Sąsiadujące końce: ssawki i rury pionowej, ustawione są tak, jak przedstawia to rysunek.

Ziarna ryżu zostają wysysane z naczynia i rozrzucone.



Gdy prędkość gazu rośnie, jego wewnętrzne ciśnienie maleje.

Najkrócej sformułowane prawo Daniela Bernoulliego, o którym musimy myśleć w codziennym życiu. Zjawisko to jest niebezpieczne w przypadku dekompresji.



Zadanie to pochodzi ze zbioru:

D. Tokar, B. Pędzisz, B. Tokar, *Doświadczenia z fizyki dla szkoły podstawowej, z wykorzystaniem przedmiotów codziennego użytku*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1990.

Zamiast proponowanych piłeczek pingpongowych zastosowaliśmy preparowany ryż.

Doświadczenie 2

Pod kloszem pompy próżniowej umieszczamy ciastko „ptyś” lub piankę do golenia w naczyniu, następnie obniżamy ciśnienie. Po wypompowaniu powietrza ptyś i pianka znacznie się powiększają.

Doświadczenie to pozwala zilustrować, jak reaguje nasz organizm w czasie występowania obniżonego ciśnienia.



Uczniowie w czasie demonstracji w Krakowie

Pan Zdeněk MICKA w roku 2001, na konferencji „VELETRH NAPADU UCITELU FYZIKY 6” w Ołomuńcu, prezentował podobne doświadczenie z wykorzystaniem torebek z przyprawami i „babeczkami oblewanymi czekoladą”.

Obniżenie ciśnienia w otoczeniu człowieka powoduje rozprężenie gazów zawartych w przewodzie pokarmowym, uchu środkowym, niedokładnie wypełnionych ubytkach zębowych. Na skutek tego występują wzdęcia, kolki jelitowe, bóle ucha oraz zębów. Podczas gwałtownego i dużego spadku ciśnienia rozprężające się nagle w płucach gazy mogą doprowadzić do uszkodzeń tkanki płucnej (choroba kesonowa). Rozprężające się gazy mogą być także przyczyną powstawania zatorów gazowych w organizmie ludzkim. Przy dostatecznie szybkim i dużym spadku ciśnienia powstające w organizmie pęcherzyki gazów, zwłaszcza azotu, mogą zaczopować małe naczynia krwionośne, tworząc zatory gazowe (tzw. embolie).

Informacje na temat wpływu ciśnienia na organizm ludzki zaczerpnęłam z: F. Jaroszyk, *Biofizyka. Podręcznik dla studentów*. Wydawnictwa Lekarskie, Warszawa 2001.



Nie tylko kosmos wzorów!

Barbara Orchel

Nauczycielka fizyki w XXXI LO, Kraków

„Świat fizyki mnie odstrasza. Nie jestem w stanie połączyć się w kosmosie pojęć i wzorów”. „Fizyka to trudny przedmiot. Można się go nauczyć, ale żeby go zrozumieć, trzeba być superinteligentnym”. „Nie rozumiem fizyki i nic na to nie poradzę. Ale mogę się postarać. Postaram się”.

To cytaty z anonimowych wypowiedzi, o jakie proszę moich uczniów na początku i pod koniec wspólnej pracy. W liceum, w którym uczę, niemal wszyscy uczniowie deklarują swoje humanistyczne zainteresowania, którym z reguły towarzyszy (przynajmniej na początku) demonstracyjna wręcz niechęć do przedmiotów ścisłych, zwłaszcza do fizyki. Na domiar złego również rodzice podczas wymuszonych sytuacji dziecka spotkań stwierdzają z rozbijającą szczerością: nigdy nie umiałem fizyki i dla syna też jest ona czarną magią, więc byle tylko zaliczył, bo nie będzie mu do niczego w życiu potrzebna.

Muszę przyznać, że tak jednoznaczne podejście do tematu było przyczyną chwil zwątpienia w sens tego, co robię. Trochę z przekory postanowiłam jednak pokazać, że nawet dla humanisty (w zawężonym znaczeniu tego słowa) ta nauka nie musi być straszna. Próbuję pokazać jej użyteczność, a tym samym walczyć o pozycję fizyki wśród innych przedmiotów.

Jest faktem, że tzw. humanistyczny umysł wpada w panikę na sam widok wzorów i zadań rachunkowych. Dla niektórych jest to rzeczywiście bariera nie do pokonania. Postanowiłam więc zadania (poza najbardziej elementarnymi) pozostawić dla tych, którzy chcą i potrafią podjąć wysiłek ich rozwiązywania. Zdecydowałam przy tym, że uczniowie nie muszą wkuwać na pamięć wzorów i wartości stałych fizycznych, lecz dostają skopiowany zestaw z sylabusu. Pozostałym uczniom próbuję pokazać, że fizyka jest częścią rzeczywistości, w której żyją, a zrozumienie jej może życie ułatwić. Oczywiście ukazanie praktycznego znaczenia fizyki nie jest proste przy aktualnej siatce godzin. Wykorzystuję do tego specjalnie tworzone okazje, m.in. Dni Nauk Przyrodniczych. Pragnę podzielić się kilkoma pomysłami.

Przygotowując pierwszy program Dnia Nauk Przyrodniczych, zaczerpnęłam motto z pracy Romana Ingardena (syna Patrona szkoły): „...między bajki należy włożyć istnienie jakiegoś zasadniczego progu między naukami humanistycznymi a tzw. ścisłymi”. Starłam się uzmysłowić uczniom, że humanista też musi rozumować zgodnie z regułami logiki, a z kolei w fizyce potrzebna jest wyobraźnia i jest w niej coś z poezji. Oprócz konkursu plastycznego „Fizyka w oczach

uczniów” i pokazowych doświadczeń, przygotowałam dla drużyn klasowych serię wierszy, w których pojawiały się różne zjawiska fizyczne (m.in. burza, tęcza, zachód słońca). Zadaniem każdego zespołu było nie tylko poprawne objaśnienie zjawiska, ale również dobranie nazwisk autorów wierszy. Okazało się, że nie tylko drużyny, ale nawet „humaniści” z sali nie skojarzyli „Toastów” z naszym narodowym wieszczem Mickiewiczem. Uczniowie uświadomili sobie, że świat poezji nie jest całkowicie oderwany od nauk ścisłych, że są to jedynie różne spojrzenia na otaczający nas świat. Najmłodszy uczniowie przygotowali „oś czasu”, ukazującą rozwój nauk przyrodniczych na tle wydarzeń historycznych. Wszyscy uczniowie obejrzeni też – dzięki uprzejmości autora, mgr. inż. Mirosława Zięblińskiego z Instytutu Fizyki Jądrowej – film „Tajemniczy świat jąder atomowych”.

W minionym roku szkolnym pomysł podsunęły mi słowa E. Rutherforda „Wszystko wokół nas to albo fizyka, albo tylko kolekcjonowanie znaczków”. Zaproponowałam uczniom wcześniej 10 tematów z pogranicza fizyki i innych nauk do opracowania w grupach. Tematy nie były traktowane sztywno. Uczniowie mieli możliwość modyfikowania ich w zależności od zainteresowań i możliwości. Mogli wykazać się swą wiedzą z interesujących ich dziedzin: od techniki, ekologii, biologii po poezję, muzykę i rysunek. Również forma opracowania nie była sztywno narzucona. Powstały plakaty, referaty, programy nagrane na dyskietkę lub CD. Laureatka Małopolskiego Konkursu Recytatorskiego przedstawiła dwa sposoby opisu świata: ścisły i poetycki, bogato ilustrując swą wypowiedź recytacją fragmentów wierszy. Uczennica o zainteresowaniach plastycznych zaproponowała kolekcję mody inspirowaną fizyką. Każda grupa prezentowała swój temat na forum klasy, a plakaty i inne prace obejrzeni wszyscy w trakcie Dnia Nauk Przyrodniczych (prace te stanowią dekorację pracowni).

Ten luźniejszy dzień wykorzystałam także do przygotowania szeregu stanowisk doświadczalnych, wzorowanych na ekspozycji interaktywnej, dostępnej w Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego. Uczniowie mogli wykonywać doświadczenia w oparciu o przygotowane proste instrukcje lub zwyczajnie pobawić się zabawkami fizycznymi.

Mogę spotkać się z zarzutem, że nie jest to fizyka „najwyższych lotów”, Wiem jednak, że nie wszyscy czują w sobie „naukowe powołanie”. Wolę, by nastolatki bawiły się fizyką i przynajmniej kojarzyły teoretyczne treści z praktycznym zastosowaniem, niż by recytowały nic niemówiące im „regułki” i pisały „nie cierpię fizyki!”.

Oczywiście nie rezygnuję z okazji, by zabrać uczniów na wykłady organizowane przez UJ, IFJ lub na wystawę. W szkole, w której uczę, fizyka nie budzi już wyłącznie negatywnych odczuć. W ankietach pojawiają się opinie pozytywne, nawet „lubię lekcje fizyki”. Choć jest ich na razie kilka, to sądzę, że warto próbować. Na początek – nie odstraszać!



Ach! Fizyko, moja zmo-ro!

Teresa Fedorowicz

III LO im. K.K. Baczyńskiego w Białymstoku

Żyjemy w świecie wielkich akceleracji, szybkiego rozwoju techniki. Zapominamy jednak, że fizyka jest jej źródłem i istotą. Jako nauka, fizyka powstała dzięki człowiekowi i dla człowieka. Daje wgląd w budowę wszechświata i we wnętrze atomu. Jest, jak mówi Arkadiusz Piekara, jeden z największych popularyzatorów fizyki, potężnym motorem podnoszącym technikę i kulturę materialną świata na coraz wyższy poziom. Uczę w liceum i wiem, jak ludzie młodzi narzekają, że jest to przedmiot nudny i bardzo skomplikowany, a jego nauka nie jest żadną przyjemnością. Szczególnie uczniowie klas humanistycznych nie radzą sobie ze zrozumieniem trudnych praw fizycznych, a fizyka bywa dla nich szkolną „zmo-rą”.

Fizyko! Wierszem cię sławię

Bo w innej formie cię nie trawię...

Chcąc zachęcić ich do pracy i zainteresować tym przedmiotem wprowadzam, obok tradycyjnych metod nauczania, metodę dramy. Przygotowanie scenek, etiud tematycznie związanych z lekcją, wymaga od młodzieży większego zaangażowania, uaktywnia uczniów o różnym poziomie intelektualnym. Z publikacji A. Piekary wynika, że popularyzacja nauki polegać powinna nie tylko na informacji naukowej o wynikach badań, o odkryciach i wynalazkach. Dobra, prawdziwa popularyzacja musi przybliżyć społeczeństwu drogę, którą kroczy myśl ludzka ku nowym osiągnięciom.

Stosując tę zasadę podczas moich lekcji, prowokowałam młodzież do pisania różnych tekstów literackich, upowszechniających różne zagadnienia związane z fizyką. I tak powstały wiersze i scenariusze, a w tym: „Opowieści z historii fizyki”, „Na strunach światła”, „Czy fizyków atomowych można nazwać Faustami XX wieku?”. Na ich podstawie zrealizowałam z młodzieżą widowiska teatralne, które były prezentowane także uczniom innych szkół i nauczycielom podczas konferencji metodycznych w Białymstoku.

W ramach akcji „Fizyka na scenie” wystąpiliśmy z widowiskiem „Czy fizyków atomowych można nazwać Faustami XX wieku?” podczas Dni Nauki i Sztuki Poznania, które zostało bardzo ciepło przyjęte przez widzów i dostojne grono profesorów fizyki. Listy gratulacyjne i podziękowania, jakie otrzymałam od przewodniczącego PTF prof. T. Skośkiewicza i rektora Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, napawają mnie optymizmem i zachęcają do kontynuowania tej formy pracy.

Spektakl ten obejrżeli również nauczyciele nauk przyrodniczych w czasie warsztatów Polskiego Towarzystwa Nauczycieli Nauk Przyrodniczych w Toruniu, Widowisko zostało wyróżnione, co zachęciło mnie do napisania niniejszego artykułu i podzielenia się spostrzeżeniami, że warto wprowadzać innowacje pedagogiczne, szczególnie wtedy, gdy mogą one ułatwić młodym ludziom zrozumienie otaczającego świata. Talenty literackie moich młodych humanistów postanowiłam uhonorować, publikując ich teksty w tomiku „Ach! Fizyko, moja zmoro!”, Może skłonię uczniów do refleksji nad tym szkolnym przedmiotem? A jeżeli tylko wszystkich rozbawię, to warto chyba przeżyć taką małą chwilę radości.



**Fizyko! Wierszem cię sławię
Bo w innej formie cię nie trawię...**



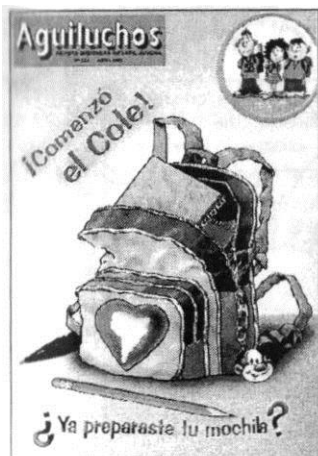
Nauczanie fizyki w innych krajach

Słowenia

W Lublanie, w centrum miasta, w odrestaurowanej kamieniczce na starówce, znajduje się „interakcyjne” muzeum nauki „Dom doświadczeń”. Otwarte jest również w weekendy. Odbywają się w nim pokazy dla przedszkolaków przy kompletach widzów. Pracownicy muzeum redagują dla młodych czytelników piśmko z rebusami, zagadkami, komiksami i krótkimi artykułkami.



Lima



Pisemko *Aguiluchos*, wydawane przez misionarzy Combonianów, nadesłane zostało przez naszego korespondenta Rafała Leszczyńskiego. W piśmie znajduje się zabawny komiks, w którym podręcznik do fizyki pełni ważną rolę.





Uwagi Andrzeja Staruszkiewicza na temat nauczania fizyki w gimnazjum

Wybór Redakcji Fotonu (ZG-M)

Na stronach internetowych Sekcji Nauczycielskiej PTF (<http://www.ptf.agh.edu.pl/SN>) zamieszczone zostały recenzje (opracowane przez A. Staruszkiewicza) następujących podręczników fizyki dla gimnazjum:

[1] *Fizyka wokół nas*, Antonina W. Noweta i Jolanta Swiryd, podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez właściwego ministra MENiS na podstawie recenzji rzeczoznawców: dr. hab. Tadeusza Balcerzaka, dr. Henryka Chrupały, mgr Stanisławy Czarnockiej, mgr Krystyny Stefaniuk, mgr Elżbiety Pełzowskiej, Wydawnictwo Edukacyjne RES POLONA

[2] *Fizyka 1, 2, podręcznik dla gimnazjum*, Krystyna Tryl, Jerzy Wójciak i Ireneusz Ścierański, podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez właściwego ministra MENiS na podstawie recenzji rzeczoznawców: dr. Stanisława Jakubowicza, mgr. Władysława Kulpy, dr Danuty Tokar, prof. dr. hab. Wacława Świątkowskiego, dr. Tadeusza Patrzalka, Wydawnictwo Edukacyjne WIKING, Wrocław 2000

[3] *Fizyka i astronomia dla gimnazjum*, Grażyna Francuz-Ornat, Teresa Kulawik i Maria Nowotny-Różańska, podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez właściwego ministra MENiS na podstawie recenzji rzeczoznawców: dr. Sławomira Brzezowskiego, mgr Teresy Kutajczyk, mgr. Włodzimierza Wolczyńskiego, mgr. Wacława Wawrzyniaka, wyd. 2, Wydawnictwo NOWA ERA, 1999

[4] *Fizyka dla gimnazjum*, Maria i Ryszard Rozenbajgier oraz Jerzy M. Kreiner, podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez właściwego ministra MENiS na podstawie recenzji rzeczoznawców: prof. dr. hab. Władysława Błasiaka, mgr. Władysława Kulpy, dr. hab. Jana Olszewskiego, dr Henryki Kaczorowskiej, Wydawnictwo ZAMIĄST KOREPETYCJI, Kraków 2001.

Z powyższych recenzji wybrano uwagi natury ogólnej i odnoszące się do większej liczby podręczników (wytluszczenia od Redakcji).

I. Co to jest fizyka

Zwykle w pierwszym rozdziale podręczników autorzy próbują przybliżyć uczniom, mniej lub bardziej udanie, co to jest fizyka.

A oto co uważa A. Staruszkiewicz (z recenzji podręcznika [2]):

„Co to jest fizyka i dlaczego warto się jej uczyć? Moim zdaniem fizyka jest sztuką rozumienia zjawisk przyrodniczych za pomocą niewielu pod-

stawowych idei i zasad. **Te podstawowe idee to: przybliżona euklidesowość przestrzeni, możliwość mierzenia czasu poprzez zliczanie oscylacji wokół punktu równowagi, zasady dynamiki Newtona, atomowa budowa materii.** Ambicją nauczyciela powinno być stworzenie uczniowi takiego właśnie w przybliżeniu poprawnego obrazu czasu, przestrzeni i materii. Jest faktem, że w życiu codziennym otaczają nas przedmioty, takie jak telewizor, telefon komórkowy, komputer, służące głównie do przetwarzania informacji. Jeżeli nauczyciel potrafi objaśnić uczniowi zasadę działania tych urządzeń, to bardzo dobrze, ale ja nie bardzo wierzę w taką możliwość, gdyż rzetelne objaśnienie powinno być poprzedzone właśnie stworzeniem naukowo poprawnego obrazu czasu, przestrzeni i materii, co *per se* jest zadaniem bardzo ambitnym. *Notabene*, wiadomo, że praktyczna umiejętność posługiwania się urządzeniami przetwarzającymi informację nie wymaga znajomości fizyki; hakerzy komputerowi, fałszerze kart magnetycznych lub nosiciele telefonów komórkowych radzą sobie doskonale bez znajomości fizyki. Wadą części 1 omawianego podręcznika jest brak zogniskowania wysiłku dydaktycznego na zarysowanym wyżej podstawowym celu nauczania fizyki, czemu towarzyszy strumień informacji nie zogniskowanych, wśród których jest częstość drgań własnych Empire State Building, teoria widzenia rzymskiego poety Lukrecjusza, technologia zapisywania informacji na płycie CD, ostrzeżenie przed ludźmi manipulującymi informacją i wiele innych rzeczy. Być może Autorzy uznali, że sposób uczenia fizyki w gimnazjum powinien być odbiciem rzeczywistości, w której żyjemy. Niewykluczone, że mają rację, ale jest to bardzo smutna racja. Osobiście wolę jednak fizykę będącą zbiorem niewielu klarownych idei”.

Modelowym przykładem krytykowanego przez A.S. sposobu nauczania fizyki jest omawiany wielokrotnie na łamach *Fotonu* i w Internecie podręcznik Dobsona. Przypomnijmy, iż A. Staruszkiewicz uważa mechanikę klasyczną za podstawę nauczania fizyki w szkole (patrz też artykuł A.S. w *Fotonie* 67).

„Stanowczo protestuję przeciwko określeniu mechaniki (podręcznik [4], część 1, str. 8) jako «trudnego i niespecjalnie frapującego działu fizyki». Mechanika jest najważniejszą częścią fizyki, nie tylko szkolnej, ktoś, kto nie lubi mechaniki, nie powinien w ogóle zajmować się fizyką, bo fizyka jest właśnie widzeniem świata jako pewnego układu mechanicznego”.

II. Substancja. Masa

Tradycyjnie autorzy dawnych podręczników do szkół podstawowych (a obecnie gimnazjum) zupełnie niepotrzebnie poświęcają wiele uwagi pojęciu substancji. Cytuję A.S z recenzji podręcznika [1]:

„**Substancja jest słowem potocznym, a nie pojęciem naukowym.** Pojęciami naukowymi są materia i energia, z tym że światło jest materią, która, jak każda inna materia, ma też pewną energię”.

W recenzji podręcznika [3] czytamy:

„W zdaniu «masa ciała jest więc sumą mas cząsteczek budujących ciało» słówko «więc» sugeruje wynikanie, którego w rzeczywistości nie ma ze względu na defekt masy. W tej bardzo trudnej naukowo sprawie najlepiej odwołać się do zrozumiałej intuicji, że 2 kg cukru to 2 razy więcej cukru niż 1 kg, i powiedzieć, że w mechanice Newtona przyjmujemy, że masa ciała jest sumą mas składowych, ale w rzeczywistości nie jest to dokładnie prawdą”.

III. Prawa Newtona

O sformułowaniu I zasady dynamiki w podręczniku [3]:

„I zasada dynamiki, poprawnie sformułowana na str. 44, zostaje zepsuta przez dziwaczne zdanie «Ruch odbywa się dzięki bezwładności». **W tak ważnej sprawie jak zasady dynamiki powinno się uważać na każde słowo,** ten komentarz jest zbędny, bo cała fizyka jest zawarta w samej I zasadzie”.

Curiosum, także językowe, stanowi następująca definicja (podręcznik [1], część 3, str. 45):

„Bezwładnością ciała nazywamy właściwość ciała polegającą na zachowaniu stanu spoczynku lub ruchu jednostajnego po linii prostej, gdy na to ciało nie działa siła nierównowazona”.

Ktoś bardziej złośliwy ode mnie mógłby dopatrzeć się tutaj nawrotu do Arystotelesa, bardzo niestosownego, bo umieszczonego tuż po krótkiej notce biograficznej poświęconej Galileuszowi. Ja ograniczę się do przypomnienia, że fizyka jest nauką o wielkościach fizycznych, które mają swoją liczbową miarę, oraz o prawach łączących te wielkości. W tym wypadku wielkościami, z którymi uczeń musi się zapoznać, są masa, pęd i siła, a prawami I i II zasada Newtona. W nich zawarte jest wszystko. **Bezwładność nie jest wielkością fizyczną, jest jedynie użytecznym słowem.** Na pewno jest celowe nauczyć ucznia właściwego użycia tego słowa, ale przytoczona wyżej definicja raczej nie służy temu celowi.

Na temat III zasady Newtona A.S. pisze w recenzji [3]:

„**Ja bym nazwał III zasadę zasadą równości akcji i reakcji.** Termin «zasada akcji i reakcji» jest nielogiczny i niegramatyczny”.

Ostro rozprawia się A.S. z następującym przedstawieniem III zasady (recenzja podręcznika [1]):

„Uważam, że winę za niedoróbki ponoszą rzeczoznawcy. Jak mogli przepuścić taki chociażby tekst (część 3, str. 69): «Zgodnie z III zasadą dynamiki Newtona pomiędzy przyciągającymi się ciałami działają siły o jednakowych wartościach i o przeciwnych zwrotach. Oznacza to, że siła przyciągania grawitacyjnego między ciałem i Ziemią powinna także zależeć od masy Ziemi. Ponadto stwierdzono, że siła ta zależy od odległości między środkami tych ciał».

Obawiam się, że wyjaśnienie wszystkich niedoskonałości tego tekstu będzie dłuższe niż sam tekst. Z III zasady Newtona nic nie może wynikać na temat grawitacji, bo **III zasada jest uniwersalnym jakościowym postulatem dotyczącym wszystkich występujących w przyrodzie sił**, podczas gdy ilościowe własności każdej konkretnej siły stanowią fakty empiryczne, których nie da się wydedukować z jakiegoś jednego postulatu. Ostatnie z zacytowanych zdań jest jednocześnie ogólnikowe i mylące, bo zawiera sugestię, że zależność siły grawitacji od odległości można zbadać równie łatwo jak dla ładunków elektrycznych. Tak nie jest ze względu na małość stałej Newtona; Newton przyjął prawo odwrotnych kwadratów jako hipotezę pozwalającą poprawnie wyjaśnić szereg zjawisk astronomicznych”.

IV. Siła ciężkości

Polecamy artykuł J. Salach i B. Warczak (*Foton* 74) na temat wprowadzania siły ciężkości, ciężaru.

A oto cytaty z recenzji A.S. podręcznika [1] (część 3, str. 71):

„«Siła ciężkości ‘zaczepiona’ jest wewnątrz ciała w punkcie zwanym środkiem ciężkości.» Cudzysłów, za pomocą którego Autorki jak gdyby dystansują się od swojego tekstu, nie przeszkadza uznać tego zdania za całkowicie fałszywe. Siła ciężkości, zgodnie z oryginalnym sformułowaniem Newtona, jest przyłożona lokalnie do każdego punktu materialnego tworzącego ciało. Pisząc to, co piszą, Autorki odcinają sobie drogę od wyjaśnienia takich zjawisk, jak precesja osi Ziemi czy ruchy pływowe, a więc zjawisk, których objaśnienie Newton uważał słusznie za swój szczególnie sukces”.

V. Pole elektrostatyczne

„Moduł 3 podręcznika [3] zawiera na str. 12 i 82 irytujące określenia: «Pole elektrostatyczne jest to przestrzeń, w której na dowolne ładunki elektryczne działają siły elektrostatyczne.» Bardzo bym chciał wiedzieć, kto rozpowszechnił wśród nauczycieli gimnazjalnych ten nonsens, na który natknąłem się kilkakrotnie. Podejrzewam tu robotę tzw. ośrodków metodycznych. POLE ELEKTROSTATYCZNE JEST MATERIAŁ WŁO-

ŻONĄ W PRZESTRZEŃ TAK SAMO JAK STÓŁ LUB KRZESŁO. Czy można określić krzesło jako przestrzeń, na której można spocząć, nie narażając się na upadek? Słońce wyrzuca w przestrzeń miliony ton masy w postaci fotonów. Czy godzi się nazywać przestrzenią coś, co może ważyć miliony ton? Proponuję Autorkom następujące sformułowanie, które unika formy «Pole elektrostatyczne jest to...», niemożliwej do poprawnego przeprowadzenia w podręczniku gimnazjalnym: **Mówimy, że w pewnym obszarze istnieje pole elektrostatyczne, jeżeli na każdy ładunek elektryczny umieszczony w tym obszarze działa siła proporcjonalna do wielkości tego ładunku**».

VI. Zachowanie energii

A.S. zwraca uwagę na powszechnie występujące w podręcznikach stwierdzenie:

„Całkowita ilość energii we wszechświecie jest stała”.

Oto uwaga A. S. odnośnie do podręcznika [3]:

„Gdy wszechświat jest otwarty, to ma fizycznie nieskończoną energię, gdy zamknięty, to nie potrafimy jej obliczyć”.

VI. Cząstki elementarne

„Na str. 159 części 3 podręcznika [1] Autorki piszą: «Cząstki będące składnikami atomów oraz kwanty promieniowania gamma nazywamy cząstkami elementarnymi». Zdanie bardzo niedoskonałe, bo nie wiadomo, czy jest to enumeracja wyczerpująca, nie wiadomo też, dlaczego ze wszystkich fotonów wybrano fotony gamma. W tym samym paragrafie Autorki piszą o dodatnio naelektryzowanym jądrze i ujemnie naelektryzowanych elektronach. Jest to błędne użycie słów. Jądro atomowe ma dodatni ładunek, naelektryzowane może być tylko ciało makroskopowe”.

Informujemy Czytelników, iż na stronie internetowej (pod adresem wymienionym na początku artykułu) zamieszczone zostały recenzje podręczników: [1], [2], [3] K. Fiałkowskiego.

Foton na temat podręczników dla gimnazjum:

Z. Gołąb-Meyer – „Podręczniki dla gimnazjum – krótka charakterystyka”, *Foton* 69, 2000

Z. Gołąb-Meyer – „Omówienie przykładowych podręczników dla gimnazjum”, *Foton* 69, 2000

J. Salach – „Jeszcze o Dobsonie”, *Foton* 71, 2000

W. Reńda – „Fizyka i astronomia dla gimnazjum”, *Foton* 71, 2000

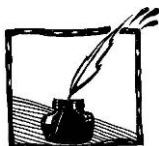
J. Bojko – „O podręczniku (M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier, J. M. Kreinera)”, *Foton* 72, 2001

J. Salach, B. Warczak – „Definicja ciężaru w podręcznikach dla gimnazjum”, *Foton* 74,

Z. Gołąb-Meyer – „O trudnościach autorów podręczników”, *Foton* 74, 2001

J. Turło – „Jaki podręcznik do fizyki w gimnazjum”, *Foton* 76, 2001

M. Czerwińska, A. Sławińska, R. Leśniewicz, H. Palczewska, U. Mięśok, B. Kalotka, E. Kozieł, K. Bursztyńska-Napieralska – „Opinie nauczycieli na temat podręczników do gimnazjum”, *Foton* 76, 2001



Uwaga na temat precyzji języka w szkole i w czasopismach popularnonaukowych

Zofia Gołąb-Meyer

W *Wiedzy i Życiu*, październik 2002 (str. 61), opublikowany został list nauczycielki fizyki, pani Urszuli Mięśok, oraz odpowiedź pani Redaktor Naczelnej Ireny Szymczak. Cytujemy oba teksty *in extenso*.

Jednostki w „Ekstazie”

Nie przeczytałam jeszcze artykułu „Ekstaza głębin”, a rzuciło mi się w oczy na str. 42 zdanie: *Biorąc pełny wdech, zwiększamy siłę wyporu o około 5 kilogramów*, i natychmiast piszę do Pani. Proszę mi wyjaśnić, jak to możliwe, aby w takim piśmie jak „Wiedza i Życie” znalazło się to zdanie? Jestem nauczycielką fizyki i „walczę” z uczniami o to, żeby rozróżniali siłę od masy i ich jednostki. A jest to niezwykle trudne, bo potoczne określenia są silniejsze niż wiedza szkolna.

URSZULA MIĘSOK

OD REDAKCJI: Uważam, że w piśmie popularnonaukowym mogą, a nawet powinny być używane pojęcia z języka potocznego. Oczywiście, obowiązującym układem jest teraz SI, ale czy naprawdę chciałaby Pani, by uczniowie czytali o megagramach zamiast ton i decymetrach sześciennych zamiast litrów?

Układ SI ma wiele zalet, ale – co przyznają nawet świetni fizycy – jest układem nienaturalnym. Podawanie siły wyporu w niutonach z pewnością poprawne, używanie kilogramów-siły ma za to tę niezaprzeczalną zaletę, że jest bardziej zrozumiałe. Zarzut, że nie odróżniamy siły od masy jest doprawdy niejasny; przecież w cytowanym zdaniu wyraźnie piszemy: **siła** wyporu. Z językowego punktu widzenia równie poprawna jest fraza *wypór zwiększa się o 5 kilogramów-siła*, jak *siła wyporu zwiększa się o 5 kilogramów*.

IRENA SZYMCZAK

A oto stanowisko Redakcji *Fotonu*

Pani Urszula Mięsocka ma rację, twierdząc, iż rozróżnienie pomiędzy masą a ciężarem (siłą) ciała nastęrcza kłopoty. Ma też rację, iż domaga się od pisma *Wiedza i Życie* rozróżnienia pojęć masy i siły oraz ich jednostek. Nie chodzi tutaj o kurczowe trzymanie się jednostek SI, tylko ich pomieszanie. Prawdą jest, że SI został opracowany ku wygodzie fizyków i jest bardzo często nienaturalny. Dotyka to szczególnie uczniów, którzy dopiero zapoznają się z nowymi pojęciami. Nie mają jeszcze intuicji, punktów odniesienia. **Uczniowie powinni operować jednostkami dostosowanymi do skali zjawisk, nawet za cenę mnożenia ich ilości.** Tak więc powinno się używać **ton**, gdy mowa o masie samochodów, **mm**, gdy mowa o wymiarach kropli wody, i **km/h**, gdy mowa o szybkości pociągów. Zamiany jednostek trzeba z uczniami trenować niejako osobno.

Niepoprawność sformułowania w *WiŻ* nie tego dotyczy, aczkolwiek ma źródło w niedostosowaniu skali jednostek siły do najpowszechniejszych rozważanych w szkole zjawisk.

Jednostką naturalną siły jest w przybliżeniu ciężar masy 1 kg, czyli ~10 N. Jakież 50, 30 lat temu, by ułatwić uczniom rozróżnienie pomiędzy masą a ciężarem ciała, używano jednostki siły 1 kG (duże G!) w odróżnieniu od 1 kg masy. I to pamięta Pani Redaktor Irena Szymczak.

Było $1 \text{ kG} = 1 \text{ kg} \cdot g_{\text{ziemskie}}$. Wtedy jednostka mocy, koń mechaniczny

$$1 \text{ KM} = \frac{75 \text{ kG} \cdot m}{s}$$

Mówiło się „kilogramometry pracy”, a nawet przez jakiś czas mówiło się „kilopondometry pracy”.

Obecnie wyrugowano jednostkę siły kG, być może zbyt pośpiesznie, zostały niutowy. Jeśli już tak się stało, to trzeba się do tego stosować. Wyrugowano też jako jednostkę ciśnienia mm słupa rtęci, nie tylko dlatego iż to nie jednostka SI, lecz również pozbawiona wymiaru ciśnienia, czyli $\left(\frac{\text{wartość siły}}{\text{powierzchnia}} \right)$.

Powiedzenie „ciśnienie atmosferyczne wynosi tyle a tyle mm słupa rtęci”, zawiera powszechnie przyjętą konwencję – skrót myślowy. Na tej zasadzie powiedzenie, iż siła wyporu wynosi 5 kg, jest skrótem myślowym i ostatecznie mogłoby oznaczać przyjętą konwencję, sugerującą, że mamy na myśli siłę równą $5 \cdot g_{\text{ziemskie}} \text{ N}$, czyli ~50 N.

Nauczyciele twierdzą, że przyjęcie tej konwencji jest dla uczniów mylące i może utrwaląć zamęt poznawczy. W szkole można „oberwać dwóję” za stwierdzenie: „siła równa 5 kg”.

Jeśli tak, to *Wiedza i Życie*, pomimo używania języka potocznego i rozluźnionych rygorów sztywności, powinna tu przestrzegać poprawności i choćby dorzu-

cić dwa słowa, np.: „zwiększa siłę wyporu o równoważność wartości siły ciężkości masy 5 kg”.

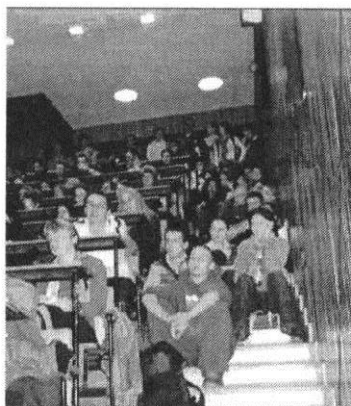
Przy okazji tych rozważań można się zastanowić, czy słusznie zrezygnowano z kG jako jednostki siły i mmHg, jako jednostki ciśnienia. Obie te jednostki są lepszym nośnikiem sensu pojęcia siły i ciśnienia niż N i P (niutony i paskale).

Innym problemem związanym z omawianą powyżej kontrowersją jest rozróżnienie pomiędzy językiem mówionym a pisany. Psycholog Lew Wygotski porównywał pierwszy z arytmetyką, a drugi z algebrą. Język fizyki, nawet ten mówiony, już jest językiem pisany według podziału Wygotskiego. I jeśli nie mamy do czynienia z wprowadzającymi jakościowymi dywagacjami, powinien zachowywać pewne rygory. Nie bez powodu fizyka jest nauką ścisłą.

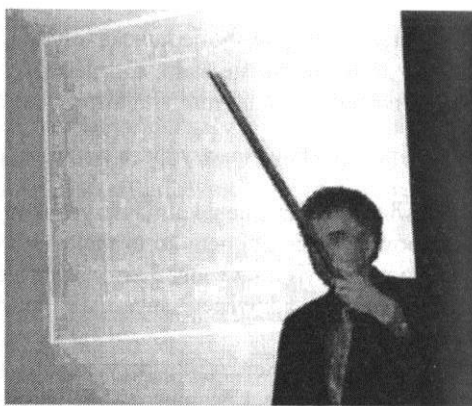
Z drugiej strony, to, co ujdzie na wykładzie czy lekcji mówionej, w sytuacji gdy jest ona obudowana gestami, odpowiednią intonacją, gdy zawiera powtórzenia, gdy są odbierane sygnały zwrotne od słuchaczy, nie może pozostać „w nagej” postaci w wersji napisanej.

Bywa, iż artykuły czy, co gorsza, podręczniki są jakby spisany wersją (czy jej wycinkami) wygłoszonego wykładu, czy scenariusza lekcji. Trzeba być nie lada mistrzem, by były poprawne.

DNI OTWARTE INSTYTUTU FIZYKI UJ



Thumy na sali...



...w czasie wykładu dr. Jacka Bieronia
Czy istnieje życie pozaziemskie



O podręcznikach dla klas z poszerzonym programem

I. *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych, treści rozszerzające, część 1*,
Jadwiga Salach, Maria Fiałkowska, Krzysztof Fiałkowski, Barbara Sagnowska

Od Autorów:

Książka ta (oraz jej druga część, przygotowywana obecnie do druku) wraz z podręcznikiem Marii Fiałkowskiej, Krzysztofa Fiałkowskiego i Barbary Sagnowskiej *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych* stanowi pełny zestaw podręczników Wydawnictwa ZamKor, potrzebnych uczniowi szkoły ponadgimnazjalnej do opanowania programu fizyki na poziomie rozszerzonym. O ile pierwszy podręcznik służył realizacji podstawy programowej w zakresie podstawowym, o tyle omawiana książka stanowi pierwszą część podręcznika umożliwiającego uczniowi przygotowanie się do matury i egzaminów wstępnych z fizyki, a także do podjęcia studiów ścisłych i technicznych. Książka ta zawiera matematyczny opis zjawisk i praw znanych już z gimnazjum i kursu podstawowego, systematyzuje zdobytą wiedzę i przygotowuje do nauki na poziomie akademickim.

Zgodnie z ideą reformy, treści rozszerzające miały być realizowane po zakończeniu kursu podstawowego. Jednak w wielu szkołach fizyka jest przedmiotem realizowanym w zakresie rozszerzonym już od klasy pierwszej. Dlatego część pierwsza nowego podręcznika została oddana do użytku już od początku nauki w nowym liceum. Autorzy proponują, aby co najmniej pierwsze 60 godzin lekcyjnych poświęcić realizacji treści podstawowych zawartych w pierwszych 6 rozdziałach podręcznika *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych*, które w znacznej części stanowią powtórzenie i pogłębienie problemów zawartych w programie gimnazjum. Przy ich omawianiu nauczyciel może doprowadzić do wyrównania poziomu wiedzy i umiejętności absolwentów różnych gimnazjów. W tym czasie na lekcjach matematyki powinno nastąpić pogłębienie wiedzy matematycznej, niezbędnej do efektywnej realizacji treści rozszerzających. Szczegółowy opis sposobów łączenia treści podstawowych i rozszerzających przedstawiony jest w programie nr 208/02, dostępnym na stronie internetowej wydawnictwa i przesyłanym na życzenie nauczycielom.

Taki częściowo spiralny sposób uczenia się pozwala poznać najpierw zjawiska „z grubsza”, opisane ciekawie w sposób jakościowy, przy czym niektóre problemy pozostają otwarte. W nowym podręczniku problemy te są rozwiązywane szczególnie przy użyciu bardziej skomplikowanego aparatu matematycznego.

Szczególony nacisk położono na funkcję informacyjną i samokształceniową podręcznika. Powinno to umożliwić właściwe przygotowanie do studiów także i uczniom tych szkół, w których na nauczanie fizyki przeznaczono niewiele godzin. Zakres materiału przedstawionego w podręczniku można krótko określić jako „te wszystkie wiadomości i umiejętności, których uczelnie oczekują od nowych studentów (i zwykle nie mogą się doczekać)”.

Treści omówione w pierwszej części podręcznika obejmują matematyczny opis różnych rodzajów ruchu postępowego (z uwzględnieniem opisu ruchu w układach nieinercjalnych) i obrotowego ruchu bryły sztywnej, zasady zachowania w mechanice, elementy hydrostatyki i aerostatyki oraz opis polowy oddziaływań dla pól statycznych. Podręcznik zawiera wiele omówionych szczegółowo przykładów, których analiza powinna umożliwić samodzielne rozwiązywanie zadań dołączonych do wszystkich rozdziałów. Krótki dodatek matematyczny poświęcony jest rachunkowi wektorowemu, a dodatek doświadczalny poszerza informacje o niepewnościach pomiarowych, przedstawione w podręczniku do kursu podstawowego, omawia problem dopasowania prostej do wyników pomiarowych i przedstawia kilka prostych doświadczeń.

II. Fizyka i astronomia 1. Zakres rozszerzony. Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego, Sławomir Brzezowski

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 podpatrzyć, jak je autor krok po kroku tłumaczy, sięgnijcie po ten podręcznik. Dotyczy to wielu problemów omawianych w gimnazjach.

Od Wydawcy:

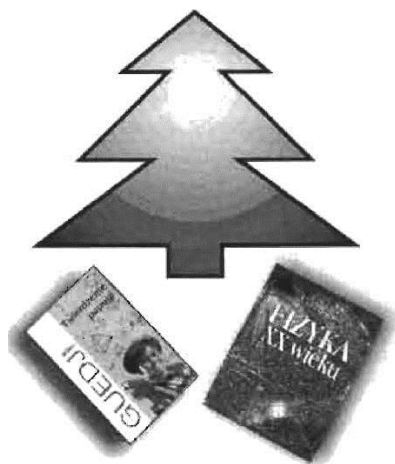
Nowy podręcznik do fizyki, przeznaczony dla klasy I liceum ogólnokształcącego, obejmuje materiał z zakresu rozszerzonego. Dopelnieniem zwięzłego i logicznego wykładu są liczne schematy i zdjęcia, stanowiące cenną pomoc w zrozumieniu omawianych zagadnień. Niewątpliwym walorem podręcznika są zadania o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



CO CZYTAĆ **Książki pod choinkę**

- *Schody do gwiazd. Obserwacje nieba w trzech wielkich starożytnych kulturach*, Anthony Aveni, Zysk i S-ka, Poznań 2002
- *Jak zmienić wszechświat. Historia poszukiwań rozmiarów kosmosu*, Kitty Ferguson, Zysk i S-ka, Poznań 2002
- *Encyklopedia szkolna. Fizyka z astronomią*, WS i P SA, Warszawa 2002
- *Twierdzenie papugi*, Denis Guedj, Wydawnictwo Albatros Andrzej Kuryłowicz, Warszawa 2001
- *Fizyka XX wieku*, Curt Suplee, PWN, Warszawa 2001

Publikacja przeznaczona jest dla szerokiego grona czytelników. Jest to pozycja wartościowa również dla oka, bo zawiera bardzo interesujące zdjęcia historyczne i przepiękne fotografie, nieco gorzej z prawdą historyczną. Książka jest doskonała do uzupełnienia zajęć z fizyki współczesnej.



Antyrecenzja *Fizyki XX wieku* Curta Suplee

Edward Malec
Instytut Fizyki UJ

Książkę Curta Suplee po raz pierwszy wzięłem do ręki w dniu 28 października 2002 roku około 15.15 i już po 20 sekundach wiedziałem, że nie będę jej czytać. Jeśli pomimo to uległem prośbie Szanownej Pani Redaktor *Fotonu*, by coś napisać, to głównie po to, aby przekazać potencjalnym autorom książek popularno-naukowych informację o istnieniu dosyć szczególnego rodzaju czytelników, których można nazwać *spontanicznymi łowcami sprzeczności*. *Spontaniczny łowca sprzeczności* jest czytelnikiem kapryśnym – nie zważa na całość kształtu, ale zraża się już przy pojedynczym potknięciu autora. Proces ten jest nie tylko spontaniczny, ale i pozarozumowy.

Objaśnię rzecz na własnym przykładzie. Kartkując wspomnianą *Fizykę XX wieku*, trafiłem w dwudziestej sekundzie na stronę 204, gdzie przeczytałem: **Mimo to Chandrasekhar ustalił granice masy wymaganej do utworzenia czarnej dziury, a nowozelandzki matematyk Roy Kerr opisał, jak muszą one rotować.** Potrzeba wielu zdań, aby wyprostować treść tego jednego. Nie istnieje żadna fundamentalna granica masy czarnej dziury. Można natomiast mówić o górnej granicy mas obiektów (gwiazd neutronowych), które powstały w wyniku ewolucji gwiazd; obiekty cięższe musiałyby być czarnymi dziurami. To nie Chandrasekhar ustalił tę granicę (w rzeczy samej jest ona bliżej nieokreślona, zależy od tzw. równania stanu i priorytetów badacza, jakkolwiek tajemniczo to brzmi) granica Chandrasekhara dotyczy bowiem maksymalnej masy białych karłów. Kerr odnalazł rozwiązanie rotującej czarnej dziury, co jest ważne. Ważniejszy jest jednak wkład choćby Finkelsteina w zrozumienie istoty rozwiązania Schwarzschilda, a tego nazwiska w książce nie znalazłem.

Z drugiej jednak strony, gdyby zacytowane zdanie wyrzucić, to pozostały tekst rozdziału *Brakująca masa i czarne dziury* jest właściwie do przyjęcia (no, może poza tytułem, który nazbyt optymistycznie sugeruje, że czarne dziury mogą wyjaśnić zagadkę brakującej masy). Poza tym książka została wydana najpierw przez wydawnictwo American Institute of Physics i American Physical Society, co jednak gwarantuje jakiś tam poziom. Z kolei polski wydawca, PWN, też jest instytucją poważną. Ilustracje i zdjęcia wyglądają atrakcyjnie, a skorowidz zawiera te nazwiska, które chciałbym tam widzieć. Rozdział *Elektrony* wymienia model „rodzynków w cieście”, co sugeruje dbałość autora o przedstawienie historycznego rozwoju fizyki, a to lubię. Jeśli więc podejmuję decyzję o nieczytaniu tej pozycji, to jest w tym element pozarozumowy, pobudzony – uwaga, potencjalni autorzy – przez jedno nieostrożne zdanie.



Letnia Szkoła Fizyki dla Nauczycieli Fizyki Szkół Średnich w CERN-ie, 2002

Danuta Czyżewska

LO im. S. Żeromskiego w Żyrardowie

Szanowna Redakcjo,

W dniach od 30 czerwca do 20 lipca 2002 byłam, wraz z Bogusławem Lanuszny z Śląska, uczestniczką Letniej Szkoły Fizyki dla Nauczycieli Szkół Średnich, organizowanej przez Europejskie Laboratorium Fizyki Cząstek Elementarnych w CERN-ie pod Genewą. Kursy te odbywają się od roku 1998 i cieszą się coraz większym zainteresowaniem nauczycieli w krajach europejskich i Stanach Zjednoczonych. W tym roku w zajęciach wzięło udział 32 uczestników z 22 krajów, w tym Irlandii, Rumunii, Rosji i USA, które nie są krajami członkowskimi CERN-u.

Jednym z celów Szkoły jest zapoznanie nauczycieli z aktualnym stanem wiedzy w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych, metodami i narzędziami fizyki wysokich energii oraz nowymi technologiami, które są „produktem ubocznym” badań prowadzonych w CERN-ie. Służyły temu wykłady prowadzone specjalnie dla uczestników programu oraz wykłady odbywające się w ramach Letniej Szkoły Fizyki dla Studentów. Mieliśmy między innymi przyjemność wysłuchania wykładu prof. Franka Close’a, autora książek popularnonaukowych *Kosmiczna cebula*¹ oraz *Lucipher’s Legacy*, prof. Jacka Steinbergera, laureata Nagrody Nobla z fizyki z roku 1988, prof. Edwarda „Rocky’ego” Kolba z instytutu Fermilab w USA oraz Michelangelo Mangano, jednego z organizatorów Szkoły. Wszyscy wykładowcy bardzo chętnie dyskutowali z nauczycielami na temat zagadnień poruszanych na wykładach.

Mieliśmy również możliwość obejrzenia wielu interesujących urządzeń, takich jak na przykład decelerator antyprotonów, ogromne detektory Atlas i CMS (Compact Muon Solenoid), które zostaną wykorzystane do badania zderzeń protonów w akceleratorze LHC (Large Hadron Collider), a także halę montażu i testowania nadprzewodzących magnesów dipolowych i kwadrupolowych oraz halę testowania kabli nadprzewodzących, które będą zastosowane w akceleratorze LHC.

LHC to akcelerator cząstek elementarnych, który ma służyć do badania własności materii na głębszym poziomie, niż to czyniono dotychczas. Jego uruchomienie przewiduje się na rok 2005. Urządzenie zostanie zmontowane w 27-

¹ Frank Close, *Kosmiczna cebula* – tekst książki autor „sprawdzał” na uczestnikach Przed-szkola w Zakopanem (*Foton* 38,1995).

kilometrowej długości tunelu, w którym przedtem znajdował się akcelerator LEP (Large Electron Positron Collider), co stwarza ogromne problemy techniczne. Ostatecznie LHC będzie zderzał wiązki protonów o energii zderzenia 14 TeV oraz wiązki jąder ołowiu o energii zderzenia 1150 TeV. Będzie to zatem akcelerator o najwyższej na świecie energii zderzenia i największej gęstości wiązki. Aby utrzymać wiązkę w tunelu, konieczne są bardzo silne pola magnetyczne, do wytworzenia których należy zastosować materiały nadprzewodzące. Z tego powodu urządzenie będzie pracowało w temperaturze około 300 stopni poniżej pokojowej, czyli niższej niż panuje w przestrzeni kosmicznej, a także będzie wymagało wytworzenia lepszej próżni, niż stwierdzono gdziekolwiek we Wszechświecie. Akcelerator LHC umożliwi odkrycie cząstek Higgsa, o ile istnieją, a także „supersymetrycznych” partnerów dla istniejących cząstek, co pozwoliłoby potwierdzić teorię unifikacji oddziaływań, zwaną supersymetrią (SUSY). Niestety, nie udało nam się zobaczyć podziemnego tunelu, gdyż obecnie nie jest dostępny dla zwiedzających z powodu prowadzonych w nim robót.

Większość czasu przeznaczaliśmy na pracę w grupach, której celem było przygotowanie materiałów do wykorzystania przez nauczycieli fizyki podczas lekcji, przeredagowanie strony internetowej CERN-u dla ogólnego odbiorcy, opracowanie broszury informacyjnej na temat CERN-u dla nauczycieli fizyki, opracowanie stron internetowych dotyczących technologii wynikających z badań prowadzonych w CERN-ie, a także zapoznanie się z programami komputerowymi i stronami internetowymi, które można wykorzystać w pracy w szkole, na przykład modelującymi zjawiska fizyczne lub umożliwiającymi przeprowadzanie doświadczeń na odległość. Materiały dla nauczycieli obejmują przykłady wykorzystania zdjęć z komór pęcherzykowych podczas lekcji fizyki, propozycje przedstawiania modelu standardowego uczniom oraz opracowania rzeczywistych doświadczeń prezentowanych przez uczestników Szkoły. Można je znaleźć w Internecie pod adresem <http://teachers.web.cern.ch/teachers/>.

W pierwszym tygodniu zajęć liderzy grup przedstawiali uczestnikom tematykę i cel pracy grupy, aby wszyscy mogli wybrać coś dla siebie. Każdy z nas należał do jednej lub dwóch grup, a niekiedy przyłączał się do pracy w kolejnej grupie. Ja zajmowałam się modelem standardowym pod kierownictwem Petera Dunne'a z Wielkiej Brytanii oraz fotograficzną kroniką naszych zajęć pod okiem webmastera Rostislava Halasa z Czech. Czasami brałam udział w pracach grupy przygotowującej materiały z zastosowaniem zdjęć z komór pęcherzykowych, prowadzonej przez niezwykle charyzmatycznego Walińczyka, Grona Tudora Jonesa. W ramach „pracy domowej” podjęłam się, wspólnie z uczestnikiem ubiegłorocznej szkoły, Leszkiem Jabłońskim z Katowic, przetłumaczenia na język polski CD-ROM-u „Fizyka cząstek – klucz do narodzin czasu”, autorstwa Richarda Jacobssona, Jest to bardzo ciekawy materiał edukacyjny dla młodzieży, do wykorzystania w szkole.

Niezmierne istotna była również możliwość wymiany doświadczeń i pomysłów pomiędzy uczestnikami Szkoły. Wstępem do dyskusji na ten temat był wykład Cecilii Jarlskog, byłej członkini komitetu noblowskiego, dotyczący problemów i perspektyw nauczania fizyki w Europie. Nie do przecenienia jest także nawiązanie kontaktów i przyjaźni pomiędzy nauczycielami fizyki z całej Europy, co dla mnie już zaowocowało otrzymaniem bardzo ciekawych i przydatnych w pracy IV szkole materiałów od Kevina McCleana, doradcy metodycznego z Irlandii, a także obietnicą współpracy z brytyjską szkołą, w której uczy Peter Dunne. Wszyscy przyrzekliśmy sobie również informować się nawzajem o interesujących programach komputerowych czy stronach internetowych, pomysłach na doświadczenia do przeprowadzenia w klasie oraz konferencjach organizowanych w różnych krajach Europy. Jestem przekonana, że w przyszłości pozwoli mi to wziąć udział w kolejnych ciekawych i inspirujących wydarzeniach.

[...] W biurze prasowym CERN-u można było nieodpłatnie otrzymać ciekawe materiały dydaktyczne, takie jak kasety wideo, przezrocza, ulotki reklamowe i plakaty, a także numery miesięcznika „CERN Courier” w języku angielskim lub francuskim. Dowiedziałam się tam również, że CERN organizuje jednodniowe wycieczki po terenie instytutu dla młodzieży szkolnej. Więcej informacji na ten temat można uzyskać w Internecie pod adresem visits.service@cern.ch.

Największe wrażenie zrobiła na mnie niezwykła atmosfera entuzjazmu i współpracy panująca w CERN-ie. Organizatorzy Szkoły – Michelangelo Mangano i Mick Storr – tryskali energią i pomysłowością, które udzielały się uczestnikom. Wróciłam do Polski z mnóstwem materiałów i pomysłów, a także z ogromnym zapałem do wykorzystania ich w pracy, bogatsza o niecodzienne doświadczenia i międzynarodowe kontakty. Gorąco zachęcam kolegów nauczycieli do wzięcia udziału w przyszłorocznej edycji programu. Organizatorzy zwracają koszty podróży do wysokości 500 franków szwajcarskich oraz koszty pobytu do wysokości 1900 franków szwajcarskich. Informacje o Szkole można znaleźć w Internecie pod adresem <http://mlm.home.cern.ch/mlm/hst/HSTatCERN.html>. Bardzo chętnie podzielę się również osobiście wszelką dostępną mi wiedzą na ten temat (laine@poczta.onet.pl).





Kwarki wśród malowniczych rzek w Dubnej, czyli w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych

Urszula Woźnikowska-Bezak

Grupa Twórcza Quark Pracowni Fizyki Palacu Młodzieży w Katowicach

Letnia Szkoła Fizyki grupy twórczej Quark odbyła się w dniach 15–24 lipca 2002 r. w Dubnej, w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych. Stało się to możliwe dzięki niezwykle przedsięwzięciu, które nazwano Programem Bogolubowa-Infelda. Program jest rezultatem porozumienia między Pełnomocnym Przedstawicielem Rządu Rzeczypospolitej Polskiej w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej i dyrekcją Instytutu i zaczął funkcjonować w 1998 roku. Kierownikiem części programu dotyczącej szkół średnich jest mgr Ewa Chmielowska, która od początku do końca znakomicie się nami opiekowała.

Przyjazd do Dubnej traktowany jest przede wszystkim jako pewnego rodzaju nagroda dla młodzieży za wysiłek włożony w pierwsze próby poznania przyrody w obszarze interesującej ich dziedziny nauki i poparcie dla nauczycielskiego trudu owocującego wybitnymi osiągnięciami, ale ciągle mizernie wynagradzanego. Pani mgr Ewa Chmielowska, podobnie jak dr Władysław Chmielowski, sekretarz Programu pragną również pokazać Instytut tak, aby został zapamiętany jako interesujące miejsce do prowadzenia badań naukowych i budził uczucie satysfakcji z faktu uczestnictwa naszego kraju w tej organizacji.

W wyjeździe wzięła udział dziewięcioosobowa grupa laureatów konkursów wojewódzkich, krajowych i międzynarodowych, uczestników grupy twórczej QUARK autorstwa mgr Urszuli Woźnikowskiej-Bezak.

Program przewidziany przez organizatorów zapewnił m.in. zwiedzanie Frank Laboratory of Neutron Physics, impulsowego reaktora jądrowego IBR-2, generatora Van de Graffa oraz cyklotronu w Laboratorium Reakcji Neutronowych, jak również nuklotronu i synchrofazotronu. Część młodzieży wzięła udział w warsztatach prowadzonych przez dr. Mirosława Kulika z UMCS w Lublinie, a dotyczących analizy kanałowej na podstawie wstecznego rozpraszania oddziałujących cząstek.

Udział w zajęciach w Dubnej był nagrodą. Odbywały się nasze tradycyjne wykłady (tym razem z fizyki jądrowej prowadzone przez dr. Joachima Gmyrka) oraz seminaria i sesja plakatowa, będące osobistym wkładem uczestników (przygotowane pod baczynym okiem mgr Urszuli Woźnikowskiej-Bezak). Wszyscy

przygotowali prezentację multimedialną w zakresie wybranego przez siebie zagadnienia, ale oscylującego wokół problemów Programu Bogolubowa-Infelda (również w języku angielskim, czego skrupulatnie doglądała mgr Beata Ryl).

Mieliśmy również bardzo urozmaicony program pod względem turystycznym. Duże zainteresowanie wywołały wycieczki do Moskwy i Siergiejew Pasadu, gdzie uczniowie zwiedzali muzea, cerkwie, oglądali pomniki architektury... Wyjazd na Letnią Szkołę Fizyki do Dubnej to nie tylko zajęcia, ale również możliwość nawiązania kontaktów z rówieśnikami – my poznaliśmy uczestników rosyjskiej Letniej Szkoły Komputerowej.

Podsumowanie Letniej Szkoły Fizyki Dubna 2002 było prowadzone przez autorkę grupy twórczej Quark, Urszulę Woźnikowską-Bezak, i Szefa Szkoły. Zaprosiliśmy wielu gości: organizatorów, Państwa Ewę i Władysława Chmielowskich, uczestników rosyjskiej Letniej Szkoły Komputerowej oraz studentów, doktorantów i pracowników naukowych z Polski. Na podsumowaniu byli także obecni reporterka i fotograf miejscowej gazety. Zaprezentowaliśmy Program Letniej Szkoły Fizyki Dubna 2002, przedstawiliśmy tematy seminariów i wykładów, omówiliśmy pasowanie na Kwarka. Każdemu uczestnikowi organizatorzy wręczyli certyfikat uczestnictwa w Programie Bogolubowa-Infelda. Nowa wiedza, jaką zdobyła młodzież podczas pobytu w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej, zwiększa pogłębienie i atrakcyjność nauczania fizyki współczesnej. Sprzyja poznawaniu kultury innego narodu oraz nawiązywania kontaktów z rówieśnikami. Te czynniki mogą w istotny sposób przyczynić się do wzrostu zainteresowania fizyką. A może niektórzy tam wrócą jako studenci, doktoranci, pracownicy naukowci...

Najważniejsze zaś było to, że wszyscy doskonale się tam czuli, wspaniale odpoczęli – jednocześnie się ucząc.



Uczestnicy Letniej Szkoły Fizyki, członkowie grupy twórczej Quark.

Siedzą od lewej: Przemysław Szałański, Jarosław Karch – szef Szkoły, Paweł Wolak – szef grupy twórczej Quark, Marta Kadela.

Stoją od lewej: mgr Urszula Woźnikowska-Bezak, dr Joachim Gmyrek, Monika Kadela, Andrzej Machulec, Andrzej Ptok, Jacek Sowiński, mgr Beata Ryl, Agnieszka Danek.

Adres do korespondencji; ula@pm.katowice.pl



Turniej Młodych Fizyków 2003

Etap korespondencyjny (pisemny)

Drużyny opracowują rozwiązania dowolnych dziesięciu zadań Turnieju Młodych Fizyków 2003 i przesyłają je do wybranego przez siebie jednego z dwóch regionalnych komitetów organizacyjnych w terminie do 15 lutego 2003 r. Jeśli z danej szkoły uczestniczy w Turnieju kilka drużyn, muszą one wszystkie wybrać ten sam komitet regionalny.

Turniej Międzynarodowy

Turniej Międzynarodowy był dotychczas organizowany w Rosji, Holandii, Polsce, Gruzji, Czechach, Niemczech, Austrii, na Węgrzech, w Finlandii i na Ukrainie. XVI Międzynarodowy Turniej Młodych Fizyków odbędzie się w dniach 1–8 lipca 2003 r. w Uppsali (Szwecja).

Więcej informacji o Turnieju Młodych Fizyków oraz o Turniejach Międzynarodowych można znaleźć na stronie internetowej <http://www.fuw.edu.pl/~ptftmf.html>.

Adresy regionalnych komitetów organizacyjnych Turnieju Młodych Fizyków

KATOWICE

Pałac Młodzieży im. prof. A. Kamińskiego
ul. Mikołowska 26, 40-066 Katowice
fax: (32) 510 402
e-mail: ula@pm.katowice.pl

WARSZAWA

Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk
al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa
fax: (22) 843 09 26
e-mail: nadola@ifpan.edu.pl

Wybrane zadania Turnieju Młodych Fizyków 2003

6. Zamarzanie napojów

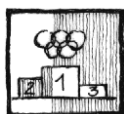
Podczas otwierania pojemnika z zimnym (gazowanym) napojem zawarta w nim ciecz czasami zamarza. Zbadaj istotne parametry i wyjaśnij to zjawisko.

9. Upadający komin

Podczas upadania wysokich kominów obserwuje się niekiedy, że Pękają one na dwie części, zanim upadną na ziemię. Zbadaj i wyjaśnij to.

17. Problem Prometeusza

Opisz i zademonstruj mechanizm fizyczny, oparty na tarcu, który umożliwił naszym przodkom rozniecanie ognia. Oceń czas niezbędny do rozniecenia ognia tym sposobem.



KONKURSY

Sekcja Nauczycielska PTF i Redakcja *Fotonu* ogłasza:

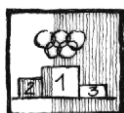
Konkurs na afisz noblowski

Tak jak przed dwoma laty, ogłaszamy konkurs na afisz noblowski. W konkursie mogą brać udział uczniowie wszystkich szkół. Afisz ma informować o przyznanej w 2002 roku Nagrodzie Nobla. Ma zwracać uwagę na astrofizykę, jej dokonania, na odkrywców. W maju lub czerwcu urządzimy w Instytucie Fizyki wystawę plakatów.

Postaramy się, tak jak w poprzednim konkursie, jako nagrodę uzyskać autograf Noblistów. Najciekawsze afisze zamieścimy na okładce *Fotonu*. Doświadczenia poprzedniego konkursu sugerują, że należy pozostawić uczniom inicjatywę i dowolność zarówno w wyborze środków, jak i treści (pośrednio celu afisza). Jury będzie oprócz treści oceniać estetyczny walor afisza. Termin składania afiszy **1 kwietnia 2003** (*Foton*, Instytut Fizyki UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków).

Konkurs na materiały do zeszytu uczniowskiego

W 2003 roku planujemy wydanie dodatkowego zeszytu dla uczniów. W nim zamieścimy materiały nadesłane przez uczniów: artykuły, raporty z imprez dotyczących fizyki, projekty doświadczeń, fotografie już wykonanych, opisy, krzyżówki, komiksy. Najlepsze nadesłane materiały zostaną opublikowane w *Fotonie*.



KONKURS

Międzynarodowy Konkurs „Matematyka bez granic”

Polecamy uwadze Państwa Międzynarodowy Konkurs „Matematyka bez granic”. Jest on przeznaczony dla uczniów I i II klas licealnych. Potencjalni uczestnicy tego konkursu to również nasi uczniowie. W konkursie startują zespoły klasowe, a młodzież to lubi. Różni uczestnicy zespołu mogą wносить inne umiejętności. Zwrot „bez granic” oznacza również to, iż wybór zadań obejmuje szerokie zastosowania matematyki. Możecie Państwo wspólnie z nauczycielami matematyki trenować uczniów i organizować szkolne zawody. W Polsce konkurs pod patronatem Polskiego Towarzystwa Matematycznego organizowany jest przez oddział w Nowym Sączu (dr Tadeusz Rams, www.ptmso.mnet.pl).



KOMUNIKAT Zaproszono nas

W dniu 11 października odbył się pokaz doświadczeń fizycznych, zorganizowany przez Klub Astronomiczno-Fizyczny przy XX Liceum Ogólnokształcącym, w Krakowie, którego opiekunem jest pan Alfred Data.

Na pokaz przybyli uczniowie XX LO oraz zaproszeni uczniowie innych szkół, w tym również gimnazjów. Tematy pokazów to między innymi:

- pomiar prędkości światła przy użyciu lasera,
- oscyloskopowa obserwacja kształtu fal akustycznych,
- prezentacja generatora Van de Graaffa,
- wykorzystanie zjawiska indukcji elektromagnetycznej na przykładzie transformatora rozbieralnego,
- wyładowania elektryczne w gazach, w tym obserwacja charakterystycznych widm promieniowania pierwiastków,
- wpływ pola magnetycznego na wiązkę elektronów,
- lampa plazmowa.

Prezentowano też plansze z astrofizyki.



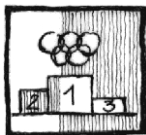
Generator Van de Graaffa i członkowie klubu:
od lewej Piotr Koziół, Konrad Kopański

Fot. mgr Alfred Dala

Uczniowie z klasy IIe – Michał Majerski, Wojciech Hom, Marcin Kobierowski, Michał Pelc i Piotr Prochowicz pod opieką pani mgr Marioli Jachowicz – przygotowali *Podróże kosmiczne* w wersji elektronicznej. Jest to już zupełnie profesjonalnie przygotowana pomoc naukowa. Interaktywne menu w postaci kopitu statku kosmicznego ma służyć łatwiejszemu odnajdywaniu informacji.

Zachęcam do porozumienia się ze szkołą; z pewnością podzielą się swoim dziełem z innymi – XX LO im. Leopolda Staffa w Krakowie, ul. Szlak 5.

Z.G-M



IV Ogólnopolski Konkurs na Doświadczenie Pokazowe z Fizyki

Kraków, wrzesień 2002

IV Ogólnopolski Konkurs na Pokazowe Doświadczenie z Fizyki został zorganizowany przez Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Fizycznego przy współudziale Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej. W konkursie mógł wziąć udział każdy.

Do czwartej edycji Konkursu zgłoszono czterdzieści pięć prac. Jury przyznało następujące nagrody i wyróżnienia:

I NAGRODA (przyznano dwie równorzędne)

Seria doświadczeń z „Lekcji fizyki dla Ikara” – Koło Fizyczne, Publiczne Gimnazjum nr 2, Opole

Siła elektrodynamiczna jako efekt oddziaływania pola magnetycznego na nośniki ładunku elektrycznego – Juliusz Ciemniowski, Krzysztof Kiszczak, Instytut Fizyki UMCS, Lublin

III NAGRODA

„Wodna żarówka” – Janusz Strzelecki, student UMK, Toruń

WYRÓŻNIENIA (przyznano trzy równorzędne)

Pioruny – Andrzej Dydak, Damian Kuźmierski, Politechnika Rzeszowska

Budowa pirometru – Monika Tomczyk, Zespół Szkół Chemicznych, Kraków

Lampa plazmowa – Jolanta Szarzyńska, I LO im. Mieszka I, Świnoujście

NAGRODA PUBLICZNOŚCI

Seria doświadczeń z „Lekcji fizyki dla Ikara” – Koło Fizyczne, Publiczne Gimnazjum nr 2, Opole

Pełna informacja o konkursie (skład jury, lista doświadczeń finałowych) w Internecie pod adresem: <http://www.ptf.agh.edu.pl/konkurs/>.



KRONIKA

Zmarł Profesor **Jan Blinowski (1939–2002)**, znakomity fizyk, znany pokoleniom uczniów jako autor podręczników. Jego bardzo ciekawym pomysłem jest oryginalny podręcznik *Samochodem przez fizykę*.

Jan Weysenhoff (1889–1972)

W 2002 roku mija 30 lat od śmierci profesora fizyki teoretycznej UJ Jana Weysenhoffa. Obszerny esej o życiu i twórczości tego wybitnego uczonego, autorstwa prof. Bronisława Średniawy, można znaleźć w *Złotej Księdze Wydziału Matematyki i Fizyki UJ*.

Czytelnikom *Fotonu* przypominamy, iż Jan Weysenhoff był synem znanego pisarza Józefa Weysenhoffa. W Krakowie uczęszczał do II Realnej Szkoły Średniej. Szkoły realne w porównaniu z gimnazjami miały mniej łaciny i greki, a w to miejsce więcej języków nowożytnych oraz więcej matematyki i fizyki; były też mniej elitarne. Pierwszy temat na rozprawę doktorską dostał od Mariana Smoluchowskiego, ale pracę doktorską i egzamin doktorski złożył w Szwajcarii w 1916 roku. Pracę naukową prowadził w Szwajcarii, Krakowie i Wilnie. W Krakowie był inicjatorem, trwających do dzisiaj, czwartkowych konwersatoriów fizycznych PTF-u. Był działaczem i zawodnikiem Cracovii i Wisły. Napisał pierwszy polski podręcznik do gry w piłkę nożną.



Fotki à la Witkacy, Szwajcaria

Zawiadamy, że w dniu 14 listopada 2002 roku zmarł nagle we Włoszech Profesor **Stanisław Łojasiewicz (1926–2002)**, wielki matematyk, wspaniały nauczyciel.



19 października 2002 w czasie sesji w stulecie urodzin Profesora Stanisława Gołąba

Piękno w matematyce

Stanisław Łojasiewicz

Instytut Matematyki UJ

Przedruk artykułu Profesora z *Fotonu* 67, Lato 2000, str. 4, który jest fragmentem wystąpienia wygłoszonego 24 marca 2000 roku w auli Collegium Maius z okazji uroczystego odnowienia doktoratu.

Opowiem Państwu pewne wspomnienia z początków mojej matematycznej kariery oraz podzielę się z Państwem pewnymi refleksjami.

W okresie szkoły średniej moimi zainteresowaniami były matematyka i muzyka. Dlatego, po zdaniu matury na wiosnę 1945 zapisałem się na studia matematyki w Uniwersytecie Jagiellońskim oraz do Szkoły Muzycznej. To moje zainteresowanie artystyczne miało charakter o wiele bardziej emocjonalny niż profesjonalny. Muzykę, a przynajmniej pewne utwory, przeżywałem bardzo silnymi wzruszeniami. Ale szybko zobaczyłem, że nie jestem w stanie komponować, jak również – iż nawet po wielu latach gry na fortepianie nie posiadam, wystarczającej do uprawiania zawodu, sprawności technicznej. Nie podjąłem jednak wyraźnej decyzji. Po prostu zapał do matematyki i jej studiowanie wciągnęły mnie do tego stopnia, że przestałem uczęszczać do szkoły muzycznej. Pozostał mi jednak bardzo istotny moment estetyczny w uprawianiu matematyki, ale do tego powrócę w dalszym ciągu.

Nie warto rozwódzić się nad zapałem twórczym i zaciekawieniem badawczym. Dlaczego pisałem prace i publikowałem? Z pewnością nie była to chęć posiadania dużej listy publikacji i robienia kariery, ani też – współzawodnictwa z konkurencją, które by mnie raczej zniechęcało. Byłem w matematyce jak wędrownik na łonie natury z samą przyrodą, pokonujący przeszkody naturalne, jeżeli nie sam, to w kompanii towarzyszy, z którymi chciałem współpracować. Dlaczego więc publikowałem? Była to jakaś naturalna chęć utrwalenia wyniku i przekazania go innym. Takiego wyniku, o którym chyba podświadomość mówiła, że jest on ważny. Dlaczego wynik jest ważny? Pewnie nie tylko wobec pozytywnej oceny możliwości zastosowań w innych działach matematyki, czy ogólniej – nauki. Otóż intuicja wywodząca się przynajmniej częściowo z podświadomości, wyczuwa atrakcyjną naturalność zagadnienia, z której – na zasadzie jakichś ukrytych mechanizmów intuicyjno-intelektualnych – wypływa potem jego waga. Odgrywa w tym wycuciu bardzo istotną, tajemniczą rolę piękno, na co wskazywał już w starożytności grecki filozof Platon.

Drodzy Państwo, myślę, że w uprawianiu nauki, przynajmniej takiej jak matematyka, są trzy istotne elementy:

1^o profesjonalno-techniczny;

2^o filozoficzny, z fundamentalnym pytaniem: PO CO?

3^o estetyczny, najdelikatniejszy do uchwycenia.

Z biegiem lat, wyswobodzając się niejako z czystej, nieokiełznanej euforii twórczej, zdawałem sobie coraz wyraźniej sprawę z wagi drugiego i trzeciego elementu w uprawianiu matematyki.

W tym drugim matematyk, uwolniwszy się od precyzyjnego formalizmu zagłębia się w daną matematyczną ideę, zwłaszcza w powiązaniu jej z innymi matematycznymi koncepcjami. Analizując swoją działalność, zastanawia się, dlaczego prowadzi dane badania, dlaczego są one ważne dla poznawania istoty rzeczy.

W trzecim matematyk szuka piękna w konstrukcji teorii. To piękno jest bardzo istotnym motorem, zarówno w prowadzeniu badań, jak i w przekazywaniu wiedzy, w nauczaniu. W każdej sztuce pięknej mamy budulec – materiał z którego się tworzy: w literaturze – słowa, w muzyce – tony, w malarstwie – barwy. W matematyce stanowią go pojęcia i twierdzenia wraz z ich dowodami. Matematyka jest sztuką konstrukcji teorii, które mają tworzyć obraz rzeczywistości. Jeszcze głębiej zdałem sobie sprawę z roli piękna w matematyce pod wpływem obecnej tu na sali artystki, która w jednym ze swych utworów oznajmia na wstępie swoją chęć ofiarowania obrazu rzeczywistości, malowanego pędzlem swoich odczuć i farbami pochodzącymi ze świata matematyki. Dlatego Jej w szczególności dedykuję moje obecne wystąpienie.



KRONIKA Dni Otwarte Instytutu Fizyki UJ

W dniach 23 i 24 października 2002 odbyły się Dni Otwarte w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Udział wzięło przeszło 3 tysiące uczestników z około 80 szkół z całej Polski południowej.

W ramach tegorocznych Dni Otwartych dla odwiedzających przygotowane zostały wykłady popularyzujące różnorodne zagadnienia współczesnej fizyki oraz pokazowe doświadczenia. Wygłoszono 13 wykładów, ustawiono 18 stanowisk pokazowych. W organizację Dni Otwartych zaangażowanych było około stu osób, w tym doktoranci i studenci.

prof. dr hab. Henryk Arodź – *O spontanicznym łamaniu symetrii*

prof. dr hab. Krzysztof Tomala – *Nadprzewodnictwo*

dr hab. Jacek Bieroń – *Czy istnieje życie pozaziemskie*

prof. dr hab. Stanisław Wróbel – *Zjawiska elektro-optyczne w ciekłych kryształach*

prof. dr hab. Wojciech Gawlik – *Najniższe temperatury we Wszechświecie*

dr hab. Michał Przaszałowicz – *Zagadka neutrina*

dr hab. Roman Płaneta – *Produkcja pierwiastków we Wszechświecie*

dr hab. Zbigniew Postawa – *Nanotechnologia – jak układać pojedyncze atomy*

prof. dr hab. Kazimierz Grotowski – *Czy wiemy, w jakim świecie żyjemy?*

dr Stanisław Kistryn – *Z czego i jak zbudowany jest świat*

dr hab. Rafał Abdank-Kozubski – *$6.023 \cdot 10^{23}$ atomów w akcji*

STANOWISKA POKAZOWE

Ciekle kryształy

Holografia

Zjawisko fotoelektryczne

Komora jonizacyjna

Akcelerator Van de Graffa

Kalorymetr

Komputerowe obliczenia molekularne

Studencka Pracownia Jądrowa

Fraktale (pokaz komputerowy)

Nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe

Lasery

Studencka Pracownia Komputerowa

ERRATA

Na zdjęciu uczestniczki Przedszkola Fizyki w Zakopanem 2002; po lewej Ela Madej, po prawej Ewa Gajda. Obie są uczennicami V LO w Krakowie.

Redakcja przeprasza za pomyłkę – na okładce poprzedniego zeszytu widniała podobizna Eli Madej.



KOMUNIKATY REDAKCJI

TERMINY SPOTKAŃ ŚRODOWYCH

JF UJ, PTF Sekcja Nauczycielska

Kraków, ul. Reymonta 4, parter – sala 055

Uprzejmie informujemy, iż **w środy o 16⁰⁰** w Instytucie Fizyki UJ odbywają się wykłady i pokazy dla młodzieży szkół średnich.

Informacje można znaleźć na stronie internetowej: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>

4.XII.2002 – dr Zofia Gołąb-Meyer i studenci IFUJ, *O przyczynach ruchu* (dla gimnazjalistów)

11.XII.2002 – doc. dr hab. Barbara Blicharska, *Nowoczesne metody obrazowania w medycynie, czyli jak fizycy pomagają lekarzom w diagnozie* (dla zaawansowanych gimnazjalistów i licealistów)

18.XII.2002 – dr Zofia Gołąb-Meyer, *Warsztaty dla nauczycieli: Zadania problemowe Hewitta*

8.I.2003 – mgr Kinga Bochenek, mgr Artur Łoziński, *Kolory i światło* (dla licealistów)

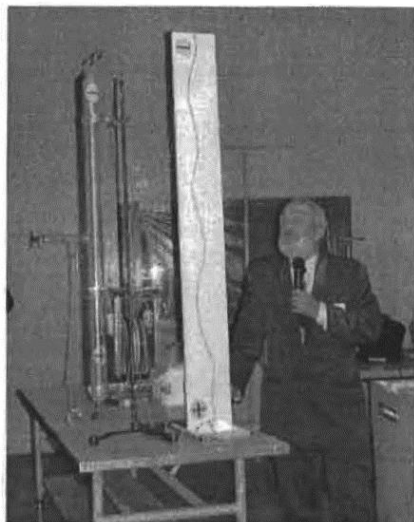
19.II.2003 – dr Jerzy Mucha, *Elektrostatyka* (dla licealistów)

5.III.2003 – mgr Katarzyna Cieślak, *Obrazowanie płuc metodą magnetycznego rezonansu przy użyciu spolaryzowanego helu, czyli jak zobaczyć swoje płuca* (dla licealistów)

Pracownia Zbiorów IF UJ informuje, że może organizować płatne pokazy demonstracji fizycznych na uzgodnione ze szkołami tematy. Koszt jednego pokazu wynosi 250 zł (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**

Z przyczyn losowych terminy spotkań mogą ulec przesunięciu. Prosimy sprawdzić na stronie internetowej *Fotonu*.



Sugestywna demonstracja siły Lorentza w Krakowie (patrz str. 71)

I nagroda na Konkursie na Doświadczenie Pokazowe z Fizyki
(Instytut Fizyki UMCS Lublin)



Reaktor jądrowy
z chłodzeniem gazowym

Koszulkowana
cząstka paliwa