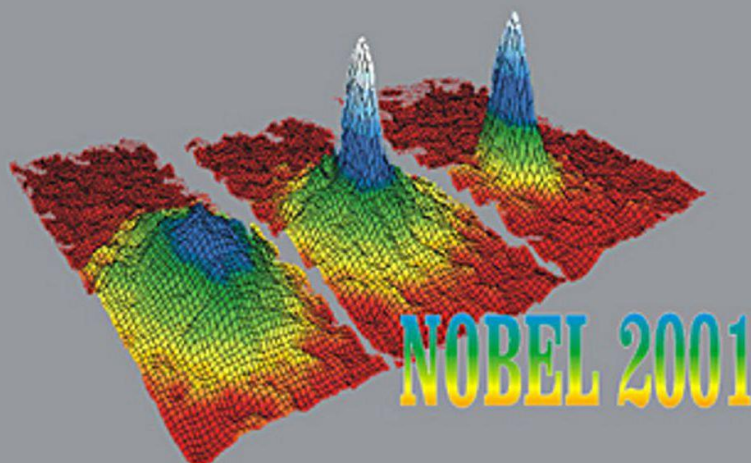


Foton 75

ZIMA
2001

Pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów

INSTYTUT FIZYKI X UNIwersYTET Jagielloński
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



Fizyka medycynie
Projektor w kropli wody
Trudny czy łatwy Archimedes
Pożary i korki uliczne



Mały Sasza z babcią i ciotką, 1906 rok
Aleksander Czyżewski (1897–1964)



A my róbmy swoje

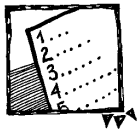
I tak mamy nowy rząd, z nowym ministrem edukacji. Nowa polityka oświatowa zdaje się dokładnie przypominać politykę „Samoobrony” – najpierw zaciąga się długi, a potem siłą wymusza zwolnienie ze zwrotu. Poprzednie rządy zaciągnęły wymuszony dług u społeczeństwa, sprawiły, że pojawiają się oznaki zapaści cywilizacyjnej. Zaniedbania w oświacie oraz analfabetyzm w matematyce i przedmiotach ścisłych jest szczególnie dotkliwy dla gospodarki (i dobrobytu). Poprzedni rząd uczynił właściwy krok, by zacząć te długi zwracać. Na pewno właściwym krokiem była propozycja ocenianych zewnętrznie matur. I co dalej? Cofnięto się znowu. Ewidentne błędy w proponowanych poprzednio reformach można usuwać i iść do przodu, a nie wylewać dziecka z kąpielą.

Szanowni Państwo, przed Wami trudne zadanie przekonywania uczniów i ich rodziców, że radość z powodu zniesienia matury z matematyki jest radością dziecka, które dziś uzyskało trochę czasu na zabawę, by w przyszłości za to płacić grzebaniem po śmietniku Europy. Rodzice powinni dopominać się od państwa (polityków) rozwiązań, które zapewnią solidne nauczanie tego, co będzie ich dzieciom potrzebne w przyszłości. Im biedniejsi rodzice, tym to jest ważniejsze. Różne poważne gremia fizyków, w tym Polskie Towarzystwo Fizyczne, czynią teraz kroki, by przekonać MEN co do właściwych rozwiązań dotyczących nauczania fizyki. Środowisko nauczycieli powinno dołączyć do poszukiwania rozwiązań służących prawdziwej i rzetelnej ocenie nauczycieli i dróg awansu. Jak widać z praktyki, nie jest to proste. Tymczasem róbmy swoje porządnie.

Związki fizyki z medycyną zawsze wzbudzają duże zainteresowanie, a nawet emocje. W tym zeszycie dostarczamy Państwu parę artykułów na ten temat (T. Dohnalik, B. Warczak, K. G. Nikiforov). Artykuł M. Massalskiej-Arodź na pewno zainteresuje Waszych uczniów, którzy powinni się zachwycić różnorodnością zjawisk rządzonych podobnymi prawami.

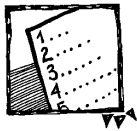
Poświęcamy też, jak zwykle, sporo miejsca dydaktyce. Niepokoją nas „niedoróbki” testów, zadań. Reforma – tak!, ale poprawnie przeprowadzona (artykuł J. Salach i ZG-M). Tekst A. Smólskiego powinien wyjaśnić problemy związane z nauczaniem prawa Archimedesesa. Gorąco zachęcam do konstrukcji superprostego projektora w kropli wody. Pokażcie projektor kolegom biologom. Jak zwykle, czekają też na Państwa stałe rubryki.

ZG-M



Spis treści

Nobel 2001	
<i>Wojciech Gawlik</i>	4
Obrazowanie płuc rezonansem magnetycznym przy użyciu hiperspolaryzowanych gazów szlachetnych	
<i>Tomasz Dohnalik</i>	9
Terapia ciężkimi jonami	
<i>Barbara Warczak</i>	13
Z profesorem Gerhardem Kraftem, kierownikiem projektu HITAG, rozmawia	
<i>Barbara Warczak</i>	16
O trzęsieniach ziemi, pożarach i korkach ulicznych	
<i>Maria Massalska-Arodź</i>	20
Czy można obserwować dyfrakcję światła na firance?	
<i>Stanisław Bednarek</i>	27
O Aleksandrze Czyżewskim, czyli most, który połączył dwa kosmosy	
<i>Konstantin G. Nikiforov</i>	32
Kącik zadań	
<i>Jadwiga Salach</i>	39
Prawo Archimedesesa? – ależ to bardzo proste!	
<i>Adam Smólski</i>	43
Kącik eksperymentatora – Projektor Planinsica	
<i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	51
Czytamy po angielsku. Water-Drop Projector	
<i>Gorazd Planinsic</i>	52
Testy pseudokompetencji z przedmiotów przyrodniczych dla uczniów gimnazjum	
<i>Jadwiga Salach</i>	53
List do Redakcji.....	55
Niepoprawne zadanie. Test próbny dla gimnazjalistów	
<i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	56
Errata.....	57
Kronika I – XXXII Międzynarodowa Olimpiada Fizyczna	
<i>Andrzej Tomasz Görlich</i>	58
Kronika II – Letni kurs dla nauczycieli fizyki szkół ponadpodstawowych	
<i>Urszula Mięso</i>	60
Kronika III – Warsztaty fizyczne	
<i>Joanna Majerowicz</i>	61
List do Redakcji.....	61
Komunikaty	
Turniej Młodych Fizyków 2002.....	62
Symposium na Węgrzech w 2002 roku.....	62
Jeszcze o podręczniku Hewitta	
Fragmenty recenzji książki P. G. Hewitta <i>Fizyka wokół nas</i>	
<i>Aleksandra Miłosz</i>	63
Fizyka w Internecie.....	64
Co czytać.....	65
Komunikaty Redakcji.....	66



Contents

Nobel 2001	
<i>Wojciech Gawlik</i>	4
Magnetic resonance imaging of lungs using hyperpolarized noble gases	
<i>Tomasz Dohnalik</i>	9
Heavy ions therapy	
<i>Barbara Warczak</i>	13
Interview with Professor Gerhard Kraft, director of the HITAG project	
<i>Barbara Warczak</i>	16
On earthquakes, fires and traffic jams	
<i>Maria Massalska-Arodz</i>	20
Is it possible to observe diffraction with a veil?	
<i>Stanisław Bednarek</i>	27
Aleksandr Chizhevski, two universes connected	
<i>Konstantin G. Nikiforov</i>	32
Problems	
<i>Jadwiga Salach</i>	39
Archimedes law? – it's so easy!	
<i>Adam Smólski</i>	43
Experiments – Planinsic water-drop projektor	
<i>Zofia Goląb-Meyer</i>	51
Reading in English. Water-Drop Projector	
<i>Gorazd Planinsic</i>	52
Pseudo-competence tests of science for high-school students	
<i>Jadwiga Salach</i>	53
Letter to the Editor.....	55
Incorrect trial test for junior high-school students	
<i>Zofia Goląb-Meyer</i>	56
Erratum.....	57
Chronicle I – XXXII International Olympiad in Physics	
<i>Andrzej Tomasz Görlich</i>	58
Chronicle II – Summer course for college teachers	
<i>Urszula Mięsook</i>	60
Chronicle III – Workshops for high-school students	
<i>Joanna Majerowicz</i>	61
Letter to the Editor.....	61
Announcements:	
Young Physicists Competition 2002.....	62
Hungarian Symposium 2002.....	62
Book review	
P. G. Hewitt <i>Physics around us</i> , passages from a review	
<i>Aleksandra Miłosz</i>	63
Physics Internet.....	64
What to read.....	65
Editorial news.....	66



Nobel 2001

Wojciech Gawlik
Instytut Fizyki UJ

Tegoroczną Nagrodę Nobla z fizyki otrzymali: Eric Cornell, Wolfgang Ketterle i Carl Wieman za osiągnięcie kondensacji Bosego-Einsteina w rozrzedzonych gazach atomów alkalicznych oraz za podstawowe badania własności kondensatu. E. Cornell i C. Wieman są Amerykaninami i pracują w Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA) w Boulder, który jest wspólną placówką naukową Uniwersytetu Kolorado i rządowego National Institute of Science and Technology (NIST). Ketterle zaś jest Niemcem, od ok. 12 lat pracującym w Massachusetts Institute of Technology (MIT).



Eric A. Cornell



Wolfgang Ketterle



Carl E. Wieman

Tegoroczna nagroda została przyznana za doświadczalne odkrycie z 1995 roku. Wówczas to, w odstępie czterech miesięcy, trzy różne grupy amerykańskie niezależnie zaobserwowały kondensację Bosego-Einsteina w gazach atomów alkalicznych. Pierwsza była grupa E. Cornella i C. Wiemana, która pracowała z atomami rubidu (Rb^{87}), druga była grupa Randalla Huleta (Rice University) eksperymentująca z litem (Li^7), zaś trzecia grupa W. Ketterlego używająca w swych doświadczeniach sodu (Na^{23}). Te trzy, wykonane w różnych warunkach i z różnymi pierwiastkami doświadczenia przyniosły niezwykle przekonujący dowód słuszności teoretycznych przewidywań Satyendry Natha Bosego i Alberta Einsteina z lat 1924–25.

Kondensacja Bosego-Einsteina to zjawisko dotyczące jednego z dwóch rodzajów cząstek kwantowych, rozróżnianych przez to, jakie mają momenty pędu. Chodzi tu o całkowite kręty atomów, na które składają się zarówno spiny jądra atomowego, jak i spinowe oraz orbitalne momenty pędu wszystkich elektronów w atomie. Kręty¹ te mogą być albo całkowite – cząstki takie nazywamy **bozonami**, albo po-

¹ Kręt – moment pędu.

łówkowe – mówimy wówczas o **fermionach**. Ten podział istotnie rozróżnia symetrię funkcji falowych i statystyczne własności cząstek: bozony mogą bez ograniczeń gromadzić się w najniższych stanach energetycznych (opisuje to tzw. statystyka Bosego-Einsteina), podczas gdy fermiony mogą co najwyżej pojedynczo zapełniać dany stan (co wynika ze statystyki Fermiego-Diraca). Bozonowy bądź fermionowy charakter cząstek staje się istotny, gdy ich energia jest dostatecznie mała, aby ograniczenia obsadzenia stanu podstawowego były zauważalne. Wymaga to drastycznego obniżenia energii badanego układu – a więc obniżenia jego temperatury. Na podstawie prac Bosego Einstein przewidział, że gdy układ nieoddziałujących cząstek doskonałego gazu zostanie dostatecznie oziębiony, wówczas nastąpi w nim przejście fazowe polegające na obsadzeniu przez wszystkie cząstki stanu podstawowego. To przejście fazowe to właśnie kondensacja Bosego-Einsteina. Dotychczas uważano, że jest ona odpowiedzialna za zjawisko nadciekłości, występujące tylko w bozonowym izotopie helu He^4 (odkryte przez H.K. Onnesa – Nagroda Nobla w 1913 roku i wyjaśnione przez L.D. Landaua – Nobel 1962). Ciekły hel jest jednak układem bardzo odległym od założeń idealnego gazu i dlatego zawiera zaledwie kilka procent skondensowanych atomów He^4 . Badanie zjawiska kondensacji Bosego-Einsteina za pomocą nadciekłego helu było więc i trudne i niedokładne. Tymczasem ogromna jest jego rola dla zrozumienia procesów, jakie rządzą układami kwantowymi w stanie bliskim degeneracji kwantowej, czyli wtedy gdy cząstki kwantowe stają się nierozróżnialne, co dzieje się w ultraniskich temperaturach. Oprócz nadciekłości inne przykłady takich sytuacji to powstawanie tzw. par Coopera w zjawisku nadprzewodnictwa (Nagroda Nobla dla J. Bardeena, L.N. Coopera i J.R. Schrieffera w 1972 roku) oraz nadciekłość w He^3 (Nobel dla D.M. Lee, D.D. Osheroffa i R. Richardsona w 1996 roku).

Efekty degeneracji kwantowej, a więc i kondensacja Bosego-Einsteina, to zjawiska, w których istotne stają się falowe własności materii, zatem sytuacja, gdy długość fal materii – nazywanych falami de Broglie’a – jest porównywalna z odległościami między cząstkami. Długość fali de Broglie’a, jest określona przez pęd cząstek następującym wzorem: $\lambda_{dB} = h/mv$ (h oznacza stałą Plancka, m masę, a v prędkość cząstki) i dla np. cząsteczek gazu w temperaturze pokojowej jest niezwykle mała – znacznie mniejsza od odległości między cząsteczkami (atomami) gazu (np. dla cząsteczek powietrza N_2 , O_2 w temperaturach pokojowych jest rzędu zaledwie 10 nm). Obserwacja falowych własności materii wymaga więc zarówno niskiej temperatury (aby λ_{dB} było możliwie duże), jak i dostatecznie dużej gęstości cząstek (aby zmniejszyć odległości międzycząsteczkowe). Należy przy tym jednak unikać naturalnego w niskich temperaturach łączenia się poszczególnych atomów w cząsteczki lub ich skraplania albo zestalania się. Wówczas bowiem powstałyby silnie oddziałujące układy, w których kondensacja Bosego-Einsteina byłaby zdominowana przez oddziaływania wewnątrz fazy skondensowanej. Od strony doświadczalnej kondensacja Bosego-Einsteina gazu atomowego była więc ogromnym wyzwaniem. Jej realizację umożliwił dopiero niezwykle rozwój optycznych metod chłodzenia i pułapkowania atomów. Metody te pozwalają obecnie

na osiągnięcie w laboratoriach fizycznych najniższych temperatur we wszechświecie. Za ich opracowanie przyznano w 1997 roku Nagrodę Nobla S. Chu, C. Cohenowi-Tannoudjiemu i W. Philipsowi (*Foton* 55). Tegoroczna nagroda jest więc kontynuacją długiej już serii tych najwyższych wyróżnień naukowych za prace z fizyki zimnej materii.

Obserwacja kondensatu wymagała jeszcze niższych temperatur niż te, na jakie pozwalają metody optyczne. Do opracowania nowych metod ochładzania i pułapkowania atomów ogromny wkład wniósł zwłaszcza W. Ketterle, który w 1990 roku przyjechał z Monachium na staż podoktorski do MIT i tam umiejętnie wykorzystał wcześniejsze prace nad ochładzaniem i pułapkowaniem wodoru. Prace Ketterlego i innych grup doprowadziły do osiągnięcia temperatur poniżej 1 mikrokelwina – rzędu 10–100 nK, przy gęstościach atomowych rzędu 10^{12} at/cm³. Ciekawe jest to, że wbrew potocznemu rozumieniu znaczenia słowa „kondensat” mamy w nim do czynienia z niezwykle rozrzedzonym gazem. Największe gęstości kondensatu nie przekraczają 10^{13} at/cm³, co odpowiada gęstości gazu w średniej jakości aparaturze próżniowej.

Bardzo ciekawe jest to, jak ważne było przeświadczenie tegorocznych laureatów, że cel jest możliwy do osiągnięcia. Na początku lat 1990. mekką optycznych badań zimnych atomów w pułapkach było laboratorium kierowane przez C. Cohena-Tannoudjiego w Ecole Normale Supérieure w Paryżu, gdzie pracowano z atomami cezu. Miałem wielokrotnie przyjemność je zwiedzać i dyskutować z pracującymi tam fizykami. Wszyscy oni określali jako długofalowy cel swych badań kondensację Bosego-Einsteina. Nikt jednak wówczas nawet tam – na „światowym biegunie zimna” – nie wierzył, że stanie się to możliwe, a już zwłaszcza w perspektywie krótszej niż 20 lat. Tymczasem młodzi Amerykanie – przede wszystkim Wieman w JILA, Hulet na Uniwersytecie Rice czy też Ketterle w MIT, którzy wówczas dopiero wkraczali w tę dziedzinę – uznawali wprawdzie prymat Paryża, ale nie mieli żadnych kompleksów ani obaw, że kondensacja w atomach może być nieosiągalna. Z przyczyn bardziej przypadkowych niż zasadniczych (wcześniej zgromadzone wyposażenie laboratorium, niechęć do pracy z tym samym pierwiastkiem co Francuzi, aby nie narazić się na zarzut nieoryginalności) zajęli się rubidem, litem i sodem. Ich brak kompleksów i zapał doprowadził w 1995 roku do opisanego powyżej odkrycia. Oczywiście paryżanie natychmiast próbowali powtórzyć te wyniki w swoim laboratorium z cezem, co jednak się nie udało. Później dopiero okazało się, że było to niemożliwe, ponieważ cez – w odróżnieniu od innych alkaliów – ma wyjątkowo duży przekrój czynny na zderzenia i z powodu zbyt silnego oddziaływania atomów cezu ich kondensacja nie jest możliwa. Tej własności cezu jednak wcześniej nie znano. Gdyby więc nie szczęśliwy przypadek w doborze pierwiastka przez kilku ambitnych młodych ludzi, być może do dzisiaj nie mielibyśmy kondensatu Bosego-Einsteina. Z drugiej strony, można też spekulować, czy kondensat zostałby otrzymany wcześniej, gdyby nie niefortunny wybór cezu do doświadczeń w Paryżu – o ile można mówić o pechu przy badaniach, za które i tak przyznano Nobla (w 1997 roku)!

Nielatwo mówić o możliwych zastosowaniach obecnego odkrycia. Jego znaczenie należy jednak z pewnością do kategorii podstawowych. Nie jest przy tym najważniejsze, że wreszcie w bardzo czystej formie doświadczalnie zademonstrowano coś, co teoretycznie zostało przewidziane już 70 lat wcześniej. Znacznie ważniejsze jest to, że mamy możliwość prac nad nowymi układami fizycznymi – szumnie i chyba przesadnie nazwanymi już nowym stanem materii. Dzięki temu można badać niezwykle, i w przeważającej części nieznaną, własności układów złożonych z wielkiej liczby cząstek w sposób niezaburzony ich silnym oddziaływaniem. Na przykład dla lepszego zrozumienia zjawiska nadciekłości ważne są intensywnie już prowadzone badania wirów w kondensacie. Z kolei metody badania atomów bozonowych w ultraniskich temperaturach stosuje się od niedawna także do badań atomów fermionowych w warunkach degeneracji kwantowej. Celem jest obserwacja tworzenia par Coopera i lepsze zrozumienie zjawiska nadprzewodnictwa.

Konkretnymi zastosowaniami, jakie już się rysują przed kondensatem, są niezwykle precyzyjne pomiary fizyczne. Precyzja zawdzięczana jest niemal całkowitej eliminacji zaburzeń pochodzących od oddziaływań międzyatomowych, a także z ogromnego spowolnienia ruchu atomów i eliminacji rozszerzenia dopplerowskiego ich linii widmowych. Atomy w kondensacie mogą więc posłużyć do budowy ultradokładnych wzorców czasu. Ponadto atomy w kondensacie są spójne, co znaczy, że ich fale materii są spójne. Oznacza to, że nawet po wypuszczeniu ich z pułapki chmura atomów zachowuje długo swój pierwotny kształt i zachowuje się jak skolimowana wiązka laserowa. Pozwala to oczekiwać zastosowań technicznych w litografii, gdzie wiązka „lasera atomowego” będzie mogła precyzyjnie zapisywać rozmaite struktury obwodów scalonych. Wysoki stopień spójności atomowej pozwala też z nadzieją myśleć o realizacji komputerów kwantowych. Nie sposób wreszcie nie wspomnieć o niezwykle ciekawych propozycjach badań kosmologicznych za pomocą kondensatów. Okazało się, że procesy zachodzące w czarnych dziurach można modelować poprzez zachowanie się wiązek światła w wirach kondensatu, zaś efekty stabilizacji białych karłów, eksplozji supernowych czy kolapsu grawitacyjnego można doświadczalnie modelować, manipulując oddziaływaniami pomiędzy skondensowanymi atomami. Stwarza to nadzieję na rozwój doświadczalnej kosmologii uprawianej na stole laboratoryjnym.

W Polsce tematyka związana z kondensacją Bosego-Einsteina jest intensywnie uprawiana przez teoretyków warszawskich (Mariusz Gajda i Jan Mostowski – IF PAN, Kazimierz Rzążewski – CFT PAN, Marek Trippenbach – IFD UW). W IF UJ zespół autora tej notatki zbudował jedyną jak dotąd w Polsce pułapkę magnetooptyczną, z którą prowadzi doświadczenia nad własnościami atomów w temperaturze poniżej 100 μ K (jest to obecnie „polski biegun zimna”) i przygotowuje się do kondensacji Bosego-Einsteina. Chcemy, aby w ciągu 2 lat można było eksperymentować z kondensatem w Polsce. Mamy nadzieję, że będzie to możliwe zarówno w Krakowie, jak i w powstającym Krajowym Laboratorium Fizyki

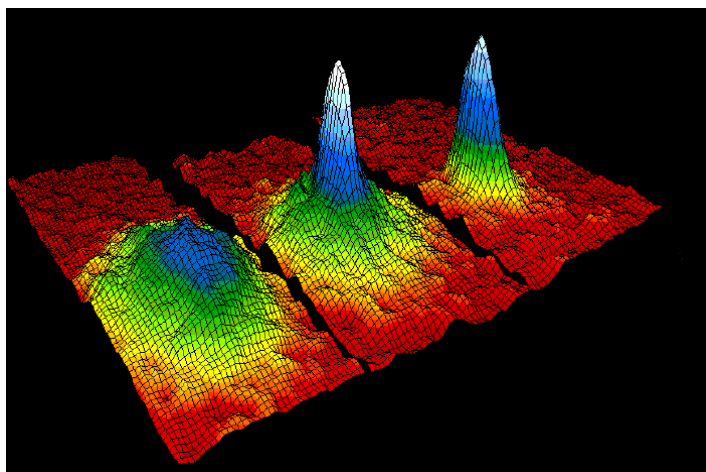
Atomowej, Molekularnej i Optycznej przy UMK w Toruniu, w którym budujemy odpowiednie stanowisko badawcze.

Zagadnienia związane z fizyką ultraniskich temperatur i tematyką nagrody Nobla są dokładniej omówione w prezentacji na stronie

<http://silly.if.uj.edu.pl/zoa/grupy/wg.htm>.

Objaśnienie ilustracji:

Ilustracja przedstawia trójwymiarowe obrazy chmury atomów otrzymane przy obniżaniu temperatury spulapkowanych atomów Rb⁸⁷. Oś pionowa reprezentuje liczbę atomów, a płaszczyzna pozioma jest płaszczyzną przecinającą centrum pułapki. Kolejne zdjęcia (od lewej) przedstawiają temperatury: 400 nK, 200 nK, 50 nK. Widać, że przy 200 nK zaczyna się pojawiać frakcja atomów zajmujących samo centrum pułapki, gdzie są w najniższym energetycznie stanie, czyli właśnie kondensat Bosego-Einsteina. Po jeszcze silniejszym ochłodzeniu, atomów nieskondensowanych już nie ma i pozostaje wyłącznie kondensat. Jest to wynik pierwszej obserwacji kondensatu Bosego-Einsteina gazu atomowego w laboratorium Cornella i Wiemana z 1995 roku (źródło: <http://jila-www.colorado.edu/bec/>).





Obrazowanie płuc rezonansem magnetycznym przy użyciu hiperspolaryzowanych gazów szlachetnych

*Tomasz Dohnalik
Instytut Fizyki UJ*

Wprowadzenie

Najlepszą znaną metodą obrazowania tkanek człowieka jest obrazowanie magnetycznym rezonansem¹. Metoda ta pozwala na oglądnięcie, z fantastyczną precyzją, właściwie wszystkich organów człowieka, z wyjątkiem płuc. Powodem jest mała gęstość tkanki płuc, co powoduje, że ich obrazu nie widać w klasycznej tomografii rezonansu magnetycznego. Przykładowy obraz klatki piersiowej z praktycznie nie zobrazowanym obszarem płuc widzimy na rys 1.



Rys. 1. Zdjęcie klatki piersiowej uzyskane w obrazowaniu rezonansem magnetycznym

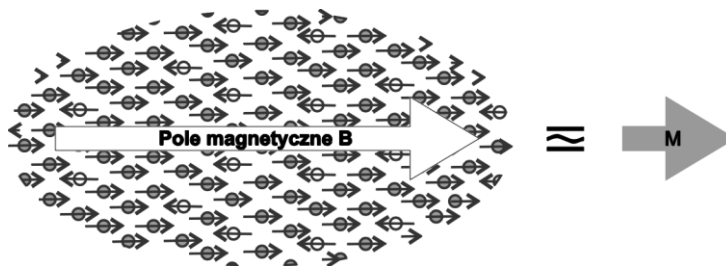
Magnetyczny rezonans

Na czym polega badanie rezonansem? Badaną tkankę musimy najpierw „namagnesować”. Jak to można zrobić?

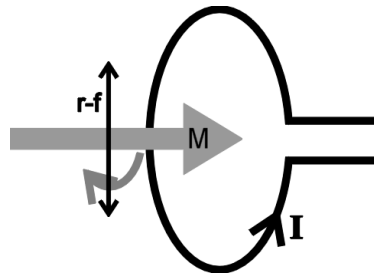
Orientujemy momenty magnetyczne protonów (jądra wodoru budujące cząsteczkę wody) przez umieszczenie tkanki w ogromnym polu magnetycznym 1,5–2 Tesli (około 15 000 razy pole ziemskie). Elementarne magnesiki – momenty magnetyczne protonów związane z ich spinem – chcą się ustawić w kierunku pola, podobnie jak igła magnetyczna kompasu, co powoduje, że pojawia się niewielkie namagnesowanie.

Gdyby wszystkie magnesiki tkanki ustawiły się w tę samą stronę, wówczas namagnesowanie byłoby maksymalnym możliwym do osiągnięcia dla danej tkanki. W praktyce osiąga ono zaledwie około 0,00001 namagnesowania maksymalnego. Ważne jest jednak to, że jest ono proporcjonalne do liczby protonów w namagnesowanym obszarze oraz wystarczająco duże do obserwacji rezonansu magnetycznego. Tak namagnesowaną tkankę można przedstawić w mikroskopowym (kwantowym) obrazie (rys. 2).

¹ Fizycy używają nazwy: magnetyczny rezonans jądrowy.



Rys. 2. Magnesowanie silnym polem magnetycznym. Oddziaływanie z polem powoduje, że dominuje ustawienie momentów magnetycznych w jedną stronę, a więc pojawia się namagnesowanie tkanki



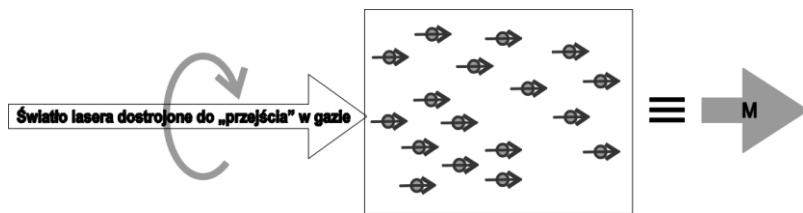
Rys. 3. Oddziaływanie z polem o częstotliwości radiowej (r-f), odpowiadającej częstości rezonansu, przeorientowuje namagnesowanie. Indukuje to prąd I, wprost proporcjonalny do wielkości namagnesowania, a więc także do gęstości tkanki

Po takim przygotowaniu tkanki włączamy pole o częstości radiowej. Istnieje ściśle określona częstość pola (proporcjonalna do wartości pola magnetycznego B), dla której zachodzi rezonans. W rezonansie zmienia się kierunek naszego namagnesowania. Ta zmiana indukuje w antenie odbiorczej prąd proporcjonalny do początkowego namagnesowania, a więc gęstości protonów; ta z kolei odzwierciedla własności tkanki (rys. 3).

Warunki do zajścia rezonansu stwarzamy tylko w ściśle określonym obszarze obiektu poprzez dodanie dość skomplikowanych zmian, czyli gradientów pola magnetycznego. W ten sposób zbieramy informacje o całej strukturze obiektu.

Zastosowanie rezonansu magnetycznego w obrazowaniu płuc

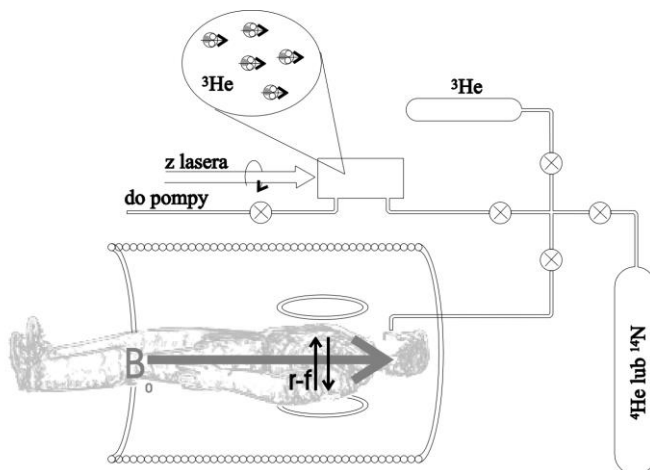
Jądra wybranych gazów szlachetnych posiadają też elementarne namagnesowanie związane ze spinem. Ich orientację, czyli zbiorowe uporządkowanie, możemy otrzymać, przekazując do powłoki elektronowej moment pędu – kręt – spolaryzowanej kołowo wiązki światła laserowego, która jest pochłaniana przez gaz. Przez zderzenia ta elektronowa orientacja momentu pędu przekazywana jest jądom. Uzyskujemy więc namagnesowanie gazu pochodzące od jądrowych momentów magnetycznych, mogące utrzymywać się bardzo długo (wiele godzin).



Rys. 4. Pochodząca z lasera, spolaryzowana kołowo wiązka światła, powoduje przejścia w atomach helu. W tych przejściach przekazywany jest kręt (moment pędu) do jąder atomów tego gazu. Powstaje wówczas duże namagnesowanie, wystarczające do detekcji rezonansu magnetycznego

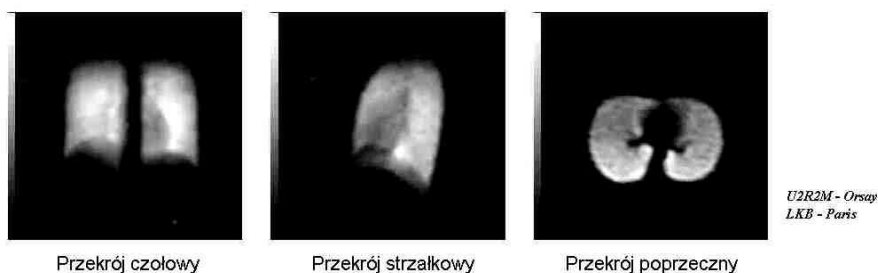
Taki optyczny sposób orientowania gazu pozwala osiągnąć namagnesowanie praktycznie równe maksymalnemu! (rys. 4). Kompensuje to małą gęstość gazu, którą można zaaplikować pacjentowi podczas każdego wdechu, w porównaniu z gęstością protonów zawartych w tkance.

Schemat urządzenia (tomografu) do otrzymania obrazu płuc, w którym wykorzystujemy opisaną powyżej metodę, pokazuje rys. 5. Pacjent podczas badania tomograficznego wdycha powietrze wzbogacone spolaryzowanym optycznie za pomocą wiązki laserowej izotopem helu (^3He). Pacjent umieszczony jest w polu magnetycznym wytworzonym przez elektromagnes (rys. 5). Pole to określa częstość rezonansu. Pole częstotliwości radiowej (r-f) wywołuje rezonans rejestrowany przez antenę (małe cewki na rys. 5). Specjalny zestaw cewek wytwarzających gradienty pola magnetycznego (nie zaznaczone na rys. 5) umożliwia rozróżnienie rezonansu pochodzącego od różnych miejsc w obszarze badanej tkanki, co w konsekwencji pozwala na zrekonstruowanie obrazu płuc.



Rys. 5. Ideowy schemat urządzenia do obrazowania rezonansem magnetycznym przy użyciu spolaryzowanego optycznie izotopu helu

Na rys. 6 przedstawiono obrazy płuc w różnych przekrojach, otrzymane w Laboratorium Kastlera-Brossela w Paryżu, z którym fizycy z Zakładu Optyki Atomowej UJ współpracują nad rozwijaniem tej metody. Te obrazy otrzymano przy pewnych modyfikacjach pozwalających użyć bardzo niewielkich ilości gazu (^3He), który jest izotopem stosunkowo drogim. Dzięki temu metoda ta jest tańsza, a to pozwala realnie myśleć o jej stosowaniu w Polsce. Proszę porównać te obrazy z obrazem przedstawionym na rys. 1. Wreszcie widzimy płuca w całości!



Przekrój czołowy

Przekrój strzałkowy

Przekrój poprzeczny

Rys. 6. Obrazy płuc w kilku przekrojach otrzymane przez zespoły laboratorium Kastlera-Brossela ENS w Paryżu i laboratorium CNRS w Orsay za pomocą aparatury przedstawionej na rys. 5

Choroby płuc są jedną z głównych przyczyn przedwczesnej śmiertelności, zwłaszcza w rejonach ekologicznie skażonych. Zastosowanie przedstawionej metody daje nadzieję na powszechne badania profilaktyczne i diagnozowanie płuc. Pozwoli to na wykrywanie chorób odpowiednio wcześniej i zastosowanie skutecznej terapii.

Dla lepszego zrozumienia podstaw rezonansu magnetycznego i obrazowania tkanek za pomocą opisanej metody polecam bardzo jasno napisaną książeczkę Jacka Hennela i Teresy Kryst-Widźgowskiej pod tytułem *Na czym polega tomografia magnetyczno-rezonansowa?*, wydaną przez Instytut Fizyki Jądrowej w Krakowie w roku 1995. Informacje o tym, jak polaryzujemy gaz szlachetny, na przykład izotop helu (^3H), można znaleźć pod adresem:

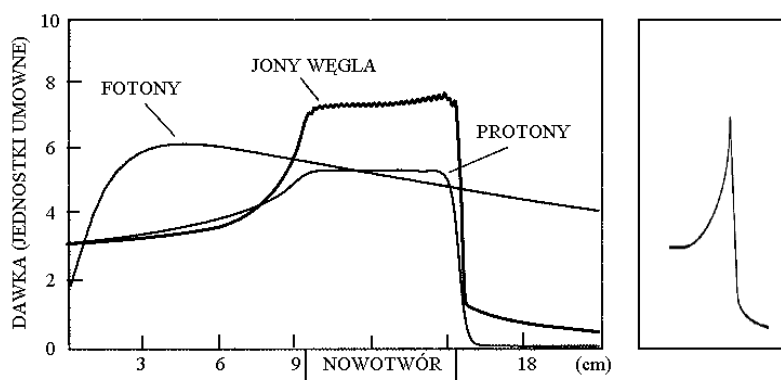
<http://www.lkb.ens.fr/recherche/flquant/accueil.html>



Terapia ciężkimi jonami¹

Barbara Warczak

Radioterapia chorób nowotworowych ma już ponadstuletnią tradycję, zrodziła się bowiem wraz z odkryciem promieniowania jonizującego. Po raz pierwszy, już w roku 1897 w Wiedniu, użyto sztucznie wytworzonej wiązki promieni X do naświetlania raka skóry. W kolejnych latach rozwój tej metody polegał przede wszystkim na wprowadzaniu do terapii nowych źródeł promieniowania X i γ , głównie radu. Po skonstruowaniu przez Ernesta Orlando Lawrence'a pierwszego cyklotronu, w 1932 roku, wystarczyło 15 lat, by szybkie protony wytwarzane w tym urządzeniu znalazły zastosowanie w medycynie. Ich wyjątkowe działanie polega na tym, iż energia wiązki deponowana jest głównie w bardzo wąskim obszarze naświetlania, którego lokalizacja zależy od energii protonów. Pozwala to na dobranie takich parametrów wiązki, aby energia deponowana była przede wszystkim w obszarze tkanki chorej.



Rys. 1. Dawka pochłonięta jako funkcja głębokości penetracji tkanki dla fotonów, dla protonów, dla jonów węgla. Widoczna na wykresie dla jonów i protonów (w obszarze nowotworu) struktura powstała po zsumowaniu dawek (krzywych Bragga), jakie deponowane są przez jony w prostopadłym do kierunku padania wiązki „plasterku” chorej tkanki. Każdy taki „plasterek” jest bowiem skanowany, jak ekran telewizyjny, jonami o określonej energii. Im większa jest energia jonów, w tym głębszej warstwie jest ona deponowana, a rozkład pochłoniętej przez tkankę dawki ograniczony do bardzo wąskiego obszaru (rysunek z prawej strony)

¹ Artykuł jest jedynie nawiązaniem do wywiadu z profesorem Gerhardem Kraftem z GSI. Obszerniejszy tekst, pod tym samym tytułem, znajdziecie Państwo w *Fotonie* 50, 1997.

Zastosowanie jonów w terapii zlokalizowanych nowotworów (około 58% wszystkich nowotworów) było i jest jedyną szansą dla tych chorych, u których nowotwór zlokalizowany jest w miejscu praktycznie niedostępnym dla chirurgicznego skalpela, a chemioterapia jest nieskuteczna lub niemożliwa. Ciężkie jony, stosowane w celach terapeutycznych od roku 1994, mają te same zalety co protony, ale obszar, w którym deponowana jest energia jonów o określonej energii, jest jeszcze węższy (rys. 1). Pozwala to na zniszczenie chorej tkanki z jednoczesnym niewielkim zaburzeniem, lub nawet całkowitym jego brakiem, zdrowej tkanki.

Instytucja	Jony	Terapia od roku	Liczba pacjentów*
LBL, Berkeley, USA	Protony	1954–1957	30
	hel	1957–1987	2054
	ciężkie jony, najczęściej neon	1975–1993	433
GWI Upsala, Szwecja	protony	1957	220
HCL Cambridge, Boston, USA	protony	1961	7694
JINR Dubna, Rosja	protony	1967	124
ITEP Moskwa, Rosja	protony	1969	3039
PINP St. Petersburg, Rosja	protony	1975	1029
PMRC Tsukuba, Japonia	protony	1983	576
LCUMC – Loma Linda, USA	protony	1990	3433
NAC Faure, Afryka Południowa	protony	1993	263
UC Davis, USA	protony	1993	162
NIRS Chiba (HIMAC), Japonia	jony węgla	1994	389
PSI Villigen, Szwajcaria	protony	1996	11
GSI Darmstadt, Niemcy	jony węgla	1997	89

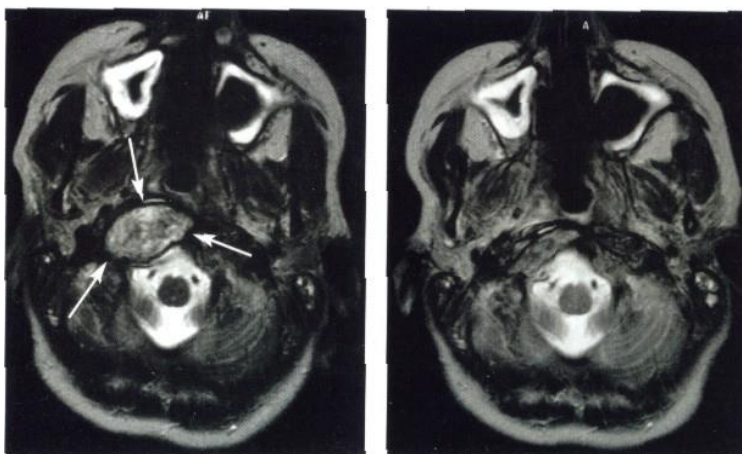
* W kolumnie czwartej podano liczbę pacjentów do roku 1997, jedynie dla GSI dane zostały uaktualnione do roku 2001.

Terapia ciężkimi jonami prowadzona jest jedynie w trzech ośrodkach: LBL (Lawrence Berkeley Laboratory) w Berkeley (USA), Centrum Radiologicznym w miejscowości Chiba koło Tokio (akcelerator HIMAC – Heavy Ion Medical Accelerator) oraz w Instytucie Badań Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadt. W pozostałych ośrodkach stosuje się protony (tabela).

W Instytucie Badań Ciężkich Jonów prace nad skutecznością i bezpieczeństwem radioterapii ciężkimi jonami prowadzone są od kilkunastu lat. Przedsięwzięciem kieruje profesor Gerhard Kraft, koordynując prace prowadzone w trzech ośrodkach:

- Radiologische Universitätsklinik Heidelberg,
- Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg,
- Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt.

Wszyscy wierzą w sukces metody, bo i efekty są bardzo obiecujące. Wyniki badań pacjentów po naświetlaniu nie wskazują na działania uboczne, a otrzymane zdjęcia miejsc poddanych terapii dają dobre rokowania (rys. 2).



Rys. 2. Zdjęcie mózgu pacjenta z widocznym guzem przed rozpoczęciem naświetlań jonami węgla (po lewej) oraz po naświetlaniu (po prawej stronie)

Obecnie powstał projekt budowy kliniki w Heidelbergu, w której możliwe będzie prowadzenie naświetlań ciężkimi jonami już nie w ramach prób klinicznych, lecz terapii finansowanej przez kasy chorych.

Źródłem zdjęć oraz informacji umieszczonych w tabeli jest biuletyn informacyjny *Construction of a Clinical Therapy Facility for Cancer Treatment with Ion Beams* wydany w sierpniu 1998 roku przez GSI.



Z profesorem Gerhardem Kraftem, kierownikiem projektu HITAG, rozmawia

Barbara Warczak

Wywiad ten jest kontynuacją rozmowy sprzed czterech lat (*Foton 50*, maj–czerwiec 1997). Obecnie w Instytucie Badań Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadt poddano terapii kilkadziesiąt osób. Warto więc wrócić do tamtej rozmowy, by dowiedzieć się, w jaki sposób udało się wdrożyć metodę terapii i czy można już mówić o jej sukcesach. Na początek fragment wywiadu sprzed lat.

Barbara Warczak (BW): Jak to się stało, że z fizyki atomowej zawędrowałeś do medycyny? Czy szkoła i nauczyciele mieli wpływ na Twoje zainteresowania i zawodowe decyzje?

Prof. Gerhard Kraft (GK): Ukończyłem gimnazjum klasyczne z łaciną, greką, w ostatnim roku nauki nie było biologii ani fizyki. Szkoła nie mogła zatem wpłynąć na wybór takiego właśnie zawodu. Ważniejsza była wiecznie psująca się kuchenka elektryczna w moim rodzinnym domu, której naprawa spoczywała na moich barkach, oraz elektrownia wodna na Neckarze koło Heidelbergu, którą w lecie często zwiedzałem. To natomiast, że mogłem wybrać to, co chciałem, zawdzięczam jednemu z moich nauczycieli, który przekonał moją matkę, że mimo trudności finansowych w domu nie muszę być inżynierem. Dyplom zrobiłem z fizyki jądrowej, potem przez pięć lat zajmowałem się zastosowaniem metod fizyki jądrowej w ciele stałym. Biologią nie interesowałem się specjalnie ani w szkole, ani później. W zasadzie chciałem tylko przekonać moją żonę Wilmę, która zajmowała się radiobiologią, że wiele rzeczy można zrobić prościej, choć do dziś nie bardzo mi się to udało.

BW: Czy uważasz, że tradycyjny podział przedmiotów w szkole średniej na biologię, fizykę, chemię jest celowy, czy też powinno się raczej uczyć bardziej interdyscyplinarnie?

GK: Nie jestem specjalistą od organizacji nauki w szkole. W mojej szkole przedmioty przyrodnicze były fatalnie obsadzone. Ku memu zdziwieniu życie toczy się swoim torem. W roku 1990 zaprosiliśmy wszystkich niemieckich fizyków, którzy tak jak my przebywali w LBL w Kalifornii, na przyjęcie. Wszyscy bez wyjątku uczyli się greki i łaciny, żaden nie był absolwentem przyrodniczego gimnazjum. Myślę, że w szkole najważniejszym wyzwaniem dla nauczyciela jest nauczyć ucznia uczyć się. Sposób, w jaki się tego dokona, nie jest ważny.

BW: Co bardziej motywuje Cię w Twojej pracy, badania podstawowe, czyli jak to się dzieje i dlaczego, czy też chęć poznania odpowiedzi na te pytania wyłącznie po to, by móc je zastosować, nieść pomoc, leczyć?

GK: Tuż po studiach znalazłem się w instytucie badawczym, ponieważ chciałem zrozumieć fizykę cząstek elementarnych, przede wszystkim mechanikę kwantową. Ale im więcej się uczyłem, tym mniej rozumiałem, w jaki sposób dobry Bóg to wszystko zajął. Ponieważ nie wpadłem na żaden przełomowy pomysł, zająłem się tym, co jest pożyteczne lub co pozwala mieć nadzieję, że takie będzie.

Rozmowa przeprowadzona w dniach 8–9.08.2001 roku

BW: Wykonałeś ogromną pracę! Wyniki badań, którym poświęciłeś większość lat spędzonych w GSI, są klinicznie testowane. Już dziś pozwalają na przedłużenie życia wielu ludziom. Co czułeś, co myślałeś w 1997 roku, kiedy tu, w GSI, naświetlano pierwszych pacjentów?

GK: Podobnie jak w przypadku wielu innych udanych eksperymentów przeprowadzonych z wykorzystaniem akceleratorów, jest i terapia jonowa sukcesem, który zależał od wysiłku wielu ludzi. Najpierw był to wysiłek wielu grup badawczych prowadzących wstępne badania w Berkeley w USA, a potem w GSI. Były to nie tylko zespoły fizyków, biofizyków czy lekarzy, ale wielu techników, elektryków i specjalistów od akceleratorów. Wielu pracowało na ten sukces i dlatego wszystkim należy się za ten sukces uznanie.

To, że wyniki są o wiele lepsze, niż oczekiwano, jest tym bardziej radosne. Skuteczność użytych do naświetlań jonów węgla, jeśli chodzi o niszczenie chorych komórek nowotworowych, jest w zasadzie zgodna z naszymi przewidywaniami. Działania uboczne jonów na zdrową tkankę są natomiast o wiele słabsze. Pacjenci praktycznie nie odczuwają naświetlań. Typowe dla terapii innymi rodzajami promieniowania zacerwienia skóry czy wypadanie włosów występowały, jak dotąd, w niewielu przypadkach.

Ten sukces terapii za pomocą jonów węgla daje nam poczucie, że wybór rodzaju użytych jonów jest trafny. To, co zrobiliśmy, było w pewnym sensie niezwykłe. Dotąd nikt nie próbował naświetlać intensywną wiązką jonową tak ogromnych obszarów w obrębie czaszki, i to w pobliżu krytycznych dla funkcjonowania organizmu części mózgu.

Mimo iż wykonaliśmy wiele testów i wstępnych eksperymentów, których celem było optymalne zabezpieczenie pacjentów, to i tak zawsze pozostawał cień niepewności. Emocji, które towarzyszą nam przed takim naświetlaniem, z pewnością nie można porównać z emocjami przed żadnym czysto fizycznym (naukowym) doświadczeniem.

Po raz pierwszy, ze względu na wybór jonów węgla, możliwe było dokładne, trójwymiarowe monitorowanie miejsca naświetlania za pomocą tomografu pozytronowego (PET). Kontrola naświetlań tego typu tomografem, specjalnie skonstruowanym przez kolegów z Drezna, bardzo pomogła podwyższyć stopień bezpieczeństwa pacjentów.

BW: Ile lat tak naprawdę minęło, ile prób, zanim można było powiedzieć, jakich jonów użyć, jakich dawek, i podjąć badania – próby stosowania terapii – na pacjentach?

GK: Wszystkie prace przygotowawcze do terapii jonowej trwały około 15 lat. Najwięcej czasu zajęły prace nad zrozumieniem biologicznych skutków działania jonów. Wybór jonów węgla był uwarunkowany właśnie względami biologicznymi. Okazało się, że w przypadku tych jonów relacje między skutecznością działania na komórki nowotworowe i negatywnym wpływem na komórki zdrowe są optymalne.

Jeśli chodzi o stronę techniczną, to budowę skanera rozpoczęliśmy na przełomie 1987 i 1988, w chwili rozpoczęcia w GSI konstrukcji synchrotronu SIS, przyspieszającego jony. Zebraliśmy przy tym tyle doświadczeń, że 10 lat później, już za pomocą skanera drugiej generacji, mogliśmy rozpocząć bezpieczne naświetlanie pacjentów.

BW: Ilu pacjentów poddano terapii i jakie są wyniki klinicznych testów? Jak długo trwa naświetlanie? Ile razy przeciętnie trzeba poddać pacjenta naświetlaniu, by powiedzieć, że terapia jest zakończona?

GK: Od grudnia 1997 naświetlamy łącznie 87 pacjentów. Były to głównie naświetlania w obszarze głowy i szyi, gdyż w tych przypadkach możliwe jest najpewniejsze unieruchomienie naświetlanych części ciała. Ostatnio koledzy z Centrum Badań Nowotworowych w Heidelbergu rozwinęli metodę skutecznego pozycjonowania pacjentów, względem wiązki jonów, w obszarze karku i miednicy. W związku z tym możemy już naświetlać obszary wzdłuż kręgosłupa. Naświetlanie tych części ciała, które poruszają się podczas oddychania, nie jest jeszcze możliwe. Pracujemy jednak nad technicznymi możliwościami szybkiego korygowania położenia wiązki ciężkich jonów, w rytmie przemieszczających się w wyniku oddychania części ciała.

Chcielibyśmy stworzyć również system szybkiego naświetlania, który ograniczałby czas jednorazowej ekspozycji do 5 minut. Także czas przygotowania pacjenta do naświetlania, który obecnie wynosi 30 do 45 minut, wymaga skrócenia. Widać więc, że pozostaje wiele do zrobienia.

BW: Jak wyglądają plany naukowe związane z terapią ciężkojonową tutaj, w GSI? Co trzeba zmienić, poprawić?

GK: Konstrukcja obecnego systemu naświetlania jest już na tyle sprawdzona i dojrzała, że można ją w całości zastosować w klinice specjalistycznej. Dlatego rozpoczęto budowę akceleratora, przeznaczonego tylko do terapii nowotworowej, w Centrum Terapii Nowotworowej w Heidelbergu. Prace te mają obecnie absolutny priorytet.

BW: Jak dalece jesteście związany z budową nowej kliniki w Heidelbergu?

GK: Z budową kliniki i potrzebnych do jej działania urządzeń nie jestem bezpośrednio związany. Tym zajmuje się odpowiednia jednostka na uniwersytecie w Heidelbergu oraz zespół konstruktorów z GSI.

BW: Wróćmy do Twojej pracy naukowej. Opowiedz, proszę, o ostatnich badaniach dotyczących odpowiedzi komórki, na poziomie molekularnym, na naświetlanie ciężkimi jonami. Jakie znaczenie mają badania podstawowe w zakresie biologii molekularnej – biochemii? Jak szybko wyniki tych badań mogą być zastosowane?

GK: Biologiczne działanie ciężkich jonów na komórki jest interesujące nie tylko z punktu widzenia terapii nowotworowej, ale też ochrony radiologicznej, na przykład w przypadku lotów kosmicznych. Galaktyczne promieniowanie kosmiczne zawiera w swoim spektrum dość silną składową jonową: jony od protonów do żelaza posiadają tak duże energie, że bez trudności przenikają przez grube osłony pojazdów kosmicznych.

W przypadku terapii nowotworowej badamy główne warunki całkowitej deaktywacji życiowej komórek. W przypadku lotów kosmicznych interesują nas bardziej konsekwencje genetyczne, to znaczy zmiany dziedzicznych właściwości komórek. Aby to lepiej zrozumieć, należy dokładniej poznać procesy oddziaływania jonów z DNA.

W najnowszych eksperymentach mogliśmy śledzić przejścia pojedynczych jonów przez jądra komórek. Stosując odpowiednie fluoryzujące barwniki, udało nam się zaobserwować, za pomocą mikroskopów, skutki przejścia jonu oraz reakcje komórki na uszkodzenie, polegające na próbie naprawy tych uszkodzeń. W ten sposób można śledzić kinetykę procesów naprawczych w komórce. Mamy nadzieję dowiedzieć się dużo więcej na ten temat.



BW: W 2000 roku wiele osób z Twojej grupy otrzymało nagrody. Ty także otrzymałeś indywidualną nagrodę Otto Hahna. Serdecznie gratuluję wszystkim i życzę w imieniu swoim i czytelników Fotonu sukcesów w pracy naukowej i wielu wyleczonych pacjentów. Pozdrawiam wszystkich Twoich współpracowników, których większości niestety nie znam.

GK: Dziękuję.

Burmistrz miasta Frankfurtu,
pani Petra Roth podczas wręczenia
nagrody profesorowi
Gerhardowi Kraftowi



O trzęsieniach ziemi, pożarach i korkach ulicznych

Maria Massalska-Arodź

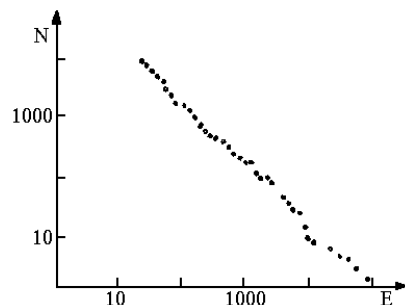
Instytut Fizyki Jądrowej w Krakowie

1. Wstęp

Fizyka oraz inne nauki przyrodnicze nagromadziły ogromną wiedzę szczegółową o własnościach i zachowaniu się różnych układów fizycznych od tak małych, jak jądra atomowe, aż po tak ogromne, jak galaktyki. Można zauważyć, że podstawowe prawa fizyki, które z sukcesem tłumaczą sekrety natury, mają prostą formę. Nie jest łatwo dostrzec zgodność pomiędzy tą prostotą praw fizyki a faktem, że otacza nas świat bardzo złożony i niezwykle zróżnicowany. Pomimo znajomości praw natury trudno jest odpowiedzieć na pytanie, jak powstawały np. złożone molekuly, żywe istoty na Ziemi czy tak skomplikowany obiekt, jak mózg. Nie umiemy wyjaśnić takiej różnorodności poprzez proste zsumowanie naszej szczegółowej wiedzy na temat poszczególnych atomów (tj. ich ruchów i wzajemnych oddziaływań), z których te wszystkie obiekty są zbudowane. Również takie zjawiska, jak trzęsienia ziemi, nagłe zanikanie gatunków biologicznych czy wybuchy konfliktów społecznych i politycznych, o jakich uczymy się na lekcjach historii, wymykają się opisowi za pomocą nagromadzonej wiedzy i zebranych praw. Powodem tego jest fakt, że przywykliśmy do myślenia, że wielkość skutku musi być proporcjonalna do wielkości przyczyny. Tymczasem wymienione powyżej zjawiska są gwałtowne i pojawiają się również bez wyraźnych, dostatecznie – jakby się wydawało – silnych przyczyn.

2. Trzęsienia ziemi

Dla przykładu przeanalizujmy zatem, co wiadomo na temat trzęsień ziemi. W stanie Missouri (USA) w rejonie New Madrid od ponad 170 lat zbierane są dane dotyczące drgań skorupy ziemskiej. Uzyskane informacje o liczbie trzęsień N , podczas których wyzwalana jest różna energia E , są przedstawione na rysunku 1. w skali logarytmicznej, czyli jako $\log N$ w funkcji $\log E$. Używamy tu skali logarytmicznej, aby przedstawić na jednym wykresie liczby różniące się o wiele rzędów wielkości, gdyż skorupa ziemska wyzwala energię zarówno w postaci małych, jak i dużych trzęsień. Jak wiadomo, $\log 10 = 1$, $\log 100 = 2$, $\log 1000 = 3$ itd. Jak widać, wykres jest linią prostą o stałym nachyleniu, co wskazuje na potęgową zależność $N(E) \sim E^{-b}$ z wykładnikiem $b = 1,5$. Okazuje się, że jest on taki sam również dla innych obszarów zagrożonych trzęsieniami ziemi. Liniowa zależność typu log-log obejmuje wiele rzędów wielkości energii i pozwala wnioskować, że **zarówno małe trzęsienia, jak i te katastrofalne, mają ten sam mechanizm**. Z zaobserwowanej zależności wynika, że gdy na rok przypadnie jedno trzęsienie ziemi o energii równej 100 jednostkom, wówczas powinniśmy oczekiwać 1000 trzęsień ziemi o energii równej jednej jednostce.



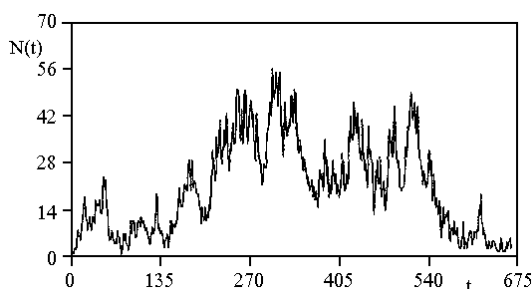
Rys. 1. Zależność $\log N$ od $\log E$, gdzie N jest liczbą trzęsień ziemi, które wyzwalają energię równą E . Dane pochodzą z obserwacji zbieranych od 170 lat w rejonie New Madrid w stanie Missouri (USA)

Oczywiście trzęsienia ziemi występują tam, gdzie płyty tektoniczne naciskają na siebie lub ślizgają się po sobie. Jednak nie ma potrzeby dopatrywania się specjalnych powodów uzasadniających występowanie dużych kataklizmów. Nie ma też jakiegoś typowego, średniego trzęsienia Ziemi. Gdy tak jest, mówimy, że **układ charakteryzuje brak skali. To, z jak wielkim zdarzeniem mamy do czynienia, zależy od tego, jaka była wcześniejsza historia całej skorupy ziemskiej, gdyż jej poszczególne elementy silnie na siebie oddziałują. Ziemia jest przykładem układu złożonego, o którym będzie mowa poniżej.**

3. Model organizowania się układu złożonego do stanu krytycznego

Pokażę teraz najprostszy model, który pozwala prześledzić, jak pod wpływem zaburzenia zachowuje się układ złożony. Spróbujmy przeprowadzić doświadczenie polegające na sypaniu pryzmy piasku na platformie w dobrze zdefiniowany sposób, tj. jedno ziarenko na jednostkę czasu. Początkowo ziarna padają obok siebie, potem powstaje następna warstwa i stopniowo kolejne ziarenka zatrzymują się tam, gdzie upadną, jeżeli tylko uda im się uzyskać stabilne położenie. W przeciwnym razie mogą się ześlizgnąć do innego miejsca albo wywołać lawinę, czyli ześlizgiwanie się sąsiednich ziaren, a te następnych, tworząc hierarchiczny ciąg zdarzeń podobny do reakcji łańcuchowej. Lawinki są niewielkie i stopniowo narasta wysokość i nachylenie pryzmy. Równocześnie część ziarenek ześlizguje się poza platformę. Pomimo dalszego sypania piasku kąt nachylenia i wysokość pryzmy ustalają się. Właśnie od tego momentu każde dodanie nawet jednego ziarenka może wywołać lawinę dowolnej wielkości, gdyż w każdym momencie średnie prawdopodobieństwo tego, że ziarno się zatrzyma, jest takie samo, jak i tego, że zaczną się poruszać kolejne ziarna. A więc o tym, co się zdarzy, decyduje miejsce, do którego spadnie ziarno. To, jaka będzie odpowiedź układu na upadek tego pierwszego ziarna, zależy od całej historii układu. Równocześnie okazuje się, że rozkład wielkości lawin będzie zawsze stały: najwięcej będzie zdarzeń (lawin) małych, ale dopuszczone są również zdarzenia katastrofalne. Wszystko może się zdarzyć pod

wpływem jednego spadającego ziarenka. Gdy tak jest, mówimy, że **układ organizuje się sam do stanu krytycznego, który charakteryzuje brak określonej skali** dla powstających w nim lawin zarówno jeśli chodzi o ich wielkość, jak i czas trwania. Liczba ziaren N uczestniczących w kolejnych lawinach zmienia się w czasie t w sposób przypadkowy, co pokazuje rysunek 2.



Rys. 2. Liczba ziaren N , które biorą udział w lawinach wywoływanych, gdy pryzma piasku jest zaburzana

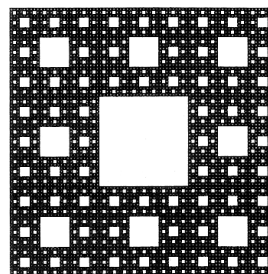
Przy modelowaniu trzęsień ziemi za pomocą wielu połączonych sprężynkami bloczków, które ślizgają się po nieruchomej płycie, można zarejestrować podobny przebieg $N(t)$, notując liczbę tych, które pod wpływem nacisku zewnętrznego zaczynają się poruszać. Równocześnie w prosty matematyczny sposób można tę złożoną krzywą $N(t)$ przedstawić w formie liniowej za pomocą tzw. widma mocy $M(\nu) = |\hat{N}(t) \exp(-2\pi\nu t)|^2$ (Delta 6, 1995). Niezależnie od szczegółów przebiegu $N(t)$ na wykresie $\log M$ ($\log \nu$) będzie prosta o nachyleniu -1 . Oznacza to, że zawsze taka nieregularna krzywa $N(t)$ jest złożeniem wielkiej liczby M sinusoid o niskiej częstotliwości ν i stopniowo coraz mniejszej liczby tych o wyższej częstotliwości. Jest to ilustracją faktu, że **nie ma specjalnego, oddzielnego mechanizmu katastrofalnych zdarzeń**.

4. Własności układów zmierzających do stanu krytycznego

Obserwacje z różnych dziedzin nauki pokazują, że jest dość sporo układów, które zachowują się tak jak pryzma piasku, czyli zmierzają same do stanu krytycznego. Ich cechą charakterystyczną jest brak określonej skali. Rozkład wielkości lawin (czyli liczba lawin w funkcji ich wielkości), a także rozkład czasu trwania lawin (czyli liczba lawin w funkcji czasu ich trwania), są dobrze opisane funkcjami potęgowymi x^{-b} o wykładnikach b przekraczających 1. Dla lawin, podobnie jak dla trzęsień ziemi, obowiązuje reguła, że im silniejsze zdarzenie, tym rzadziej występuje. Okazuje się, że zachowanie to jest typowe dla układów zbudowanych z wielu elementów o różnej wielkości, które mają na siebie wzajemnie silny wpływ. Układy matematyczne, których elementy mają różne rozmiary, a rozkład przestrzenny dużych elementów przypomina rozkład mniejszych elementów w mniejszej skali,

można za Mandelbrotem¹ określić mianem **fraktali** (szczegółowo można o tym przeczytać w *Fotonie* 41, 1996).

Jeden z nich to dywan Sierpińskiego (rys. 3), gdzie białe kwadraty mają różne wymiary i zaciemniona figura jest pusta jak gąbka z dziurami różnej wielkości. Okazuje się, że masa M takiej gąbki (czyli liczba jej pełnych fragmentów) rośnie z promieniem r obiektu jak $M \sim r^D$, gdzie D jest wymiarem fraktalnym. Jest on liczbą niecałkowitą mniejszą od 2 dla obiektu płaskiego i od 3 dla obiektu przestrzennego. Fraktale mogą być również układami o nieuporządkowanym rozkładzie elementów, co przybliża ich budowę do obiektów obserwowanych w przyrodzie.



Rys. 3. Dywan Sierpińskiego
o wymiarze fraktalowym
 $D = 1,57$

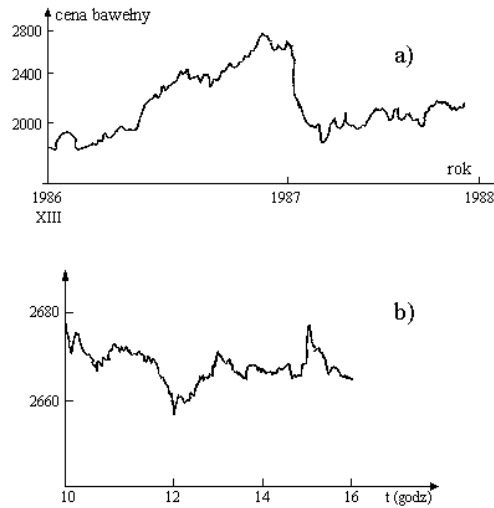
Przykładem fraktalnej krzywej o wymiarze pomiędzy 1 a 2 jest linia, jaką tworzy wybrzeże Norwegii, gdzie duże fiordy mają coraz mniejsze i mniejsze odgałęzienia (rys. 4).



Rys. 4. Fraktalowa linia wybrzeża Norwegii

Wahania cen na giełdzie również nie mają charakterystycznej skali. Zarówno rejestrowane w odstępach miesięcznych, jak i godzinnych dają nieregularną krzywą o podobnym charakterze (B. Mandelbrot – rys. 5).

¹ Fraktalem nazwał on „kształt złożony z części podobnych w pewien sposób do całości” (P. Pierański).



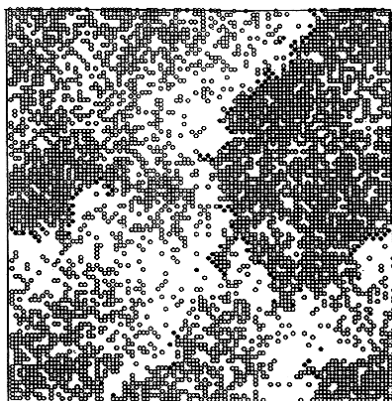
Rys. 5. Cena bawełny rejestrowana w funkcji czasu: a) czas mierzony w latach, b) czas mierzony w godzinach

Giełda gromadzi ogromną liczbę inwestorów reprezentujących powiązane ze sobą przedsiębiorstwa różnej wielkości. Mamy zatem do czynienia z bardzo złożonym układem i można oczekiwać, że pod wpływem zaburzenia będzie on sam zmierzał do stanu krytycznego. Jeśli tak, to każde wahanie dowolnego z parametrów ekonomicznych może być przyczyną zmian katastrofalnych (typu „czarnego poniedziałku” na giełdzie londyńskiej czy krachu na giełdzie nowojorskiej 29.X. 1929) lub jedynie drobnych drgań w cenie akcji. W danym momencie prawdopodobieństwo wystąpienia każdej z możliwości jest takie samo, ale statystyczne regularności obserwowane dla trzęsień ziemi i lawin tu również obowiązują. Możemy być pewni, że prawdziwe kataklizmy zdarzają się bardzo rzadko, ale nie są do przewidzenia!

5. Model pożaru lasu

Badanie zachowania układów złożonych z wielu elementów, które silnie oddziałują pomiędzy sobą, można prowadzić na tzw. automatach komórkowych. Wybrałam dla Państwa taki, który składa się z 256×256 elementów i pokazuje, jak rozwija się pożar lasu. Można nim również tłumaczyć sposób rozprzestrzeniania się epidemii. Oto model. Komórki mogą znajdować się w różnych stanach oznaczanych przez 0, 1 lub 2. Jeżeli przyjmiemy, że jest to model płonącego lasu, to wówczas 0 oznacza brak drzewa, 1 – drzewo, a 2 – drzewo płonące. Reguły ewolucji układu w czasie są tak dobrane, że w niektórych komórkach w stanie 0 pojawiają się stany 1, a ich liczba powoli rośnie. Stan 1 przechodzi w stan 2, czyli następuje zapalenie drzewa, jeśli tylko sąsiednia komórka jest w stanie 2. Niech na początku

obserwacji rozkład stanów 0, 1 i 2 będzie zupełnie przypadkowy. Rysunek 6 pokazuje stan końcowy. Widać, że drzewa rosnące całkiem przypadkowo rosną teraz w skupiskach, czyli klastrach, a drzewa płonące tworzą obiekt fraktalny o wymiarze bliskim 1. Układ osiągnął stan krytyczny. Ponadto jeśli wzrost drzew ze stałym tempem potraktujemy jako dostarczenie energii na sposób jednorodny, pojawienie się klastrów drzew jako gromadzenie czy magazynowanie energii, a płonące drzewa jako rozpraszanie energii, to oba te procesy odbywają się na obiekcie o wymiarze mniejszym niż wymiar przestrzeni, w której prowadzimy rozważania. Można więc przypuszczać, że np. dodanie jednego płonącego drzewa spowoduje równie dobrze gwałtowny rozwój pożaru, jak i jego przytłumienie. Może też pozostawić układ w takim stanie, w jakim był. Program demonstrujący prosty model pożaru lasu można odszukać pod adresem www.ifj.edu.pl/~krawczyk/pozar.html

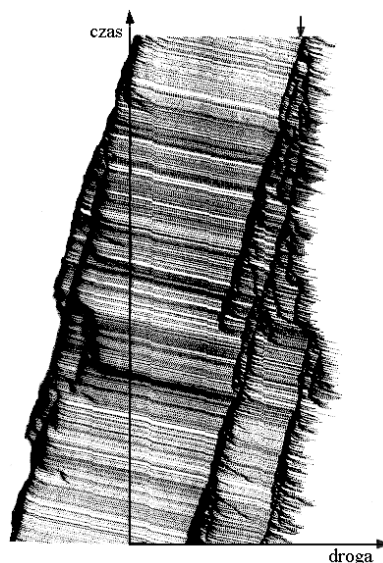


Rys. 6. Rozkład drzew rosnących i płonących w modelu ilustrującym pożar lasu. Czarne kółka oznaczają stan 2, czyli drzewo płonące, puste kółka – stan 1, czyli drzewo rosnące, zaś brak kółka, czyli stan 0, to puste miejsce bez drzewa

6. Korki uliczne

Przejdę teraz do omówienia zachowania się układu składającego się z uczestników ruchu drogowego. Ruch dużej liczby aut na dużej rozgałęzionej drodze można też opisywać jako układ złożony. (Jest on wyraźnie układem otwartym, bo liczba uczestników ruchu ulicznego ciągle się zmienia.) Nieodłącznym doświadczeniem podróży są pojawiające się często większe lub mniejsze zagęszczenia pojazdów, czyli tzw. korki uliczne. Powszechne jest przekonanie, że gdyby udało się je wyeliminować, wówczas efektywność przemieszczania się aut byłaby większa. Zastanówmy się, czy rzeczywiście tak jest, obserwując zachowanie się aut w modelu komputerowym. Niech prędkość auta będzie liczbą całkowitą z zakresu 0–5 i oznacza, ile wielokrotności długości auta przejedzie ono w następnym kroku. Gdy dane auto jedzie zbyt szybko, musi zwolnić, aby uniknąć zderzenia z innym, zaś tempo przyspieszania jest większe niż tempo zwalniania pojazdu. Model pokazuje, że

otwarta sieć ruchu ulicznego, gdzie poszczególni użytkownicy drogi wpływają na decyzje innych, organizuje się sama do stanu krytycznego. Gdy nieznacznie zaburzymy taki układ, np. poprzez obniżenie prędkości jednego auta z wartości 5 do 4 (co pokazane jest w prawym górnym rogu rysunku 7), wówczas pojawiają się na obrazie korki różnej wielkości, co widać w formie zagęszczenia kropek, które oznaczają położenie auta w każdej chwili. Mają one hierarchiczną strukturę, tj. w dużych korkach są małe itd. Aby wytworzyć duży korek uliczny, wcale nie trzeba żadnego dużego zaburzenia w postaci np. wypadku drogowego. Niespodzianką jest, że korki przemieszczają się w przeciwnym kierunku niż samochody. Zawsze więc w takim układzie poruszających się pojazdów można wydostać się z danego korka, ale najprawdopodobniej trafimy na następny. Ciekawe było doświadczenie przeprowadzone w Japonii. Otóż mierzono czas, jaki auta jadące autostradą spędzały pod bardzo szerokim wiaduktem. Uzyskano nieregularną krzywą przedstawiającą liczbę aut w funkcji czasu podobną do krzywej $N(t)$ na rysunku 2.



Rys. 7. Tworzenie się korków ulicznych. Kropki oznaczają położenie auta. Powstawanie zagęszczeń aut rozpoczyna zmiana prędkości jednego auta z wartości 5 na 4, co jest pokazane w prawym górnym rogu rysunku za pomocą strzałki

Gdyby auta jechały niezależnie od siebie, to otrzymalibyśmy zapewne dzwonołatą krzywą symetryczną wokół najbardziej typowego czasu, z jakim przejechałoby pod wiaduktem najwięcej aut. Byliby oczywiście „maruderzy”, którzy spędziliby tam dłuższy czas, oraz „sprinterzy”, którzy pokonaliby odcinek pod wiaduktem w rekordowo krótkim czasie. Krzywa byłaby najprawdopodobniej gładka. Nieregularna krzywa zarejestrowana przez Japończyków pokazuje, jak istotne jest, że samochody poruszają się w towarzystwie innych i że mają bardzo różną historię podróży. Jest to krzywa charakterystyczna dla układu w stanie krytycznym, bardzo podobna do ewolucji liczby ziaren w lawinach po drobnym zaburzeniu i do przebiegu trzęsienia ziemi na modelowym układzie.

7. Zakończenie

Naszą wiedzę na temat ewolucji układów złożonych pod wpływem zaburzenia można podsumować następująco:

a) Małe zaburzenie może wywołać ciąg zdarzeń dowolnej wielkości, trwający dowolnie długo. To, jak silna będzie odpowiedź układu na zaburzenie, zależy od jego wcześniejszej historii.

b) Układ zmierza do stanu krytycznego **sam**, czyli bez dobierania specjalnych wartości parametrów zewnętrznych.

c) Wszystkie modele charakteryzuje potęgowa zależność własności fizycznych od zmiennych czasowych i przestrzennych. Modele pokazują mechanizm powstawania struktur w stanie krytycznym. Mają one fraktalne własności, czyli nie mają typowej skali czasu, długości czy energii.

Literatura:

- [1] Per Bak, *Self-organized criticality*, Physica **A163**, 1990, str. 403.
- [2] Per Bak i Kan Chen, *Self-organized criticality*, Scientific American, January 1991, str.46.
- [3] Per Bak, *How Nature Works. The Science of Self-organized Criticality*, Copernicus, New York 1997.
- [4] M. Schroeder, *Fractals, Chaos, Power Laws*, Freedmann, New York 1991, str. 9, 123.
- [5] P. Pierański, *Fraktale, od geometrii do sztuki*, Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 1992, str. 53.
- [6] B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*, Freedman, New York 1983.



Czy można obserwować dyfrakcję światła na firance?

Stanisław Bednarek

Instytut Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego

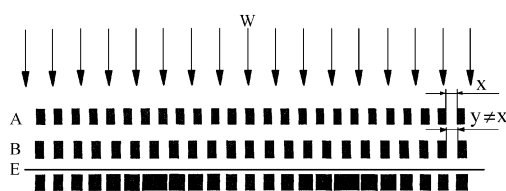
Zjawisko, które zostanie tutaj opisane, niewątpliwie najłatwiej można zaobserwować właśnie na firance. Wystarczy spojrzeć na firankę o drobnych oczkach, tworzącą draperie, czyli zachodzące na siebie fałdy, i zawieszoną przed oknem, przez które przechodzi światło. Zauważymy wówczas szereg jasnych i ciemnych prążków występujących na przemian. Ich kształty są zwykle łagodne i nieregularne. Zmieniając kierunek obserwacji, stwierdzamy, że kształty tych prążków również ulegają zmianom. Obserwowane zjawisko to **mora**. Jego nazwa pochodzi od arabskiego słowa *muchajjar* oznaczającego tkaninę, na powierzchni której można zobaczyć miejsca występowania ciemnych i jasnych prążków. W języku niemieckim tkanina taka nazywa się *Mohr*. Wziąwszy pod uwagę, że *h* nie jest w tym słowie wymawiana i uwzględniając występującą w języku polskim odmianę wyrazów, otrzymuje się nazwę *mora*.

W pierwszej chwili wydawać by się mogło, że *mora* to wynik dyfrakcji i interferencji światła na nitkach tkaniny, czyli efekt podobny jak w przypadku siatki dyfrakcyjnej. Ta hipoteza nie jest jednak prawdziwa. Rozmiary oczek firanki lub grubości nitek tkaniny są zbyt duże w porównaniu z długością fali światła, zatem dyfrakcja i interferencja światła w tym przypadku nie zachodzą. Natomiast można

obserwować interferencję, korzystając np. z cienkiego jedwabnego szalika². Zjawisko mory możemy z powodzeniem obserwować, gdy oczka firanki mają rozmiary nawet 3–5 mm, natomiast długość fali światła widzialnego wynosi w przybliżeniu od 0,38 μm , (światło niebieskie) do 0,76 μm (światło czerwone). Długości fali światła są więc około 10 000 razy mniejsze od rozmiarów oczek. Jak wiadomo, efekty dyfrakcyjno-interferencyjne są istotne wtedy, gdy przeszkody, na które napotyka fala, mają rozmiary zbliżone do jej długości. Dla porównania podamy, że maksymalna odległość między sąsiednimi szczelinami siatek dyfrakcyjnych, znajdujących się w szkolnych pracowniach fizycznych, wynosi około 5 μm .

Jest jeszcze jeden argument świadczący o tym, że mora powstaje inaczej niż układ prążków tworzonych przez siatkę dyfrakcyjną. Jeżeli popatrzymy uważnie przez taką siatkę, gdy pada na nią światło białe, wysyłane np. przez Słońce lub żarówkę, to zauważymy, że wytwarzane prążki są barwne. Każdy prążek, podobnie jak tęcza, składa się z szeregu barwnych pasków – od niebieskiego do czerwonego – które nie wykazują ostrych granic i płynnie przechodzą jeden w drugi. Dzieje się tak, ponieważ siatka dyfrakcyjna ugina światło białe, dając prążki w postaci widma ciągłego. Tego efektu nie obserwujemy w przypadku mory. Z przeprowadzonych rozważań wynika więc, że na postawione w tytule pytanie należy odpowiedzieć negatywnie.

Żeby wyjaśnić zjawisko mory, weźmy pod uwagę dwa szeregi A i B równoległych, nieprzezroczystych prętów o takiej samej grubości (rys. 1). W szeregu A odległości między prętami są jednakowe i wynoszą x . Pręty w szeregu B też znajdują się w jednakowych odległościach od siebie wynoszących y , ale $y \neq x$. Różnica między y i x jest jednak niewielka. Nałożmy te szeregi na siebie i rzućmy na nie równoległą wiązkę światła W . Zobaczmy, jaki obraz utworzy ta wiązka po przejściu przez oba szeregi prętów na ekranie E. Okazuje się, że na ekranie powstaną rozmieszczone na przemian jasne i ciemne obszary w postaci prążków. Szerokość tych prążków i odległość między nimi jest inna niż grubość prętów i ich odległość w obu szeregach. Otrzymany na ekranie układ prążków to właśnie najprostszyp>



Rys. 1. Sposób tworzenia się prążków mory

W przeprowadzonych rozważaniach nie mówiliśmy zupełnie o dyfrakcji światła padającego na pręty. Nie było takiej potrzeby, ponieważ mora jest efektem, po-

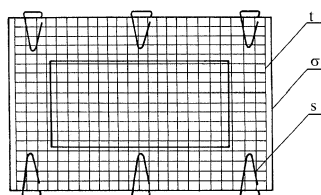
² Mamy tu do czynienia z nakładaniem się mikrostruktur nici szalika, co prowadzi do powstania efektów interferencyjnych.

legającym na sumowaniu się natężeń światła przechodzącego przez nałożone na siebie „okresowe” figury geometryczne mało różniące się rozmiarem, kształtem lub położeniem (lub od nich odbitego). Morę można również obserwować, na przykład na dwóch szeregach równoległych prętów lub na dwóch identycznych kratkach, jeżeli osie tych figur będą tworzyły pewien niewielki kąt albo figury te zostaną umieszczone na lekko pofalowanych powierzchniach. Sytuacja zbliżona do tych ostatnich przypadków zachodzi właśnie podczas tworzenia się mory na firance. Rozpatrywane wcześniej szeregi nieprzezroczystych prętów można zastąpić płaskimi zwierciadłami w kształcie równoległych pasków. Jeżeli na taki układ rzucimy równoległą wiązkę światła, to promienie odbite również utworzą morę.

Ktoś obdarzony dobrą pamięcią może przypomnieć sobie w tym momencie, że do niektórych podręczników fizyki bywają dołączane dwa kawałki kalki z wydrukowanymi na nich współśrodkowymi pierścieniami. Po nałożeniu ich na siebie obserwuje się obraz do złudzenia przypominający interferencję fal wysyłanych przez dwa źródła punktowe. Trzeba jednak pamiętać, że jest to tylko model zjawiska interferencji, w którym wykorzystano właśnie efekt mory. Jak wiadomo z metodologii i historii nauki, żadnego modelu nie można utożsamiać z samym zjawiskiem i wyciągać z wyników modelowania zbyt daleko idących wniosków.

Rozważania zapoczątkowane dla układu prętów moglibyśmy kontynuować, nadając im bardziej ilościowy charakter. W efekcie otrzymalibyśmy wzory opisujące zależność między szerokością prążków i ich położeniem. Wydaje się jednak, że bardziej atrakcyjnym zajęciem, przynajmniej dla uczniów, będą eksperymenty polegające na obserwacji mory wytwarzanej przez różne układy figur. Obserwacje te mogą również dostarczyć wielu wrażeń natury estetycznej, o które trudniej byłoby podczas analizy wyprowadzonych wzorów.

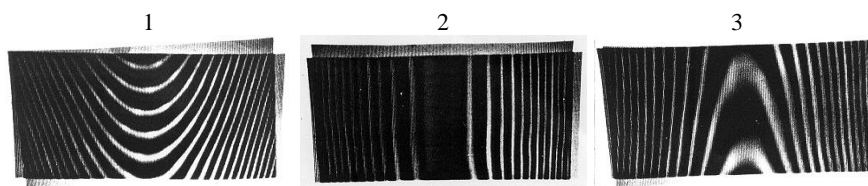
Nasze eksperymenty możemy rozpocząć od sprawdzenia działania opisanego układu równoległych, nieprzezroczystych prętów. W tym celu posłużymy się dwoma kawałkami kalki technicznej lub papieru częściowo przepuszczającego światło. Na pierwszym kawałku kalki rysujemy szereg złożony z 20–30 równoległych, całkowicie zacernionych pasków o szerokości 5 mm, oddalonych od siebie także o 5 mm. Długość pasków powinna wynosić 3–5 cm. Na drugim kawałku rysujemy podobny szereg pasków, ale o szerokości 4,5 mm. Odległość między paskami pozostawiamy bez zmiany. Oba szeregi pasków nakładamy równoległe jeden na drugi i patrzymy przez nie w kierunku źródła światła. Przesuwamy paski względem siebie, a także skręcamy je o niewielki kąt i badamy wpływ tych zmian na powstającą morę.



Rys. 2. Jedna z siatek do obserwacji zjawiska mory

Do badania mory możemy również wykorzystać kawałki firanki, gazy lub innej rzadkiej tkaniny t , naciągnięte na okienku o rozmiarach kilku centymetrów σ , wyciętym z tektury, i przypięte do niego spinaczami biurowymi s (rys. 2). Odległość między nitkami tworzącymi oczka siatki łatwo jest w tym przypadku regulować przez zmianę naprężenia tkaniny. Do obserwacji mory bardzo dobrze nadają się także kawałki metalowej siatki o rozmiarach oczek od kilku milimetrów do ułamka milimetra. W najprostszym przypadku możemy posłużyć się sitkami używanymi w gospodarstwie domowym, które nakładamy tak, żeby ich oczka znajdowały się blisko siebie.

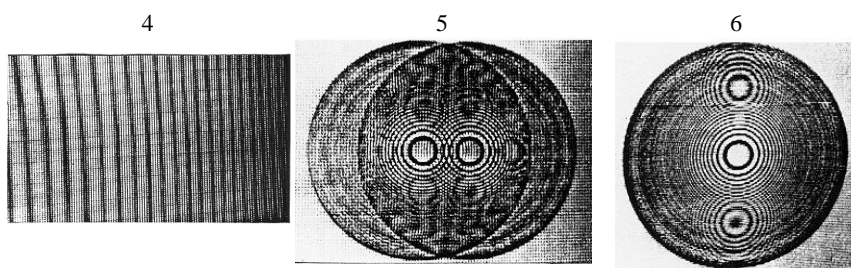
Dostęp do rzutnika pisma pozwoli nam uzyskać duże obrazy mory na ekranie i przeprowadzić pokazy tego zjawiska dla liczniejszej grupy osób przy użyciu niewielkiej liczby siatek. W tym celu wybieramy dwie siatki, układamy je na szybie grafoskopu i regulujemy ostrość, tak żeby na ekranie pojawiły się jak najwyraźniejsze prążki. Obrazy otrzymane na ekranie, dzięki ich znacznym rozmiarom i dużej jasności, możemy łatwo fotografować, używając popularnego aparatu fotograficznego zamocowanego na statywie ustawionym z tyłu grafoskopu. Właśnie w ten sposób wykonano fotografie mory zamieszczone w tym artykule. Mora przedstawiona na fot. 1 została otrzymana za pomocą kawałków dwóch lekko skręconych względem siebie metalowych siatek o podłużnych oczkach. Siatki takie stosowane są jako maski w kineskopach odbiorników telewizji kolorowej. Zmieniając powoli wzajemne usytuowanie siatek lub wyginając lekko jedną z nich, umożliwiamy obserwacje wpływu tych zmian na kształt prążków mory (por. fot. 1, 2, 3).



Fot. 1, 2, 3. Wybrane przykłady prążków mory

Szerokie możliwości badania mory zapewniają siatki wykonane na kalce technicznej lub przezroczystej folii, używanej do sporządzania kserokopii lub wydruków komputerowych. Bezpośrednie rysowanie siatek na tych materiałach przy użyciu pisaków lub tuszu kreślarskiego jest pracochłonne i nie zawsze daje dobre rezultaty. Znacznie skuteczniejszy sposób to narysowanie siatki za pomocą długopisu lub czarnego pisaka na prześwitującym papierze, pod który podłożono papier milimetrowy dla łatwego odmierzenia jednakowych odległości. Siatki takie mogą być złożone z różnych figur, np. kwadratów, prostokątów, trójkątów równobocznych czy sześciokątów foremnych. Warto też narysować układ współśrodkowych okręgów o stałej różnicy promieni oraz układ kropek, rozmieszczonych regularnie w wierzchołkach kwadratów lub trójkątów równobocznych, tworzących tzw. raster. Tym sposobem bardzo łatwo jest narysować siatki o rozmiarach 10–20 cm, w których odległość między liniami lub kropkami wynosi 2–5 mm.

Narysowane siatki kopiujemy na folii lub kalce technicznej, zmniejszając je kilkakrotnie. Dokonujemy tego za pomocą kserokopiarki lub skanera i drukarki współpracujących z komputerem. Jeżeli mamy dostęp do komputera z zainstalowanym edytorem graficznym, np. Corel Draw lub Paint, to odpowiednie siatki możemy narysować, posługując się tym edytorem, i wydrukować je bezpośrednio na folii lub kalce. Siatki do badania mory można również otrzymać w bardzo prosty sposób, wykonując na folii lub kalce technicznej kserokopie ze zmniejszeniem arkusza papieru milimetrowego. Za pomocą takich siatek uzyskane zostały obrazy mory przedstawione na przykład na fot. 4. Na fot. 5 i 6 zamieszczono natomiast mory powstające na złożonych rastrach, utworzonych ze współśrodkowych okręgów i kropek.



Fot. 4, 5, 6. Wybrane przykłady prążków mory

Na zakończenie warto dodać, że mory jest nie tylko interesującym zjawiskiem optycznym, przy wyjaśnianiu którego łatwo popełnić błąd, uważając je za wynik dyfrakcji i interferencji światła. Duża czułość kształtu prążków mory na zmiany położenia siatek i ich deformacje została wykorzystana przez inżynierów do precyzyjnych pomiarów odkształceń różnych części maszyn i elementów budowli. W typowym układzie do tego celu używa się dwóch siatek o nieprzezroczystych liniach, wykonanych, na przykład na kliszy fotograficznej lub płytkach szklanych. Odległość między sąsiednimi liniami siatek wynosi zwykle ok. 0,1 mm. Jedna z tych siatek zostaje zamocowana do badanego przedmiotu, a druga umieszczona naprzeciw pierwszej, na masywnej podstawie dobrze tłumiącej wstrząsy. Obie siatki są oświetlone. Jeżeli teraz badany element ulegnie odkształceniu lub przemieszczeniu, to wówczas nastąpi zmiana rozkładu prążków.

Efekt pokrywania się odpowiednich kresek noniuszy, stosowanych w dokładniejszych przyrządach pomiarowych, na przykład w suwmiarce i mikromierzu, także wykazuje podobieństwo do zjawiska mory. Osobom bardziej zainteresowanym sztuką niż techniką należy powiedzieć, że w kształtach abstrakcyjnych dzieł niektórych współczesnych artystów również można dostrzec inspiracje prążkami mory.



O Aleksandrze Czyżewskim, czyli most, który połączył dwa kosmosy

Konstantin G. Nikiforov

Uniwersytet Pedagogiczny, Kaluga, Rosja

W środku marca 1989 roku zaszło nieprawdopodobne wydarzenie: strzałki magnetyczne wszystkich kompasów na Ziemi odchyliły się od kierunku na północ bardziej niż o 10 stopni. Przyczyną tego były procesy, zachodzące... sto milionów kilometrów od nas! W wyniku „wybuchu” na Słońcu powstała tak potężna „burza magnetyczna”, że jej wpływ odczuwano na Ziemi przez kilka dni. Indukowane przez tę burzę prądy wywołały w liniach przekazu energii elektrycznej w Kanadzie wyłączenie zaopatrzenia w energię elektryczną na kilka godzin, zaś liczni mieszkańcy naszej planety odczuwali dyskomfort i złe samopoczucie.

Jednym z pierwszych, którzy zwrócili uwagę na istnienie ścisłych związków Ziemi i Kosmosu („związków słoneczno-ziemskich”), był znakomity uczony rosyjski Aleksander Czyżewski. Po wielu latach wspominał: „od dzieciństwa doznawałem na sobie wpływu czynników zewnętrznych, i to do takiego stopnia, że przewidywałem z góry zmiany pogody... Nieodparcie ciągnęło mnie do zgłębiania wpływu zewnętrznych czynników na organizm ludzki i dlatego poświęciłem całe moje życie badaniu tego problemu”.

Dzieciństwo

Sasza Czyżewski urodził się 7 lutego 1897 roku w polskim miasteczku Ciechanowiec, gdzie służył w wojsku jego ojciec, wojskowy z dziada pradziada, Leonid Wasiliewicz Czyżewski. Stary ród szlachecki Czyżewskich tkwił swoimi korzeniami w Polsce, pradziad przyszłego uczonego Nikita Czyżewski uczestniczył w wyprawach wojennych Suworowa i Kutuzowa, zaś jego dziadem ciotecznym był osławiony rosyjski admirał Nachimow. Matka Saszy Nadieżda Aleksandrowna umarła, kiedy chłopczyk nie miał jeszcze roku, i jej miejsce zajęła siostra ojca – Olga Wasiliewna. [...]

Pierwszym nauczycielem i wychowawcą chłopca była także babcia ze strony ojca. Otrzymała ona świetne jak na owe czasy wykształcenie, dobrze władała językiem francuskim, angielskim i niemieckim, oddawała się malarstwu akwarelowemu i wyszywaniu, wspaniale знаła historię.

Sam Czyżewski był przekonany, że podstawowe drogi jego życia „były ustalone już we wczesnym dzieciństwie i wyraźnie ujawniły się w dziewiątym czy w dziesiątym roku życia. Już w dzieciństwie dusza moja była pełna zapału i entuzjazmu... Wszystko na świecie przyciągało moją uwagę, absolutnie wszystko wywoływało moją ciekawość i żądę wiedzy. I na wszystko odpowiadałem jak echo całym swoim jestestwem – i duszą i ciałem. Pochłaniałem łączywie wszystko, co

odslaniało się mojemu wzrokowi, co stawało się dostępne mojemu słuchowi i dotykowi”.

Nie będąc krzepkiego zdrowia, chłopiec wiele czasu poświęcał lekturze. W jego własnej bibliotece były „tomiki Lermontowa i Puszkina, antologie dziecięce wierszy Goethego, Heinego, Byrona, Hugo... Stary i Nowy Testament, cztery gramatyki – rosyjska, francuska, niemiecka i angielska, wypisy z literatury w czterech językach, arytmetyka Jewtuszeńskiego, historia Rosji Ostrogradskiego, popularna astronomia Flammariona, popularna fizyka i szereg innych książek, wśród nich «Chata wuja Toma» Beecher-Stowe, «Robinson Crusoe», powieści Dickensa, pełny zbiór dzieł Jules’a Verne’a, Dumasa – ojca, Fenimore’a Coopera i wiele innych”.

Chłopiec współzawodniczy z ojcem co do liczby zdobytych książek, „zarabiając” pieniądze u babci i mamy za dobrze wyuczone lekcje i wiersze. Ale już w tym okresie ujawnia się w nim zapal do badań, więc część własnych pieniędzy wydaje na zakup odczynników chemicznych oraz wszelkiego rodzaju zabawek mechanicznych, które następnie są przetwarzane na jego wynalazki w domowym laboratorium elektrochemicznym.



Sasza w domowym laboratorium elektrochemicznym

Lata młodości

Bogato obdarzyła natura młodego Czyżewskiego, zapalał się „do wszystkiego od razu”. Jak wspominał: „Od wczesnego dzieciństwa namiętnie polubiłem muzykę, poezję i malarstwo, i miłość ta z upływem czasu nie tylko nie malała, lecz przyjmowała coraz bardziej namiętny charakter nawet wtedy, kiedy okręt moich głównych dążeń popłynął wzdłuż farwata [głównego nurtu – przyp. tłum.] nauki”. Ten dar oświeca całe jego życie i zawsze w nim będą konkurować: pierwiastek naukowy i artystyczny. Nawiasem mówiąc, znał się on dobrze z wieloma rosyjskimi poetami owych czasów i sam Włodzimierz Majakowski kiedyś uszczypliwie zwrócił mu uwagę: „Z Pana byłby niezły poeta, gdyby Pan mniej był pochłonięty nauką. Poezja i nauka są bardzo zazdrosne: nie uznają kochanek!”. Książki z wierszami Czyżewskiego były publikowane wielokrotnie, a w kałuskim muzeum pamięci przechowywana jest kolekcja jego znakomych obrazów. Znacznie później napisał on znamienne wiersze:

Uczeni mówią, że poeta,
Wśród poetów jestem uczonym,
Ja jednak nie wierzę, niestety,
Tej mojej fortunie złoconej.
Mój los w poezji niezbadany,
Nieznana droga przyrodnika,
Dla mnie spokój jest pożądany,
Ale właśnie on mnie unika.

W 1913 roku rodzina Czyżewskiego przeprowadza się do kolejnego miejsca służby wojskowej ojca, czyli do Kaługi. Kałuski okres życia okazał się zasadniczy w kształtowaniu osobowości genialnego uczonego. Otrzymawszy w domu świetne i wszechstronne wykształcenie, kontynuował edukację w kałuskiej szkole realnej (tak nazywała się w Rosji do rewolucji szkoła średnia bez wykładania języków starożytnych, ale za to z przewagą w programie matematyki i nauk przyrodniczych; przyp. tłum.). Właśnie tu, w Kałudze, Sasza poznaje się ze swoim wielkim współczesnym, „ojcem kosmonautyki” Konstantym Ciołkowskim. Mimo różnicy wieku, wynoszącej czterdzieści lat zbliżyła ich niewyczerpana żądza wiedzy i przenikliwość umysłu, niekłamane zainteresowanie nauką oraz dążenie do poznania otaczającego świata. To właśnie z aprobatą wielkiego uczonego młodzieniec wybrał swoją drogę w nauce. Wspominał później: „Ach, cóż to był za wspaniały okres życia! Młody umysł dążył do poznania tajemnic przyrody i gotów był uchwycić się każdego zjawiska w nadziei, że spostrzeże w nim coś tajemniczego, niewiadomego, nikomu jeszcze nieznanego”.

Zainteresowania naukowe i trudne doświadczenia życiowe Czyżewskiego

Rok 1915... Student Moskiewskiego Instytutu Archeologicznego Aleksander Czyżewski występuje na zebraniu kałuskiego towarzystwa badania przyrody z wykładem o okresowym wpływie Słońca... na biosferę Ziemi! Już wcześniej liczni uczeni próbowali ujawnić słoneczno-ziemskie związki biologiczne. Jeszcze znakomity szwedzki uczyony Svante Arrhenius badał związki między procesami w żywym organizmie a oscylacjami elektryczności atmosferycznej, zależącymi od aktywności Słońca. Jednakże los zrzucił, że to właśnie Czyżewski w Kałudze położył podwaliny zupełnie nowych nauk – biologii kosmicznej i medycyny kosmicznej. Jego myśli dobrze odzwierciedla następująca poetycka strofa:

My – dzieci Kosmosu. Tutaj rodzinny nasz dom
Tak trwały niezwykle i wspólnotą spojony,
Że czujemy się jak w jeden złączeni atom,
A w każdym punkcie świat, świat cały jest skupiony.

Już w swojej pierwszej monografii „Czynniki fizyczne rozwoju historycznego”, która ukazała się w Kałudze w 1924 roku w wirze walki o socjalną przebudowę społeczeństwa i człowieka, młody Czyżewski na podstawie analizy statys-

tycznej wielowiekowych informacji historycznych wyciąga unikalny wniosek, że „ewolucja społeczna zachodzi pod bezpośrednim działaniem rozmaitych czynników ekonomicznych i politycznych, ale także i przyrodniczych”. Rozumie to jako przede wszystkim wpływ potężnego czynnika kosmicznego – periodycznej aktywności słonecznej na... zachowanie się mas ludzkich i na bieg historii! W ten sposób uczony objawił się nie tylko jako pierwszy odkrywca związków między czynnikami przyrodniczymi a zjawiskami społecznymi, lecz także jako pionier w dziedzinie wykorzystania metod matematycznych w historii jako nauce.

Na czym polega istota problemu? Już wielki Galileusz zauważył, że „i na Słońcu są plamy”. Chociaż natura takich anomalii słonecznych do dzisiaj nie jest dostatecznie jasna, to ich charakterystyki dobrze już są zbadane. Te plamy, powstając i znikając periodycznie na powierzchni ciała niebieskiego, określają aktywność słoneczną. Ich periodyczność jest dosyć złożona, zaobserwowano okresy wiekowe (stuletni) i 11-letni i 27-dniowy (związany z obrotem Słońca wokół własnej osi). Z natury rzeczy badania Czyżewskiego dotyczyły przede wszystkim cyklu 11-letniego, ponieważ właśnie ten cykl uwydatniał się najwyraźniej w opracowaniach statystycznych wieloletnich okresów historii.

Zestawiwszy rezultaty swojej analizy z wieloletnimi danymi o aktywności słonecznej, uczony wyciągnął wniosek: „jak uderzająco elastycznie wydarzenia historyczne dokonywane przez masy następują za władczyimi nakazami naszego ciała niebieskiego”. [...]

Sądzę, że żądny wiedzy Czytelnik zdoła samodzielnie wyciągnąć wnioski, zestawiając ważniejsze wydarzenia historyczne XX wieku i lata maksymalnej aktywności słonecznej: 1905, 1917, 1928, 1937, 1947, 1957, 1968, 1980, 1991... Jak można stwierdzić, na koniec XX wieku także przypada podobne maksimum [...].

Być może (teraz, pod koniec wieku wielkich przewrotów naukowych) liczne idee i hipotezy lat 20. mogą się okazać trywialne. Dlatego ma sens dziś przypomnienie chronologii wielkich odkryć, mających związek z twórczością naukową Czyżewskiego. Chociaż w 1913 roku Austriak Hess odkrył promienie kosmiczne w sposób ciągły bombardujące Ziemię, to dopiero w 1948 roku uczeni wykazali, że promienie te składają się z cząstek naładowanych – jąder wodoru. W 1924 roku Anglik Appleton odkrył „elektryczną skórę Ziemi” – jonosferę nasyconą cząstkami naładowanymi. W 1958 roku Amerykanin Van Allen oraz Rosjanin Wiernow i Czudakow odkryli pasy radiacyjne Ziemi, ochraniające wszystko co żyje od śmiertelnych promieni kosmicznych. Wreszcie, gdy badania zostały wyniesione poza granice ziemskiej atmosfery, w kosmos, pierwsze stacje automatyczne „Łuna” odkryły w 1959 roku „wiatr słoneczny” – promienie kosmiczne, zaczynające swoją drogę w głębi rozpalonego naszego ciała niebieskiego. Wpływają one na pole magnetyczne Ziemi i formują burze magnetyczne, tak odczuwalne przez nas. Opierając się na tych odkryciach, można sformułować pogląd, że promienie kosmiczne przenikające do atmosfery jonizują ją i formują elektryczną otoczkę Ziemi – jonosferę, wiatr słoneczny natomiast zakłóca i zniekształca ziemskie pole magnetyczne – magnetosferę. Pojawienie się plamy słonecznej doprowadza do

wzmocnienia wiatru słonecznego, co z kolei wywołuje znaczne zmiany w polu elektrycznym i magnetycznym Ziemi. W polach tych tkwimy my w sposób ciągły. Oto jak sugestywnie opisuje to zjawisko sam Czyżewski: „potężny, przerywany oddech Słońca nieustannie zakłóca spokój ziemskiego pola magnetycznego, narusza stabilność opasujących ziemię pasów radiacyjnych, wzburza rozpostartą wokół Ziemi atmosferę”.

Liczni sceptycy, zgadzając się z bezspornym wpływem Słońca na stan fizyczny Ziemi, do dzisiaj nie uznają związku między aktywnością słoneczną a stanem fizycznym i psychicznym ludzi. Przyczyna takich poglądów leży w szeroko zakorzenionych wyobrażeniach, że długotrwała ewolucja człowieka powinna była wypracować mechanizmy obronne przeciw oddziaływaniu aktywności słonecznej. Czy naprawdę tak jest? [...]

W latach 20. XX wieku profesor Czyżewski przeanalizował liczne dane z obserwacji medycznych i postawił hipotezę, że wybuchy słoneczne potęgują choroby organów wewnętrznych oraz układu nerwowego i naczyniowego, a także wpływają na stany emocjonalne ludzi. Uczony nie tylko odkrył tę zależność, lecz także usiłował zorganizować medyczne prognozowanie słoneczno-meteorologiczne. W ciągu kilku lat pracy specjalnych służb takiego prognozowania we Francji uratowano życie dziesiątkom tysięcy chorych. Logicznym skutkiem badania wpływu Słońca na stan dużych zespołów ludzkich stało się odkrycie przez Czyżewskiego zasad formowania się epidemii. Można tylko kolejny raz zachwycać się dojrzałością umysłu genialnego uczonego, który w natłoku sprzecznych informacji o powstawaniu, rozprzestrzenianiu się i znikaniu epidemii dżumy, cholery, ospy i innych niebezpiecznych śmiertelnie chorób potrafił wyczuć ich „mechanizm spustowy”. Rozpatrując przyczyny epidemii i odrzucając te, które nie mogłyby doprowadzić do rozprzestrzeniania się zachorowań równocześnie i na ogromnych obszarach, Czyżewski stwierdził, że okresy największego rozwoju chorób epidemicznych bardzo dobrze zgadzają się z okresami maksymalnej aktywności słonecznej.

Oczywiście przestrzega on przed uproszczonym pojmowaniem problemu: „aktywność Słońca... tylko sprzyja epidemiom, przyczynia się do ich szybszego formowania się, a także zwiększa ich intensywność”. Innymi słowy, epidemia formuje się pod wpływem szeregu przyczyn biologicznych, wpływ Słońca zaś staje się tylko jej katalizatorem. W 1957 roku epidemia zapalenia mózgu (encephalitis – przyp. tłum.) ogarnęła Związek Radziecki równocześnie na ogromnym terytorium, od Uralu do Dalekiego Wschodu. Ku zdumieniu epidemiologów wieloletnia zależność od czasu poziomu zachorowalności (na tę chorobę – przyp. tłum.) zbiegła się w wielu aspektach z periodyczną aktywnością Słońca tych lat, potwierdzając „dobrze już zapomniane” wnioski Czyżewskiego. W 1966 roku lekarzom udało się przy wykorzystaniu wypracowanych przez uczonego metod przewidzieć pandemię grypy i przygotować do niej.

Czyżewski nie był dyletantem samoukiem w dziedzinie biofizyki. Po ukończeniu Instytutu Archeologicznego i obronie w 1918 roku na Uniwersytecie Moskiewskim rozprawy doktorskiej dotyczącej periodyczności procesu historii po-

wszechnej wstępuje on na wydział fizyczno-matematyczny oraz na wydział medyczny Uniwersytetu Moskiewskiego i wkrótce potem przeprowadza badania biofizyczne w laboratorium ojca rosyjskiej biofizyki Piotra Łazariewa. Czyżewski nie tylko głęboko badał czynniki przyrody (wpływające na nasz organizm – przyp. tłum.), lecz także stał się pionierem badań wpływu elektryczności na organizmy żywe. Począwszy od roku 1918, młody uczyony przeprowadzał takie eksperymenty w swoim domowym laboratorium w Kałudze. Czyżewskiemu udało się ustalić, że ujemnie naładowane jony tlenu sprzyjają poprawie najważniejszych funkcji organizmu. Co jest szczególnie ważne, u osłabionych organizmów można było zaobserwować przywrócenie w krótkim czasie do stanu normalnego fizjologicznych funkcji krwi, tkanek, organów wewnętrznych. Pozytywny efekt jego odkrycia był osiągnięty, o czym doniósł młody uczyony w swoim wykładzie w Kałuskim Towarzystwie Naukowym w 1919 roku... Zdumiewające hipotezy, śmiałe eksperymenty – i to gdzie, w prowincjonalnej Kałudze, w najtrudniejsze lata rewolucji, wojny domowej i chaosu, przy braku elementarnych warunków nie tylko do pracy naukowej, lecz także do życia! [...]

Wieloletnia praca naukowa uczonego w dziedzinie „medycyny elektronowej”, jak nazywał ją Ciołkowski, została uwieczniona utworzeniem w 1931 roku w Moskwie naukowego laboratorium aerojonizacji. Mimo szerokiego, międzynarodowego rezonansu na znakomite rezultaty praktyczne w leczeniu organizmów żywych po pięciu latach pracy laboratorium zostało zlikwidowane. [...]

Zrobimy małą dygresję. Od 1915 roku Czyżewski prowadził korespondencję naukową z wielkim uczonym szwedzkim, laureatem Nagrody Nobla Svante Arrheniusem, i otrzymał od niego zaproszenie do współpracy w słynnym Instytucie Noblowskim w Sztokholmie. Niestety, nie doszło do tej podróży młodego uczonego. [...]



W 1942 roku Aleksander Czyżewski był represjonowany i został niesprawiedliwie skazany; przebywał w łagrach stalinowskich (ostatnie lata – w jednym łagrze z przyszłym pisarzem, laureatem Nagrody Nobla Aleksandrem Solżenitsynem). Ale i w tych warunkach uczyony pozostaje uczonym, Czyżewski pracuje w laboratorium klinicznym szpitala obozowego nad problemami hematologii praktycznej. Tak jak dawniej, kontynuuje swoją główną linię w nauce, badając teraz wpływ zewnętrznych oddziaływań na najważniejszy składnik organizmu żywego – na krew. Przeprowadzone jedynie za pomocą mikroskopu eksperymenty pozwoliły Czyżewskiemu na opracowanie teorii struktury krwi w zależności od fizycznych i geometrycznych parametrów układu naczyniowego. Kiedy uczonemu oznajmiono o zakończeniu terminu przebywania w łagrze, pozostał tam aż do zakończenia ważnego doświadczenia naukowego.

Po 1950 roku Czyżewski przebywał na zesłaniu w Kazachstanie, gdzie tak jak dawniej zajmował się problemami biofizycznymi krwi. I znów podchodzi on nie-

tradycyjnie do problemu, stosuje mianowicie do analizy obiektów biologicznych metody fizyczne i matematyczne. Oczywiście, teraz takie podejście jest ogólnie przyjęte w naukach przyrodniczych, ale w owych czasach Czyżewskiego postrzegano jak „białą wronę”. Rozpatruje on strumień krwi jako jedną całość, bierze pod uwagę powstające w krwi pola elektryczne i magnetyczne, bada procesy oddziaływania elektrycznego erytrocytów. Podsumowaniem wieloletniej pracy stały się dwie monografie mające wartość dla specjalistów jeszcze i do dzisiaj.

Dopiero w 1958 roku uczony wraca do Moskwy, pisze książki naukowe i popularnonaukowe, pracuje w laboratorium jonifikacji. A w końcu 1964 roku zabrakło go... Dlaczego genialne idee i rezultaty badań profesora Czyżewskiego z takim trudem przebijają sobie drogę? Dlaczego trzy jego najważniejsze monografie były opublikowane dopiero w 10–15 lat po jego śmierci, a dziś wielu ludzi nie zna jego nazwiska? Wydaje mi się, że obiektywną przyczyną odrzucenia jego idei było rozczłonkowanie nauk. Przy całej użyteczności specjalizacji naukowej na określonym etapie poznania przyrody, w XX wieku pociągnęła ona za sobą wiele negatywnych skutków. [...]

Liczni badacze twórczości profesora Czyżewskiego zakładają, że jego wybitne rezultaty naukowe są wywołane przez unikalny, wszechstronny rozwój jego osobowości, a także wysoki poziom kultury humanistycznej i przyrodniczej. Pozwalało to uczonemu rozwiązywać problemy niedostępne dla wąskich specjalistów. Oto dlaczego Czyżewski tak śmiało przerzucał mosty między, wydawałoby się, nie związanymi ze sobą zjawiskami przyrody, odkrywał prawa i prawidłowości, obok których przechodziły obojętnie tysiące innych badaczy przyrody. [...]

W przeddzień nowego tysiąclecia swojej historii ludzkość przywraca jednolity obraz świata, budowany jeszcze przez uczonych Starożytności w ramach jednolitej nauki – (idealistycznej – przyp. tłum.) filozofii przyrody, ale tym razem na nowym, jakościowo innym poziomie. Znaczący wkład do tego obrazu wniósł Czyżewski, członek rzeczywisty Międzynarodowego Towarzystwa Biokosmicznego, członek Akademii w Tulonie, profesor honorowy Uniwersytetu Kalifornijskiego i Uniwersytetu Stanford... uczony i wynalazca, poeta, malarz i filozof, jeszcze za życia zasłużenie nazwany „Leonardo da Vinci XX wieku”. [...]

Tłumaczył: Jerzy Warczewski
Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Katowice

Literatura

- [1] Čiževskij A., *Fizičeskije faktory istoričeskogo processa*, Kaluga 1924.
- [2] Tchijevsky A., *Les epidemies et les perturbations electromagnetiques du milieu exterieur*, Paris 1938.
- [3] Čiževskij A., *Ziemnoye echo solniečnych bur'*, Moskva 1973.
- [4] Čiževskij A., *Vsja žizn'*, Moskva 1974.
- [5] Čiževskij A., *V naukie ya prosyl poetom...*, (Wiersze), Kaluga 1996.
- [6] Golovanov L. *Sozvučije polnoye v prirode*, Moskva 1977.
- [7] Prasołova E.L. *Žit' geniju v tsepiach nie nadležit...*, Kaluga 1993.
- [8] Jagodzinskij W., *Aleksandr Leonidovič Čiževskij*, Moskva 1987.



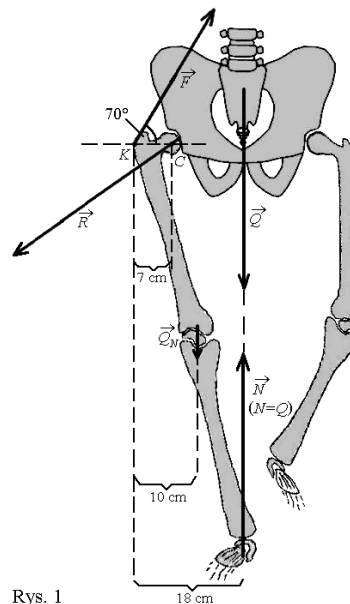
KĄCIK ZADAŃ

Jadwiga Salach

1. Podczas chodzenia raz lewa, a raz prawa noga unoszona jest w górę, tzn. nie dotyka podłoża. Rysunek 1 przedstawia szkielet prawej nogi w sytuacji, gdy cały ciężar ciała jest podtrzymywany przez stopę. Aby obliczyć wartość siły, jaka wówczas działa na staw biodrowy, możemy zastosować znane warunki równowagi. Gdy układ jest w równowadze, stopa i środek ciężkości ciała muszą się znajdować na jednej prostej pionowej. Siła reakcji podłoża

\vec{N} , działająca na stopę, ma wówczas taką samą wartość jak ciężar \vec{Q} całego ciała. Na rysunku 1 zaznaczono wektory pozostałych sił działających na nogę. Są to: ciężar nogi \vec{Q}_N (o wartości równej $\frac{Q}{7}$, zaczepiony w środku ciężkości nogi, tj. nieco powyżej kolana), siła nacisku \vec{R} (jaką panewka miednicy działa na głowę kości udowej) i siła \vec{F} (wywierana przez mięśnie i zaczepiona w miejscu tej kości, zwanym krętarzem K). Wszystkie wymienione siły działają w płaszczyźnie pionowej, tzn. w płaszczyźnie rysunku.

Biorąc pod uwagę zaznaczone na rysunku kierunki sił oraz odpowiednie odległości, oblicz wartości sił \vec{F} i \vec{R} .



Rys. 1

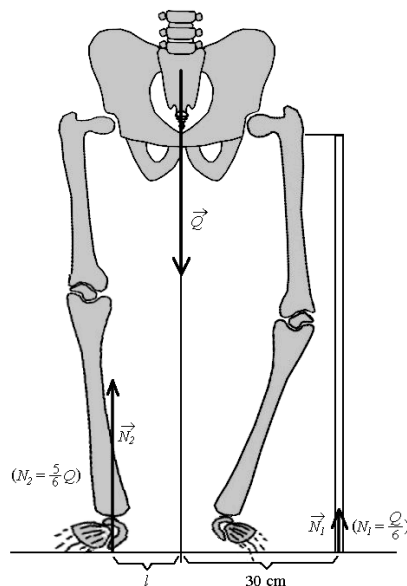
Wskazówka: Rozłóż siłę \vec{R} na składową pionową i poziomą. Skorzystaj z warunków równowagi nogi: suma sił i suma momentów sił (względem dowolnego punktu) muszą być równe zero. Dla wygody sumę momentów sił oblicz względem środka głowy kości udowej C .

2. Rozważmy sytuację, w której człowiek cierpiący na dolegliwości stawu biodrowego (lub np. rekonwalescent po operacji tego stawu) używa podczas chodzenia laski, trzymanej w lewej ręce (rysunek 2). Załóżmy, że odległość laski od linii pionowej, przechodzącej przez środek ciężkości ciała, wynosi 30 cm, a ciężar całego ciała rozkłada się tak, iż zaledwie $\frac{1}{6}$ jego część jest podtrzymywana przez laskę

(wówczas mięśnie ręki nie są narażone na nadmierny wysiłek), a pozostała część przez stopę. Stopa nie będzie się oczywiście znajdować na jednej prostej pionowej ze środkiem ciężkości całego ciała.

a) Sprawdź, czy w tym przypadku środek ciężkości nogi znajdzie się prawie na jednej prostej pionowej ze środkiem głowy kości udowej C (czyli prawie dokładnie pod tym środkiem).

b) Korzystając z faktu stwierdzonego w punkcie a), oblicz wartości sił \vec{F} i \vec{R} , które działają w tym przypadku, i porównaj je z wartościami obliczonymi w zadaniu 1. Sformułuj odpowiednie wnioski.



Rys. 2

Rozwiązanie

1. Zapisujemy warunki równowagi nogi:

Wartość sumy momentów sił względem punktu C jest równa zero.

$$F \cdot 7 \text{ cm} \cdot \sin 70^\circ + Q_N (10 \text{ cm} - 7 \text{ cm}) - N (18 \text{ cm} - 10 \text{ cm}) = 0$$

$$Q_N = \frac{Q}{7} \quad \text{i} \quad N = Q,$$

więc

$$7 \cdot 0,9397 F + \frac{3Q}{7} - 8Q = 0.$$

Obliczanie sumy momentów sił względem punktu C okazało się wygodne, bo w równaniu występuje tylko jedna niewiadoma F . Jej wartość wynosi:

$$F = \frac{8Q - \frac{3Q}{7}}{7 \cdot 0,9397}$$

$$\underline{F = 1,15 Q.}$$

Aby obliczyć wartość siły \vec{R} , zapisujemy w postaci równań warunek równowagi sił składowych, działających na nogę w kierunku poziomym (x) i pionowym (y).

– w kierunku osi x :

$$F \cos 70^\circ + R_x = 0,$$

stąd

$$R_x = -F \cos 70^\circ = -1,15 Q \cdot 0,3420,$$

$$\underline{R_x = -0,40 Q};$$

– w kierunku osi y:

$$F \sin 70^\circ + R_y + Q - \frac{Q}{7} = 0,$$

stąd

$$R_y = -\frac{6}{7} Q - F \sin 70^\circ,$$

$$R_y = -\frac{6}{7} Q - 1,15 Q \cdot 0,9397,$$

$$\underline{R_y \approx -1,94 Q}.$$

Siła \vec{R} ma taki kierunek i zwrot (co widać na rysunku 1), że obydwie jej współrzędne są ujemne. Wartość siły R obliczamy z jej współrzędnych R_x i R_y :

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad \underline{R = 1,98 Q}.$$

Wartość siły nacisku panewki miednicy na głowę kości udowej jest prawie dwa razy większa od ciężaru całego ciała. Również mięśnie muszą działać na kość udową siłą o większej wartości niż ciężar ciała.

2. a) Suma momentów sił, działających na całe ciało człowieka względem środka ciężkości ciała, ma wartość równą zero. Na podstawie rysunku 2 (temat zadania) zapisujemy:

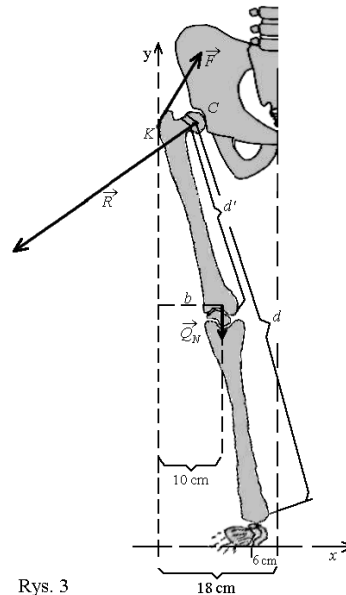
$$\frac{5}{6} Q \cdot l - \frac{1}{6} Q \cdot 30 \text{ cm} = 0,$$

skąd

$$l = 6 \text{ cm}.$$

W celu sprawdzenia, że środek ciężkości nogi oraz punkt C leżą na jednej pionowej prostej rozumiemy następująco: Długość nogi d (rysunek 1 i 2) jest taka sama; jednakowa jest również odległość środka ciężkości nogi od punktu K (d') w przypadku, gdy człowiek podiera się laską oraz gdy jej nie używa. Korzystamy z twierdzenia Talesa (patrz rysunek 3):

$$\frac{d'}{d} = \frac{10}{18} = \frac{5}{9},$$



Rys. 3

$$\frac{d'}{d} = \frac{b}{18\text{cm} - 6\text{cm}} \quad \frac{b}{12\text{cm}} = \frac{5}{9},$$

skąd

$$b = \frac{12 \cdot 5\text{cm}}{9} \quad b = \frac{20}{3}\text{cm} \approx 7\text{cm}.$$

b) Zakładamy, że kąt między wektorem siły \vec{F} a odcinkiem KC zmienił się nieznacznie na skutek innego ustawienia nogi. Postępujemy podobnie jak w rozwiązaniu zadania 1 (teraz zarówno siła \vec{R} , jak i \vec{Q}_N ma moment równy zero).

$$F \cdot 7\text{cm} \cdot \sin 70^\circ - N_2 (18\text{cm} - b - l) = 0,$$

gdzie

$$N_2 = \frac{5}{6}Q, \quad l = 6\text{cm}, \quad b = 7\text{cm}.$$

$$7 \cdot 0,9397F = \frac{5}{6}Q \cdot 5, \quad F = \frac{25Q}{6 \cdot 7 \cdot 0,9397},$$

$$\underline{F \approx 0,63Q}.$$

W warunkach równowagi sumy składowych sił działających w kierunku poziomym i pionowym są równe 0, co pozwala obliczyć składowe R_x i R_y .

$$F \cos 70^\circ + R_x = 0, \quad R_x = -0,63Q \cdot 0,3420,$$

$$R_x \approx -0,22Q.$$

$$F \cdot \sin 70^\circ + R_y + \frac{5}{6}Q - \frac{Q}{7} = 0,$$

$$R_y = -\frac{29}{42}Q - 0,63Q \cdot 0,9397,$$

$$R_y \approx -1,28Q,$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad \underline{R \approx 1,3Q}.$$

Wniosek: Używanie laski (nawet wówczas, gdy podtrzymuje ona niewielką część ciężaru całego ciała) istotnie zmniejsza zarówno siłę wypadkową, jaką działają mięśnie na kość udową, jak i nacisk panewki na głowę tej kości. Dlatego w przypadku schorzeń stawu biodrowego (w tym także podczas rekonwalescencji po operacji) laska pełni ważną funkcję.

Zadania zostały ułożone na podstawie książki: George B. Benedek, Felix M.H. Villars (Massachusetts Institut of Technology), *Physics with illustrative examples from medicine and biology*, Vol 1: *Mechanics*.



Prawo Archimedesesa? – ależ to bardzo proste!

Adam Smólski

I SLO „Bednarska” w Warszawie

Wydawałoby się, że prawo Archimedesesa to jeden z wdzięczniejszych tematów na lekcjach fizyki w gimnazjum. Może zostać odkryte na drodze logicznej analizy bardzo prostych obserwacji, a następnie ilościowo potwierdzone w doświadczeniu. A ile przy tym radości w chlapaniu wodą! Na koniec jeszcze refleksja: o wyprzedzającym epokę geniuszu Archimedesesa i o tym, jak się człowiek dobrze czuje, gdy coś zrozumie... Boż to satysfakcja nie do opowiedzenia – trzeba przeżyć samemu.

Niestety, niektórzy autorzy książek i podręczników postanowili dostarczyć tej satysfakcji po niższej cenie, sprzedając w ładnym opakowaniu karykaturę geniuszu i rozumienia.

I tak np. w podręczniku Dobsona do gimnazjum, na stronie 17, w okienku zatytułowanym – jakżeby inaczej – „Eureka”, czytamy:

Starożytni Grecy byli na pewno ludźmi wyrozumiałymi. Ale widok gołego człowieka biegnącego ulicami miasta i krzyczącego „Znalazłem! Znalazłem!” zaniepokoił pewnie niejednego mieszkańca Syrakuz i zainteresował grupę dzieci, które biegnąc za gołasem wykrzykiwały niecenzuralne słowa.

Ten dziwny człowiek to Archimedes. Był już wtedy znanym uczonym i właśnie rozwiązał bardzo istotny problem fizyczny. Odkrył bowiem prawo, które do dziś nosi jego imię. Legenda głosi, że król zwrócił się do Archimedesesa, by zbadał, czy ofiarowana mu nowa korona wykonana jest z czystego złota, czy też ze stopu złota i srebra. Odpowiedź przyszła mu do głowy, gdy kąpał się w wannie. Opierała się na prostym fakcie, że gdy wchodzisz do wanny z wodą, poziom wody się podnosi. Każdy to wie!

Ale Archimedes nagle zrozumiał, że objętość rozpychanej na boki wody musi być taka sama, jak objętość zanurzanego ciała.

To genialne odkrycie pozwoliło mu na zmierzenie objętości korony. Po zważeniu jej łatwo można wyznaczyć jej gęstość. Jeśli gęstość materiału będzie taka sama, jak gęstość czystego złota, król się ucieszy. Jeśli nie, złotnik znajdzie się w poważnych tarapatkach.

Archimedes stwierdził również, że przedmioty zanurzone w wodzie wydają się znacznie lżejsze.

Dalszy ciąg po paru zdaniach doprowadza do sformułowania prawa Archimedesesa, choć bez uzasadnienia jego słuszności. Czytelnik jednak jest przeświadczony, że to, co genialne, to odkrycie równej objętości ciała i wypartej wody. A dalszy ciąg, to coś, co Archimedes „stwierdził również”. Czy ktoś, kto tak opowiada o prawie Archimedesesa, rozumie, co robi?

Oto zabawna skądinąd książeczka Kjartana Poskitta „Ta zabójcza matma”, z serii „Monstrrrualna Erudycja”, wyd. Egmont, Warszawa 1999. Na str. 10 czytamy:

Eksperyment matematyczny, czyli matematyk w gorącej wodzie kąpany.

Napełnij wannę po sam brzeg.

Ostrożnie wejdź do niej.

Położ się powoli tak, abyś lekko unosił się w wodzie.

I co się dzieje? Woda, która przelała się na podłogę, ma taką samą objętość, jak twoje zanurzone ciało!

Kiedy ktoś popuka się w czoło, wyjaśnij, że sprawdzasz prawdziwość prawa Archimedesesa – a był to jeden z największych matematyków wszech czasów!

Popukamy się w czoło tak czy siak.

Oto fragment serwisu edukacyjnego „Eduseek”

<http://www.eduseek.ids.pl/artykuly/artikul/ida/1360/>

NATCHNIENIE W WANNIE

Wanna pełna ciepłej wody to cudowne miejsce odpoczynku, ale nie tylko. Doskonale nadaje się też do spokojnych rozważań o tajemnicach życia. Bywa, że w kąpieli przychodzą do głowy najśmielsze pomysły! Podobno około roku 200 przed naszą erą Grek Archimedes spostrzegł w kąpieli, że kiedy się zanurza, podnosi się poziom wody w wannie. Zastanowiło go, iż ciało stałe – jego ciało – wywołuje taki skutek. W górę przemieściła się ilość wody odpowiadająca objętości jego ciała, jak gdyby robiąc mu w ten sposób miejsce. W owym momencie – jak mówi ta opowieść – Archimedes zrozumiał, że dokonał odkrycia. Krzyknął "Eureka", czyli "znalazłem", wyskoczył z wanny i nagi wybiegł na ulicę. Nie wiadomo, dokąd tak gnał, lecz pewne jest, że pędził za nim osłupiały sługa.

Jaki był powód tak niecodziennego zachowania sławnego potem Greka? Podobno ówczesny władca zwrócił się do Archimedesesa z trudnym zadaniem. Czuł się oszukany przez złotnika, który zrobił mu nową koronę. Archimedes miał stwierdzić, czy pod lśniącem złotem wspaniałej ciężkiej korony jest ten sam cenny kruszec, czy też kryje się pospolity ołów. Archimedes wiedział, że z dwóch bryłek takiej samej wagi – jednej z ołowiu, drugiej zaś ze złota – ołowiana była zdecydowanie większa. Można by zatem najpierw zmierzyć wielkość korony. Łatwo powiedzieć, ale jak to zrobić z przedmiotem tak misternie rzeźbionym?

Eureka!

Wówczas to doświadczenie z kąpieli podpowiedziało mu rozwiązanie zagadki. Wystarczy włożyć koronę do wody i zmierzyć, o ile podniesie się poziom wody. Sprytny Archimedes wziął zatem bryłkę czystego złota, która ważyła tyle co korona, i zanurzył ją w wodzie. Jeśli korona jest cała z najcenniejszego kruszcu – myślał – powinna wyprzeć ku górze tyle samo wody, ile wyparła zanurzona w wodzie bryłka złota. Jeśli zaś złotnik oszukał władcę, wypartej wody będzie znacznie więcej. Gdyby nie ten wspaniały pomysł, władca nigdy nie poznałby prawdy. Musiałby po-

godzić się z niepewnością lub zniszczyć koronę, by zobaczyć, co jest w środku. Archimedes odkrył więc dokładną metodę badania metali, przydatną nie tylko władcy, ale i kupcom. Zwłaszcza że można się nią posługiwać także w innych sytuacjach, np. by poznać ładowność statku.

Na szczęście nikt tu nie sugeruje, że mowa jest o prawie Archimedesesa. Zapewnia się nas za to, że zawartość serwisu została sprawdzona pod względem metodycznym. Czyli ktoś się wykapał.

Poczytać Państwu jeszcze? Może z jednej już tylko książki, skądinąd bardzo udanej, poza może następującym fragmentem:

Najsłynniejsza anegdota [o Archimedesie – przyp. A. S.] wiąże się z wiekopomnym prawem z dziedziny hydrostatyki. Opisał ją dokładnie rzymski autor Witruwiusz: „Hieron, król Syrakuz, postanowił złożyć w pewnej świątyni złotą koronę jako ofiarę nieśmiertelnym bogom. Zawarł kontrakt na zrobienie jej za ustaloną cenę i dokładnie odważył złotnikowi potrzebną ilość złota [...] oskarżono złotnika, że wykonując koronę ukraść część złota, dodając zamiast niego srebra. Hieron, wściekły, że być może został oszukany, zażądał, aby Archimedes zastanowił się nad tą sprawą. Ten, rozmyślając o całej historii, udał się do łaźni i wchodząc do wanny zauważył, że im bardziej jego ciało zanurza się w wodzie, tym więcej wody wylewa się z wanny. [...] uniesiony radością wyskoczył z wanny i pobiegł nagi do domu wołając gromkim głosem: heureka, heureka”.

Później, mając już metodę, przygotował Archimedes dwa ciała: jedno ze srebra, a drugie ze złota, o tym samym ciężarze, co korona, i zaobserwował, ile wody wypiera każde. Ilość wody wypartej przez koronę była większa od ilości wody wypartej przez próbkę złota, a mniejsza od ilości wody wypartej przez próbkę srebra. Tym samym uzyskał dowód na oszustwo rzemieślnika. Pełny dowód swojego prawa umieścił Archimedes w dziele *O ciałach pływających*.

To urywek z książki A. Drzewińskiego i J. Wojtkiewicza *Opowieści z historii fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001. Dalszy tekst zawiera, owszem, wyjaśnienie rzeczywistego prawa Archimedesesa, jednak nie jest ono wyraźnie sformułowane. Czytelnik, nie znający fizyki, znowu wnioskuje: aha, prawo Archimedesesa, „im bardziej ciało zanurza się w wodzie, tym więcej wody wylewa się z wanny”, no tak, toż to bardzo proste. Ponawiam pytanie: czy ktoś, kto tak opowiada laikom o prawie Archimedesesa, jak autorzy *Opowieści z historii fizyki*, rozumie, co robi? To ma być popularyzacja?

Z wyobrażaniem sobie odkrycia Archimedesesa w taki sposób (że ciało wypiera tyle wody, ile zmieściłoby się w jego objętości) spotkałem się u wielu osób, niekoniecznie czytelników cytowanych wyżej książek. Mam swoją teorię, skąd się u ludzi bierze kojarzenie prawa Archimedesesa z tym dość banalnym faktem. Zapewne to jest coś, co ludzie po prostu ROZUMIEJĄ, w odróżnieniu od faktycznego prawa Archimedesesa, którego ich uczono, ale go nie zrozumieli. W sumie to nawet powinno być dla nas źródłem otuchy – zrozumienie jest tu początkiem trwałej wiedzy.

Niewykluczone także, że powodem zamieszania jest cała ta anegdota o królu i koronie. Trudno po nią nie sięgać, jest przecież wspaniała, choć zapewne daleka

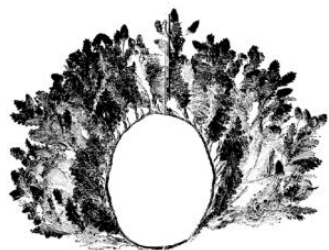
od faktycznych wydarzeń. A jak już zaczniemy kombinować, jakby tu sobie z tą koroną poradzić, pierwsze, co się narzuca, to zmierzyć objętość przez zanurzenie w naczyniu. My rozumiemy, uczniowie rozumieją, pełen sukces. Nie szkodzi, że nie ma to wiele wspólnego z prawem Archimedesesa, o którym miała być lekcja.

Tylko że to bzdura.

Tak się nie da zmierzyć objętości z dokładnością, która byłaby w tym wypadku do zaakceptowania. Korona, zwłaszcza taka, o jaką mogło chodzić królowi Hieronowi, to przedmiot o dużych rozmiarach, ale raczej o niewielkiej objętości użytego metalu. Zanurzanie jej w naczyniu dostatecznie dużym, aby się zmieściła, spowoduje podniesienie poziomu wody w stopniu znikomym, nie do zmierzenia (menisk!). Przelewanie okazuje się równie niedokładne. Jeśli zamiarem było wykrycie paroprotentowego fałszerstwa, ta metoda w ogóle nie wchodziła w grę.

Zwraca na to uwagę Chris Rorres na świetnej stronie [www poświęconej Archimedesowi: http://www.mcs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/contents.html](http://www.mcs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/contents.html)

Można tam znaleźć zdjęcia złotych greckich koron, jakie zachowały się do naszych czasów. Były to raczej misternie kute wieńce niż korony o typowym kształcie. Wkładano je na głowy posągów, nie żywych ludzi, tak więc Hieron pewnie zamawiał koronę na głowę jakiegoś bóstwa. Zdjęcie poniżej, wyjęte ze wspomnianej strony [www](http://www.mcs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/contents.html), przedstawia koronę z miejscowości Vergina w Macedonii z IV wieku przed Chrystusem. Jest to największa znana złota korona z tamtych czasów, o masie 714 g i średnicy 18,5 cm.



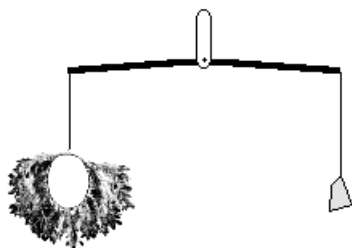
Chris Rorres przeprowadza rachunek, który każdy może z łatwością zrobić sam, zrobmy go więc i my: taka korona ma objętość około 37 cm^3 , zanurzana w naczyniu o średnicy 20 cm spowodowałaby podniesienie się poziomu wody o około 1,2 mm. Jeżeli do złota domieszono by srebra stanowiącego 20% masy korony, zajmowałaby ona około 43 cm^3 , powodując podniesienie poziomu wody o niecałe 1,4 mm. Różnica jest

mniejsza niż oczywisty błąd odczytu (menisk!). Proponuję zresztą przekonać się, przeprowadzając samemu podobny eksperyment.

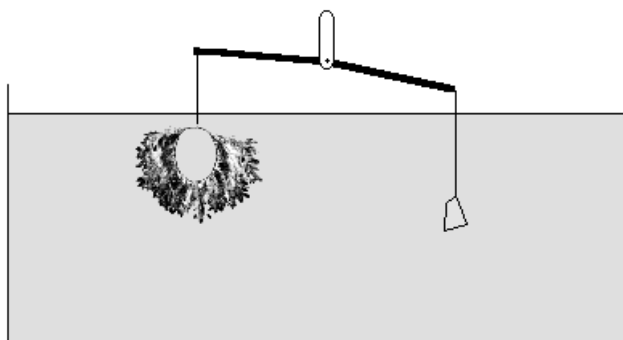
Tych wszystkich, którzy tak sobie dotąd wyobrażali metodę Archimedesesa, mogą pocieszyć, że mają nie byle jakich poprzedników. Autorem pomysłu z zanurzeniem i mierzaniem, ile się wyleje, jest zapewne wspomniany Witruwiusz, rzymski architekt i inżynier z czasów Oktawiana Augusta, postać ze wszech miar wybitna. Historyjkę, której początek cytowałem z książki A. Drzewińskiego i J. Wojtkiewicza, Witruwiusz opowiedział w IX księdze swego głównego dzieła *De architectura*. Dalszy ciąg historyjki i szczegóły pomiaru – Archimedes wrzuca (sic!) bryłkę złota do naczynia, żeby woda się przelała, po czym dopełnia naczynie wodą z pojemnika służącego jako miara objętości – świadczą raczej o wymyśleniu wszystkiego „przy biurku”. Zapewne Witruwiuszowi także wystarczyło, że ROZUMIE.

Wątpliwości musiały narodzić się wcześniej, bo poemat *Carmen de ponderibus et mensuris* z ok. 500 roku próbuje w inny sposób odtworzyć metodę Archimidesa. Można tu tylko snuć różne domysły, bo w dziełach Archimidesa brak jakichkolwiek śladów anegdoty.

Cóż jednak byłoby w zgodzie z naszą wiedzą o tym mędrцу? Coś zarazem prostego i genialnego: oczywiście trzeba koronę ZWAŻYĆ w powietrzu i w wodzie. Najprostsza wersja takiego doświadczenia nie wymaga nawet odważników. Należy na dwuramiennej wadze zrównoważyć koronę odpowiednią ilością czystego złota:



a następnie zanurzyć wszystko w wodzie:



Jeśli korona jest sfalszowana, czyste złoto przeważy. Przy danych z naszych poprzednich obliczeń różnica ciężarów w wodzie wyniosłaby ok. 0,06 N – wielkość z dużym zapasem mieszcząca się w zakresie dokładności nawet prymitywnych wag.

Zauważmy, że masa złota nie musi dokładnie być równa masie korony – zrównoważenie wagi w powietrzu możemy osiągnąć przesuwaniem punktów zaczepienia nitki, ramiona wagi nie muszą być jednakowe. Prawda, że genialne?

Na zdjęciu pokazuję podobne doświadczenie w wersji mini (potrzebne do doświadczenia kieliszki uczniowie przynoszą z domu). Ważone są kawałki drutu ze stali i z mosiądzu.



Jeśli na taki właśnie pomysł wpadł Archimedes podczas kąpieli, jasne się staje, że „po drodze” sformułował swoje prawo.

A JAK TO BYŁO NAPRAWDĘ?

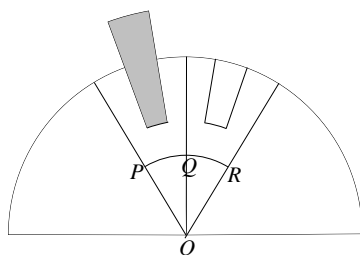
Jak powiedziałem, próżno by szukać w dziełach Archimedesu śladów jakiejś burzliwej historii jego odkryć, bo też i dzisiaj nikt w naukowym czasopiśmie nie zdradza, czy rozwiązanie znalazł w łazience, czy przy kuflu piwa. Prace Archimedesu utrzymane są w euklidesowej konwencji logicznego wywodu: twierdzenie, dowód, twierdzenie, dowód itd. Nie ma tu miejsca na anegdoty...

Swoje prawo Archimedes wyprowadził w pierwszej księdze dwuczęściowego dzieła *O ciałach pływających*, zachowanego jedynie w przekładzie łacińskim. Prześledźmy jego rozumowanie, mając na widoku naszą, jak na razie nieudaną, szkolną lekcję.

(Korzystam z wydania po angielsku dzieł wszystkich Archimedesu, w opracowaniu T. L. Heatha, Dover Publications Inc., New York 1912).

Już początkowe twierdzenie Archimedesu jest szokujące: „Powierzchnia jakiegokolwiek cieczy jest powierzchnią sfery, której środek jest identyczny ze środkiem Ziemi”. Całe dalsze rozumowanie będzie prowadzone w ramach tego modelu. Czemu Archimedes nie stosuje przybliżenia, jak powiedzielibyśmy dzisiaj, „jednorodnego pola grawitacyjnego”? Nie umiem odpowiedzieć, poza żartobliwym przypuszczeniem, że... zwyciężył w nim matematyk.

Kluczowe jest twierdzenie następne, które głosi, że ciało o tej samej gęstości co ciecz, będzie się w niej unosić, ani nie wypływając, ani nie tonąc. Wyjaśnieniem jest rysunek:

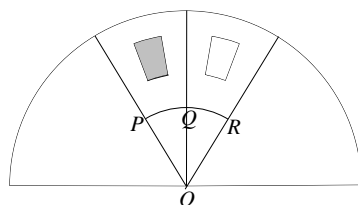


Załóżmy, że ciało pływa, wystając z cieczy. Archimedes dzieli w wyobraźni przestrzeń cieczy na dwie połowy. Ciało pływa w jednej połowie (rysunek). W drugiej połowie wydzielamy w wyobraźni część cieczy będącą jakby repliką zanurzonej części ciała. Poniżej rozpatrujemy sferyczną powierzchnię PQR . Jeżeli ciecz jest w spoczynku, parcie na PQ musi być takie samo jak parcie na QR . To jednak nie zachodziłoby, gdyby ciało wystawało z cieczy – ciało waży więcej niż jego „replika” w drugiej połowie.

Dlaczego nie tonie? Tu argumentacja jest zdawkowa. Chodzi, domyślam się, o to, że jeśli na rysunku takim jak powyżej ciało nie wystaje z cieczy, to równowaga jest osiągnięta i nic się nie musi zmieniać (my wiemy, że ciało pchnięte w dół jednak opadłoby na dno).

Następne twierdzenie: „Ciało lżejsze niż ciecz” – chodzi oczywiście o gęstość – „nie będzie, jeśli je zanurzyć, całkowicie zatopione, ale część jego będzie wystawać ponad powierzchnię”.

Właściwie do dowodu mógłby służyć ten sam rysunek, ale Archimedes wyraźnie preferuje rozumowania *ad absurdum*, robi więc rysunek następujący:



Znowu ciało i jego „replika” z samej cieczy. Gdyby było zanurzone całkowicie, równość nacisków na PQ i QR nie byłaby możliwa.

Kolejne twierdzenie, w którym po raz pierwszy pojawia się termin „ciecz wyparta”: „Ciało lżejsze od cieczy pływa zanurzając się na tyle, by ciężar wypartej cieczy był taki, jak ciężar ciała”. Przez „ciecz wypartą” rozumie się oczywiście ciecz zajmująca taką samą objętość jak zanurzona część ciała. Żadnego przelewania się przez brzegi wanny! Dowód prowadzony jest znowu na podstawie rysunku pierwszego i idea jest wciąż ta sama: naciski na PQ i QR są równe. Chyba już widać metodę: na ciało w równowadze otaczająca ciecz działa tak samo jak na „replikę” (zanurzonej części) z samej cieczy.

Koncepcja siły działającej ze strony cieczy na ciało pojawia się w następnym twierdzeniu: ciało lżejsze od cieczy, zmuszone do całkowitego zanurzenia, będzie wypychane siłą równą różnicy ciężaru wypartej cieczy i ciężaru ciała. Tu Archimedes „dociąża” ciało z góry balastem równym wspomnianej różnicy. Wtedy ciało utrzymuje się tuż pod powierzchnią, tak że dodany balast wystaje. Balast równoważy działanie cieczy – intuicja trzeciej zasady całkiem wyraźna.

I teraz następuje twierdzenie, w którym prawo Archimedes’a zostaje ostatecznie sformułowane. To historyczna chwila, zacytujmy je wiernie:

„Ciało cięższe od cieczy, jeśli się je zanurzy, będzie opadać na dno, a związane w cieczy okaże się lżejsze niż jego prawdziwy ciężar o ciężar cieczy wypartej”.

Dowód przeprowadzony jest tak, by powołać się na wcześniej udowodnione twierdzenia. W tym celu Archimedes obok rozpatrywanego ciała A o ciężarze $G + H$, gdzie G jest ciężarem wypartej przez ciecz, każe wyobrazić sobie ciało B o ciężarze G i takie, by ciecz o objętości ciała B ważyła $G + H$. Wtedy łącznie A i B mają ciężar taki sam jak ciecz przez oba wyparta. Zatem A i B połączone będą unosić się bez wypływania ani tonięcia. Ciężar A w cieczy jest taki jak siła pchająca samo B do góry: $(G + H) - G = H$, c.b.d.o.¹

Zawile? Tak, choć oczywiście można by to uprościć, przyjmując model „płaskiej Ziemi”. Ciągle jednak nie jest to odpowiednie na lekcję w przeciętnej klasie. Spróbujmy zatem wydobyć z rozumowania Archimedes’a tylko kluczowy pomysł. To chyba pomysł, by rozpatrywać „replikę” zanurzonej części ciała – z samej cieczy. Ciało i ta „replika” doznają takiego samego oddziaływania ze strony reszty cieczy. To oddziaływanie nazywamy siłą wyporu. W przypadku „repliki” ma ona wartość równą ciężarowi „repliki”, czyli ciężarowi wypartej cieczy. W przypadku ciała zatem tyle samo.

To rozumowanie wypadałoby wesprzeć rysunkami, a i tak wymaga ono, od ucznia, sporej koncentracji. Może dlatego tradycyjna szkolna metoda polega na rozpatrywaniu ciała w kształcie prostopadłościanu itd., z późniejszym uogólnieniem na zasadzie „machania rękami”. Jako uczeń odbierałem takie uogólnienia jak oszustwo. Pod tym względem rozumowanie podane przed chwilą (szeroko znane, ja usłyszałem je przed laty na wykładzie W. Gorzkowskiego) nie ma wady. Poza tym jest naprawdę prostsze. Uczeń, który dostrzeże tę prostotę, ma zagwarantowane niezapomniane przeżycie intelektualne (jak Państwo widzą, pamiętam, wręcz mam w oczach tamten wykład).

No a co począć z anegdotą o królu Hieronie? Przerobić! Propozycją takiej przeróbki jest przedstawienie „Korona króla Hierona”, przygotowane przeze mnie wspólnie z uczniami pierwszych klas gimnazjum (I Społeczne Gimnazjum i Liceum Ogólnokształcące im. Jam Sacheba Digvijajsinhji w Warszawie, w skrócie „Bednarska”) na wiosnę 2001 roku. Wystawiliśmy je potem na I Ogólnopolskim Przeglądzie Teatrów Szkół Niepublicznych w Szczecinie. Zdjęcia ze spektaklu i tekst sztuki dostępne są na stronie www.wsip.com.pl/serwisy/czasfiz/

Od Redakcji:

Pan Artur Ludwikowski z Gdańska (współautor wspomnianego w tym zeszycie *Fotonu* podręcznika dla gimnazjum), autor nagrodzonej przez PTF – Sekcja Nauczycielska lekcji pokazowej (Kraków 2000), również prezentuje poprawne i stosowne „przedstawienie dla uczniów gimnazjum”.

¹ Zwróćmy uwagę na kapitalne wykorzystanie symetrii między przypadkami ciała „cięższego” i „lżejszego” od cieczy. Można sądzić, że powodem wyboru takiej właśnie metody jest matematyczna estetyka dowodu.

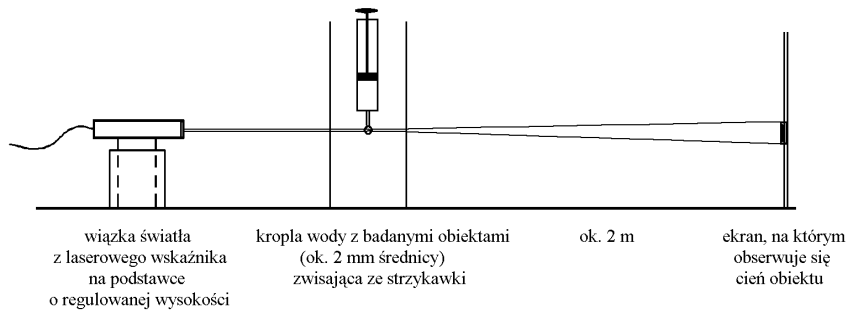


Projektor Planinsica

Zofia Gołab-Meyer

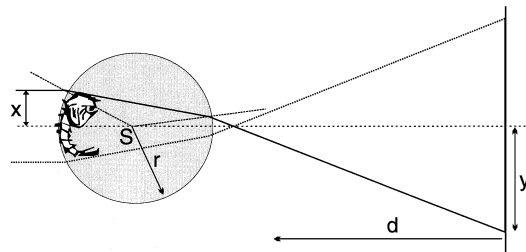
Obserwacje pod mikroskopem życia w kropli wody są fascynujące. Trzeba jednak mieć mikroskop. Przy braku mikroskopu można w niezwykle prostej demonstracji pokazać florę i faunę wody z sadzawki w projekcji cieniowej. Soczewką powiększającą cień jest sama kropla wody, w której znajdują się obserwowane objekty.

Doświadczenie zaproponował Gorazd Planinsic z Uniwersytetu w Lublanie i opublikował w *The Physics Teacher* 39, Feb. 2001, str. 20. W artykule G. Planinsica znajdują Państwo, między innymi, zdjęcia przykładowych obiektów, wyprowadzenia wzorów na powiększenie obrazu (cienia). Schemat układu doświadczalnego jest niezwykle prosty.



Gorazd Planinsic mocuje wskaźnik laserowy (patrz zdjęcie w *Czytamy po angielsku*) taśmą klejącą do wysuwanej części obudowy np. dezodorantu lub kleju. Chodzi o to, by mieć możliwość precyzyjnego nacelowania wiązki światła na kroplę wody. Strzykawkę można przymocować do statywu zrobionego z klocków lego.

Mechanizm powstawania cienia na ekranie ilustruje poniższy schemat:



Więcej szczegółów dotyczących eksperymentu można znaleźć w oryginalnym artykule autora. Załączamy przykładowy obraz larwy komara (*Anopheles species*) (na ekranie 1 m × 1 m) z artykułu Planinsica.



CZYTAMY PO ANGIELSKU

Water-Drop Projector

Gorazd Planinsic

Department of Physics

University of Ljubljana, Slovenia

gorazd.planinsic@fiz.uni-lj.si

Experiment

To collect your sample, fill a syringe with water from a pond or large puddle with a lot of decaying plants. If you live at the coast, use seawater. Try to catch some very small animals (0.2 mm to 0.5 mm) that move around in the water. Many of them are found close to the bottom of the pond.

Fix the syringe on a holder (Lego blocks or a piece of wood works well) using adhesive tape as shown in Figure below.

For a light source, fix a laser pointer on a vertical positioner. An empty stick-deodorant container will do, as shown in Fig. 1. To create your lens, carefully push the syringe piston until a water drop (about 2 mm in diameter) is formed at the end of the nozzle.

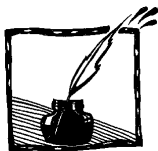


The Physics Teacher, Vol. **39**, February 2001

Dictionary:

syringe – strzykawka

holder – uchwyt



Testy pseudokompetencji z przedmiotów przyrodniczych dla uczniów gimnazjum

Jadwiga Salach

W roku 2000 ukazały się wydane przez Wydawnictwo „Bimart” w Wałbrzychu „Testy kompetencji dla uczniów I i II klasy gimnazjum” z różnych przedmiotów, między innymi z przedmiotów matematyczno-przyrodniczych. Zeszyt zawiera 22 testy po 40 pytań każdy, razem 880 pytań. We wstępie czytamy, że autorzy (jest ich dwadzieścioro czworo) to doświadczeni nauczyciele, metodycy i konsultanci, od lat pracujący nad udoskonalaniem systemu sprawdzania osiągnięć ucznia. Nie wiadomo, jaki procent autorów stanowili matematycy, a jaki specjaliści od przedmiotów przyrodniczych.

Wbrew podtytułowi („Przedmioty matematyczno-przyrodnicze”) są to prawie same pytania z matematyki. Pytań z fizyki jest w całym zeszycie około 30 (a więc niewiele ponad 3%), z geografii kilka (dotyczą one obliczania odległości między miastami na podstawie znanej skali mapy, a więc mają także charakter matematyczny), z biologii zauważyłam 3 pytania w teście 4, wymagają one jedynie pamięciowej wiedzy (gatunki i gromady zwierząt), z chemii zero. Jest wprawdzie kilka pytań dotyczących stężeń roztworów (np. pytanie 36 w teście 7), ale sprawdza się w nich wyłącznie umiejętność obliczania procentów. Chyba autorzy nie sądzą, że pytanie 35 w teście 7, którego celem jest sprawdzenie prymitywnej umiejętności odczytania informacji z wykresu, jest pytaniem z chemii. Podobnie pytanie 1 (test 5), w którym wymaga się obliczenia, o ile masa Księżyca jest mniejsza od masy Ziemi, gdy obie te masy są podane – to chyba nie jest pytanie z astronomii!

Być może nie w pełni rozumiem ideę reformy w zakresie sposobu badania osiągnięć uczniów, chociaż gdzieś czytałam, że pytania w dobrym sprawdzianie nie mają na celu badać wiedzy z danego przedmiotu, tylko umiejętności (kompetencje). Wydaje się jednak, że mają to być **umiejętności posługiwania się wiedzą**, więc jak można je badać bez równoczesnego sprawdzania posiadania wiedzy? Czy można umieć posługiwać się wiedzą, nie mając jej? Weźmy na przykład pod uwagę „ambitne” pytanie 9 w teście 18: „Ile razy szybciej porusza się mrówka od ślimaka?”. W tabelce obok pytania podane są „prędkości poruszania się na lądzie w km/h” ślimaka, mrówki i jelenia. Bardzo chciałabym wiedzieć, jakie kompetencje, według autorów testów, bada to pytanie. Czy są to kompetencje posługiwania się wiedzą z zakresu fizyki (prędkość), biologii (ślimak, mrówka), czy matematyki (ile razy...)? Chyba każdy, kto posiada zdrowy rozsądek, stwierdzi, że celem tego pytania jest wyłącznie sprawdzenie, czy uczeń wie, jak oblicza się, ile razy jedna liczba jest większa od drugiej. Czynność dzielenia 0,03 przez 0,007 wykona za niego kalkulator.

Fizyków oczywiście najbardziej interesują pytania z fizyki. Jeśli mają to być pytania na poziomie uczniów I i II klasy gimnazjum, to tylko trzy są udane. Są to: 39 (w teście 8) i 25 (w teście 11), z tym że w tym drugim są dwie odpowiedzi poprawne (A i E), podczas gdy autorzy wskazują tylko A; jest to wyraźny pech, bo trzeba przyznać, że pomyłek w odpowiedziach jest bardzo mało (z zastrzeżeniem, że czytelnik ma dobrą wolę i domyśla się, o co autorom chodziło). Pomyłki w odpowiedziach zdarzają się zupełnie wyjątkowo. Trzecie niezłe pytanie to 40 (w teście 15), z tym że na osi pionowej powinno być napisane „wartość prędkości”.

Z żalem muszę stwierdzić, że w żadnym z zadań **nie zapytano ani raz o wyjaśnienie jakiegokolwiek zjawiska przyrodniczego**. Tematyka zadań z fizyki ogranicza się do ruchu jednostajnego i pojęcia gęstości. Wynikałoby z tego, że uczniowie przez dwa lata nauki w gimnazjum nie powinni się niczego nauczyć o zjawiskach przyrody. Są wprawdzie dwa bardziej ambitne pytania (19 i 20 w teście 1), ale niestety zupełnie błędne. Chodzi tutaj o spadochroniarza, który dopiero po kilku sekundach spadania otworzył spadochron. Z danych w tabeli wynika, że spadał on przez pierwsze trzy sekundy ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem o wartości 8 m/s^2 – nie było to więc spadanie swobodne, jak stwierdza się w temacie. Trudno się domyślić, dlaczego dobrano taką właśnie wartość przyspieszenia. Gdyby uwzględnić siłę oporu powietrza (spadanie nie byłoby wówczas swobodne), to zmienna siła oporu spowodowałaby, po złożeniu z siłą grawitacji, ruch niejednostajnie przyspieszony. Jak łatwo obliczyć, przyspieszenie o wartości 8 m/s^2 miałyby ciało spadające swobodnie w odległości około 700 km od powierzchni Ziemi, ale tam już nie latają samoloty, a i spadochron na nic by się nie zdał. Pytanie 20 brzmi: „Jaka była **maksymalna** prędkość spadania?” (a powinno brzmieć: Ile wynosiła maksymalna wartość prędkości spadania? – ale nie o to w tym przypadku chodzi). Z danych w tabeli wynika, że spadochroniarz miał prędkość o maksymalnej wartości w chwili $t = 3 \text{ s}$ i wartość ta wynosiła $v = at = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

lub też $v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 36 \text{ m}} = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, ale takiej odpowiedzi nie ma! Jako poprawna wskazana jest odpowiedź $12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, co stanowi szybkość **średnią** podczas pierwszych trzech sekund ruchu.

W pytaniu 31 (test 1) narysowano wykres zależności objętości pewnej masy wody od temperatury w zakresie temperatur od 0°C do 9°C . Pytanie brzmi: „O ile zwiększyła się objętość wody w temperaturze 9°C w stosunku do temperatury początkowej?”. Można się tylko domyślać, o co autorom chodziło, bo zawiodła ich – niestety – umiejętność poprawnego formułowania pytań. Przecież objętość wody nie wzrosła w 9°C ! I co właściwie mamy obliczyć czy też odczytać z wykresu? ΔV w stosunku do temperatury początkowej, tzn. podzielić przyrost objętości przez 0°C ??

Oto treść zadania otwartego 38 w teście 1: „1 gram tłuszczu = 9 kcal. 50 g szynki wołowej zawiera 2,5 g tłuszczu. Ile kcal jest w 100 g szynki?”. Czy to jest właś-

nie przykład tego „swobodnego” języka, jaki niektórzy chcieliby wprowadzić do nauczania szkolnego? Według mnie jest to żargon niedopuszczalny w pytaniach egzaminacyjnych. Pytanie to sugeruje przekonanie, że: 1) masa = ilość ciepła, 2) w szynce znajduje się ciepło. Inny przykład slangowego języka to: „Ile jest równy rachunek za zużycie...” (pytanie 40, test 5). W pytaniach z fizyki pojęcie „masa” ciągle miesza się z pojęciem „waga”. Owszem, waga jest pojęciem fizycznym, ale oznacza ono przyrząd do wyznaczania masy, więc wagi nie sposób wyrazić w kilogramach (zadanie 7, test 3: „Podaj wagę w kilogramach...”). Niekiedy w kilogramach wyraża się tutaj także ciężar (pytanie 36, test 9).

Gdy mowa o ruchu jednostajnym, nagminnie utożsamia się przebytą drogę z odległością, podczas gdy w żadnym z omawianych przypadków nie można zakładać, że ciała poruszały się po liniach prostych. W pytaniach 26–28 testu 2 używa się nazw „odległość drogowa” i „odległość kolejowa”. Matematycy! Czy naprawdę nie zależy Wam, żeby Wasi uczniowie po ukończeniu gimnazjum wiedzieli (i rozumieli), co to jest odległość dwóch punktów?

Zadania z matematyki wydają mi się dobre i ciekawe, chociaż zdziwiłam się, czytając w jednym miejscu: „krawędź wynosi 5 cm”, a kawałek dalej: „suma długości wszystkich krawędzi wynosi...” (wszystko w teście 1). Używa się też nazwy: „równanie funkcji”, której nigdy nie słyszałam, ale może jestem „do tyłu”; kompetentnie mogą się na ten temat wypowiedzieć matematycy. Nagminnie jest oczywiście zapisywanie wartości liczbowych długości, powierzchni, objętości, a nawet czasu bez jednostek, ale do tego już jesteśmy przyzwyczajeni od dawna.

Wydane przez „Bimart” testy trafiły zapewne do szerokich rzesz uczniów. Czy będą oni mieć właściwe wyobrażenie o czekającym ich egzaminie z przedmiotów przyrodniczych? Czy testy te umotywiają ich do rzetelnego przygotowania się z tych przedmiotów?



LIST DO REDAKCJI

Cytujemy fragment otrzymanego listu od Pani Redaktor Joanny Koteckiej z Wydawnictwa „Nowa Era”.

Z dużym zainteresowaniem przeczytaliśmy artykuł «Fizyka i astronomia dla gimnazjum. Wydawnictwo „Nowa Era”» zamieszczony w gwiazdkowym numerze *Fotonu* 71. W świetle reformy system edukacji jest to temat niezwykle istotny dla wszystkich społeczności szkolnych: nauczycieli oraz uczniów i nierzadko – ich rodziców.

Mieliśmy wcześniej okazję poznać uwagi Pana Waldemara Reńdy. Wszystkie słuszne zostały uwzględnione w trzecim wydaniu podręcznika (Warszawa 2001). Będziemy zobowiązani, jeśli zamieszczą Państwo również komentarz naszego wydawnictwa, ponieważ nie zgadzamy się z większością sugestii Pana Reńdy.

Od Redakcji: Postaramy się umieścić cały list na stronie internetowej.



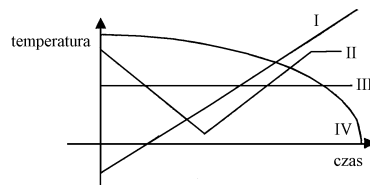
Niepoprawne zadanie

Test próbny dla gimnazjalistów

Zofia Gołąb-Meyer

W opublikowanych przez *Gazetę Wyborczą* (17 października 2001) próbnych testach matematyczno-przyrodniczych dla uczniów gimnazjum znalazło się zadanie z fizyki (nr 8):

W szklance znajduje się woda o temperaturze pokojowej. Wrzucono do niej kawałki topniejącego lodu. Od tej chwili co dwie minuty mieszano zawartość szklanki i mierzono temperaturę wody aż do jej ustalenia się. Który szkic wykresu może ilustrować zmiany temperatury wody w szklance?

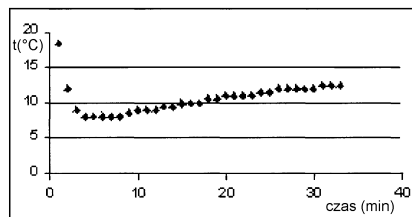
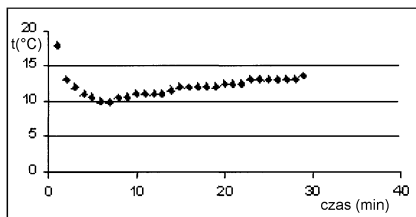


A. I B. II C. III D. IV

W temacie zadania opisana jest bardzo konkretna i znana uczniom sytuacja – wrzucenie lodu do szklanki cieczy. Również procedura pomiarowa – mieszanie i pomiar temperatury co dwie minuty – jest jasna i zrozumiała dla gimnazjalistów.

Wynikiem pomiarów są dane doświadczalne, zwykle zapisywane w tabelce i nanoszone następnie na wykres (tu zależność temperatury cieczy od czasu). W czasie lekcji fizyki uczniowie praktykują różne pomiary, ich zapis i prezentację. Klądzie się akcent na to, żeby zawsze danym przypisywać jednostki.

Poniżej przedstawiono dane doświadczalne uzyskane przez Adama Smólskiego dla dwóch różnych przypadków.



Jak widać, żadna odpowiedź nie jest poprawna. Prawdziwe dane zebrane przez A. Smólskiego nie przypominają rzekomo poprawnej odpowiedzi (łamana II, odp. B). Nawet symboliczna i niedbale narysowana krzywa nie powinna być symetryczna ani mieć ostrych kantów!

Autorzy zadania dokonali nadużycia, pisali o bardzo konkretnym eksperymencie i pomiarze – a sami nie wykonali tego pomiaru, posłużyli się swoją kiepską wyobraźnią. Feynman opisuje podobny przypadek w swoich wspomnieniach z Brazylii. Szkoda zadania, bo można je było łatwo uratować:

- a) albo wyrzucić wykresy i werbalnie zapytać o przebieg zależności temperatury od czasu;
- b) albo zaproponować poprawne wykresy (skala, dyskretne punkty).

Opisane zadanie to nie jest przykład zwykłej pomyłki czy błędu. To obraz nowej tendencji w układaniu zadań. Efektem nowej mody są błędy merytoryczne i dydaktyczne. Testy wyboru wymyślono nie po to, by lepiej badać wiadomości uczniów, lecz po to, by ułatwić życie komisjom egzaminacyjnym. Czy naprawdę nie jest humorystyczne pytanie gimnazjalisty, czy po wrzuceniu lodu do szklanki wody temperatura tej wody przypadkiem się nie podniesie? To przypomina pytanie „czy twój ojciec jest od ciebie starszy, młodszy, czy w równym wieku?”.

Nauczyciele zwrócili uwagę na to, że w podstawie programowej dla gimnazjum nie figurują przemiany fazowe. Jest to duże niedopatrzenie. Można mieć nadzieję, że większość nauczycieli pomimo to omawia ten temat z uczniami.

Prawdą jest, iż trudno jest ułożyć ciekawe i poprawne zadanie, lecz przecież sztab ludzi pracuje nad tym od dłuższego czasu.



ERRATA

Do artykułu pana Waldemara Reńdy *O ciężarze ciał w Fotonie 74* (str. 39) wkradły się błędy redaktorskie:

błędnie podano wartość przyspieszenia dośrodkowego związanego z ruchem orbitalnym Ziemi. Wartość ta to **0,0059 m/s²**, a nie 0,059 m/s² jak zostało wydrukowane. Wyżej zaś powinno być: „**Na biegunie: a_{graw} = g = 9,8322 m/s²**”.



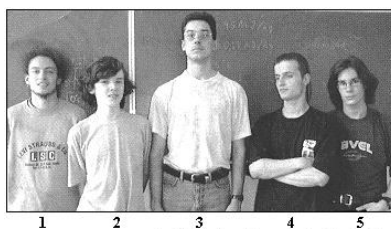
KRONIKA I

XXXII Międzynarodowa Olimpiada Fizyczna

Andrzej Tomasz Görlich

Od Redakcji:

Andrzej Tomasz Görlich (nr 5 na zdjęciu), absolwent V LO im. A. Witkowskiego w Krakowie, uczęszczał do klasy uniwersyteckiej, w której zarówno fizyka jak i matematyka były i są wykładane przez pracowników UJ. A. Görlich był uczniem dr J. Muchy. Dwukrotnie uczestniczył w Przedszkolu Fizyki. W 2001 roku, na Międzynarodowej Olimpiadzie Fizycznej, zdobył złoty medal, otrzymując 45,70 punktu. Największą liczbę punktów uzyskał Rosjanin D. Nurgalev (47,55). Spośród 22 złotych medalistów 4 pochodziło z Chin, po 3 z Rosji, USA i Indii, 2 z Tajwanu, po 1 Białorusi, Ukrainy, Kazachstanu, Iranu, Wietnamu, Singapuru i Polski.



Fot. J. Mostowski, przedruk z *Wiedzy i Życia*

Wśród laureatów XXXII Międzynarodowej Olimpiady Fizycznej mieliśmy również srebrnego medalistę Mateusza Kwaśnickiego (2), zdobywcę brązowego medalu Michała Józwickowskiego (1), a także nagrodzonych wyróżnieniami Macieja Fijałkowskiego (4) i Adama Działaka (3).

XXXII Międzynarodowa Olimpiada Fizyczna (MOF) odbyła się na przełomie czerwca i lipca bieżącego roku w miejscowości Belek, usytuowanej nieopodal Antalyi, w południowej Turcji, nad wybrzeżem Morza Śródziemnego.

Reprezentacja Polski składająca się z pięciu zawodników, czyli tylu, ilu z jednego kraju dopuszcza regulamin MOF, znalazła się wśród 318 uczestników tej imprezy pochodzących z rekordowej liczby 67 krajów świata. Wszyscy polscy uczestnicy, którzy zostali wyłonieni na podstawie wyników osiągniętych w krajowej Olimpiadzie Fizycznej, brali udział w 10-dniowych warsztatach w Warszawie. Na zawody lecieliśmy tureckimi liniami lotniczymi z przesiadką na lotnisku w Istambule. Naszymi opiekunami byli prof. Jan Mostowski i dr Paweł Janiszewski. Rola opiekunów jest bardzo ważna m.in. dlatego, iż to oni dokonują tłumaczenia z angielskiego tekstów zadań; zawodnicy otrzymują zadania w językach ojczystych.

Olimpiada składała się z dwóch części, doświadczalnej oraz teoretycznej. Ze względu na sporą liczbę uczestników część doświadczalna odbyła się w dwóch grupach: przed- i popołudniowej.

Zadania doświadczalne polegały na badaniu odbicia promienia laserowego od powierzchni obracającej się gliceryny. Celem eksperymentu było wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego, ogniskowej takiego układu oraz analiza obrazu odbitego promienia. Mając do dyspozycji siatkę dyfrakcyjną, należało również określić współczynnik załamania światła wyżej wspomnianej cieczy.

Po jednodniowej przerwie odbyły się zawody teoretyczne. Tutaj należało rozwiązać trzy zadania także w ciągu pięciu godzin. Pochodziły one z różnych działów fizyki. Rachunki dotyczyły między innymi generacji mikrofal, analizy układu gwiazd podwójnych oraz ruchu rtęci w polu magnetycznym (tradycyjnie *Fizyka w Szkole* publikuje tematy zadań olimpijskich; tekst też można znaleźć w Internecie pod adresem: www.ipho2001.org.tr – przyp. Red.)

Charakter zadań olimpijskich znacząco różnił się od krajowych. Najważniejsze było zrozumienie intencji autorów i ich oczekiwań co do zakresu rozwiązań problemów. Na ogół zadania zawodów międzynarodowych wymagały mniej zaawansowanych, ale bardziej monottonnych obliczeń matematycznych. Ponieważ teksty zadań doświadczalnych zawierały dość szczegółowe instrukcje wykonania, w tym wypadku ważna była raczej sprawność techniczna niż pomysłowość.

Jeśli chodzi o stronę pozanaukową, to jest to impreza bardzo barwna i obfitująca w atrakcje. W ogóle czuliśmy się dobrze pod okiem miłej „guide” (przewodniczki), Turczynki o bardzo przyjaznym nastawieniu do Polski. Wrażenie to potęgował fakt, iż mieszkaliśmy w pięciogwiazdkowym hotelu z wszelkimi wygodami, w tym niezbędną klimatyzacją. Do dyspozycji mieliśmy basen, wodne zjeżdżalnie, sale sportowe i konferencyjne oraz częściowo bezpłatny, obficie zaopatrzony bufet.

Różnice kulturowe pomiędzy uczestnikami przejawiały się właściwie jedynie w ubiorze, i to nieznacznie. Przykładem może być dziewczyna z Kuwejtu, która chodziła w tradycyjnej szacie. Używając języka angielskiego i niemieckiego, łatwo nawiązaliśmy kontakt z ekipą z Singapuru, którą z początku pomyliliśmy z grupą chińską, gdyż zawodnicy byli ubrani w czerwone garnitury. Równie rozmowni byli uczestnicy z Mongolii, Macedonii, Holandii czy Belgii. Ci ostatni mieli ewidentne problemy z porozumiewaniem się między sobą – tu doceniliśmy jednolitość językową Polski. Lichtenstein, z powodu małej liczebności kraju oraz ograniczonego najwidoczniej zainteresowania fizyką, miał problem ze skompletowaniem drużyny. Zainteresował nas także system zapisu punktów Arabów, którzy grali w... brydża. Trudniejszy kontakt był z Amerykanami (choć ich nazwiska wskazywały na to, że żaden z nich nie był pochodzenia anglosaskiego) i ekscentrycznymi Kanadyjczykami, którzy raczej trzymali się osobno.

W tym roku pierwsze miejsce zajął Rosjanin, drugie zaś Irańczyk. Wiodące drużyny pochodziły tradycyjnie z Chin, Rosji, Indii oraz USA.

Dni wolne od zajęć naukowych zostały przez gospodarzy wypełnione wieloma atrakcjami. Zorganizowano wycieczki do okolicznych malowniczych miejscowości, bogatych w antyczne zabytki. Korzystając z uroków natury i pogody, cieszyliśmy się pływaniem i plażowaniem.

Na zakończenie pobytu mieliśmy również uroczystą „kolację konferencyjną”. Wspomnieć należy również o ceremoniach rozpoczęcia i zakończenia Olimpiady, bogatych w występy egzotycznych tureckich zespołów ludowych. Natomiast sama Antalya to luksusowy kurort nadmorski i trudno tutaj mówić o egzotyce Bliskiego Wschodu.



KRONIKA II

Letni kurs dla nauczycieli fizyki szkół ponadpodstawowych

*Urszula Mięсок
Gimnazjum w Pieńsku*

WARSZAWA 25.06 – 04.07 2001

W dniach 25.06 – 04.07.2001 roku w Warszawie odbył się letni kurs dla nauczycieli fizyki szkół ponadpodstawowych: „Elementy fizyki współczesnej”. Kurs ten sponsorowany był przez Fundację Stefana Batorego, a zorganizowany przez Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Instytut Fizyki PAN oraz Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów. Osobą, która czuwała nad wszystkim z ramienia organizatorów był dr hab. Andrzej Majhofer, a cały czas wspomagała go sekretarka Instytutu Fizyki – pani Aleksandra Fabrowska.

Program zajęć (ulożony przez Pana A. Majhofera) był bardzo bogaty i dobrany tak, abyśmy mogli zaznajomić się z najnowszymi osiągnięciami i metodami badawczymi z dziedziny fizyki oraz astronomii, a także metodyki nauczania fizyki.

Półowa zajęć odbywała się poza Instytutem Fizyki. Uczestnicy kursu wysłuchali interesujących wykładów:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> „Epitaksja z wiązek molekularnych MBE” –
mgr Grzegorz Cywiński | INSTYTUT FIZYKI
POLSKIEJ AKADEMII
NAUK |
| <input type="checkbox"/> „Nanostrukturyzacja” – dr Grzegorz Grabecki | |
| <input type="checkbox"/> „Stan wiedzy projektowanych eksperymentów
w fizyce cząstek elementarnych” –
prof. Jan Królikowski, dr hab. Grzegorz Wrochna | ZAKŁAD CZĄSTEK
I ODDZIAŁYWAŃ
FUNDAMENTALNYCH
WYDZIAŁU FIZYKI UW |
| <input type="checkbox"/> „Reakcje jądrowe z użyciem ciężkich jonów” –
prof. Jan Kownacki | |
| <input type="checkbox"/> „Stan wiedzy i projektowane eksperymenty
w fizyce jądra atomowego” – dr hab. Tomasz
Czosnyka | ŚRODOWISKOWE
LABORATORIUM
CIĘŻKICH JONÓW |



KRONIKA III

Warsztaty fizyczne

Joanna Majerowicz
uczennica ZSZ nr 5 w Poznaniu

W styczniu br. w Instytucie Fizyki na Poznańskim Morawsku odbyły się warsztaty fizyczne. Teraz mogę poświadczyć, że 18-latkowie to nie tylko dyskoteki, narkotyki, rolki i wandalizm, ale także inteligentne i ściśle umysły. Zwartą grupę młodych fizyków inspirowały wykłady na temat „Pozytywnych i negatywnych skutków stresu” p. Anny Brzezińskiej. [...] Pan Wojciech Burszta przedstawił „Antropologiczny świat dziwów”.

Każdy wykład był inny i coraz bardziej inspirujący, wciągał nawet najbardziej odpornych. Pierwszy dzień warsztatów zakończył wykład p. Bolesława Andrzejewskiego na temat języka, myślenia i działania.

W drugim dniu pan Marek Thomas, przekazał nam swoją wiedzę na temat „Narodzin fizyki kwantowej”. Każde półtorej godziny mijało w oka mgnieniu i poszerzało horyzonty. Bardzo inspirujące dla mnie były nowe wiadomości na temat religii i kultur Wschodu.

Dni mijały bardzo szybko, a w głowach młodych ludzi tysiące nowych, inspirujących haseł szukało odpowiedzi.

„Bioenergetyka i sygnalizacja”, „W poszukiwaniu własnego miejsca”, „Kozioł, tragedia grecka i mity”, czy „Fuzja termojądrowa” wypełniły pozostałe dni warsztatów fizycznych. Ja – młody człowiek, którego pasją nigdy nie była fizyka – czekam na kolejne zimowe warsztaty, które dadzą mi możliwość rozwinięcia skrzydeł w tej dziedzinie.



LIST DO REDAKCJI

W sprawie podręcznika fizyki Kozielskiego

Pan Wojciech Dindorf (adres: Donaufelderstr 232/24, 1220 Wien) nadesłał do Redakcji list z prośbą o opublikowanie. Pełny tekst jest na stronie internetowej *Fotonu 75* i PTF – Sekcja Nauczycielska (<http://www.ptf.agh.edu.pl/SN/>). Oto kluczowe zdanie z listu:

„... oświadczam, że korzystanie we wstępie (podręcznika Kozielskiego – od Redakcji) z mojego nazwiska jest bezprawne, nie było ze mną uzgodnione i że ja nie mam i nie chcę mieć nic wspólnego z żadnym przeszłym, obecnym i przyszłym wydaniem podręcznika pana Kozielskiego...”.



KOMUNIKATY

Turniej Młodych Fizyków 2002

Turniej Młodych Fizyków to drużynowe zawody uczniów szkół średnich, organizowane pod auspicjami Polskiego Towarzystwa Fizycznego jako impreza komplementarna do Olimpiady Fizycznej.

Turniej polega na opracowaniu rozwiązań zadań–problemów i ich przedstawieniu najpierw w formie pisemnej, a następnie w formie referatów i publicznej dyskusji nad przedstawionymi rozwiązaniami. W zawodach turniejowych uczestniczą pięcioosobowe drużyny, ale praca w szkole może być prowadzona przez liczniejsze zespoły.

Turniej odbywa się w trzech etapach:

- 1. Etap korespondencyjny (pisemny)** – w terminie do 15 lutego 2002 r.
- 2. Turniej właściwy** – ma charakter publiczny i polega na prezentacji rozwiązań oraz dyskusji nad nimi.

Zawody turniejowe (regionalne) odbędą się 4 kwietnia 2002 w Katowicach (Pałac Młodzieży) oraz 5 kwietnia w Warszawie (Instytut Fizyki PAN).

- 3. Turniej Międzynarodowy** – XV Międzynarodowy Turniej Młodych Fizyków odbędzie się 23–30 maja 2002 r. na Ukrainie, w Odessie.

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

Adresy regionalnych komitetów organizacyjnych Turnieju Młodych Fizyków:

KATOWICE

Pałac Młodzieży im. prof. A. Kamińskiego
ul. Mikołowska 26, 40-066 Katowice
Faks: (032) 510 402
E-mail: ula@pm.katowice.pl

WARSZAWA

Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa
Faks: (022) 843 09 26
E-mail: nadola@ifpan.edu.pl

Symposium na Węgrzech w 2002 roku

II. International Radiation Education Symposium
Debrecen, Hungary, 20–25 August 2002

Informations: ujvari@mail.datatrans.hu
Address: Ujvari Sandor
Hungary, 8000, Sütő u. 38. II. 12.
Tel: 3622 326 954

Address of Roland Eötvös Physical Society
(ELFT): H-1027 Budapest Fő utca 68.
Phone/fax 36-1-2018682
E-mail: mail.elft@mtesz.hu



Jeszcze o podręczniku Hewitta

Fragmenty recenzji książki P.G. Hewitta *Fizyka wokół nas*

(Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000)

Aleksandra Miłosz

Od Redakcji:

Podręcznik P.G. Hewitta wzbudza duże zainteresowanie; ma swoich „wielbi-
cieli” i ostrych krytyków. Na stronie internetowej *Fotonu* znajduje się przedruk
recenzji Pani Aleksandry Miłosz, zamieszczonej w *Postęпах Fizyki*.

Ostatnio toczą się liczne dyskusje na temat języka podręczników. Z recenzji
Pani A. Miłosz wybraliśmy do druku w *Fotonie* stosowny fragment. Przypomina-
my, iż na temat podręcznika Hewitta wypowiedziała się na łamach *Fotonu* J. Salach
i Z. Gołąb-Meyer (*Foton* 66 i 67).

* * *

[...] Terminologia naukowa przeplata się ze słownictwem zapożyczonym z języka
codziennego, co utrudnia zrozumienie wprowadzanych pojęć a często wprowadza
w błąd. Jeżeli wprowadza się do opisu zjawisk słownictwo z języka potocznego to
trzeba tego konsekwentnie przestrzegać. Autor posługuje się określeniami: *fizyk*
oświecony, *dźwięki*, *dźwięki muzyczne*, *spadek z tłumieniem*, *bezwładność obroto-
wa*, *gazy i plazmy*, *ruch satelitarny*, *Kopernik wywołał spore zamieszanie*, *przeby-
ty dystans (zamiast droga)*, *zwykłych zamiast małych*, *skrótowo*, *prędkość chwilo-
wa i prędkość w ogóle!*, *prosto w górę zamiast pionowo*, *składowe toru*, *wartość*
i kierunek prędkości stanowią łącznie wektor prędkości, *zasięg toru*, *ruch okrężny*,
wektor poziom, *zwrot strzałki to kierunek wektora (str. 37)*, *pędy mogą się znosić*,
energije nie (str. 110), *przeciwny kierunek* zamiast zwrot. Określenia: *w prawo*,
w lewo dotyczą zwrotu wektora, autor stosuje je błędnie do określenia kierunku
wektora. Często stosowane jest określenie, *siła równoległa (wektor) do toru*, któ-
rym jest np. okrąg. Wielkości skalarne (*ciśnienie*) są skierowane *w górę*, *w dół*.
Siła parcia mylona jest z ciśnieniem. Stosowane są jednostki z poza układu SI bez
podania ich związku z jednostkami z układu SI. W całej części 3 powszechnie
używane są określenia: *gaz* zamiast para, *ochładzanie*, *stygnięcie* zamiast oziębia-
nie, *zagotuje* zamiast wrze, *zamarzanie* zamiast krzepnięcie, woda w temperaturze
100°C jest gazem. [...]

Sądzę, że większość definicji pojęć, wyjaśnień dotyczących zjawisk, sformu-
łowań praw, zawartych w słowniczku, wymaga dopracowania, przeredagowania.
[...]



FIZYKA W INTERNECIE

Enrico Fermi. 29 września 2001 r. mija setna rocznica urodzin jednego z największych fizyków XX wieku, Enrico Fermiego, który wslawił się zarówno odkryciami w fizyce eksperymentalnej, jak i trafnymi przewidywaniami teoretycznymi. Ciekawy artykuł Jarosława Włodarczyka na stronie:

<http://www.wiw.pl/nawinki/fizyka/200109/20010928-001.asp>

Welcome to Feynman Online! This web site is dedicated to Richard P. Feynman, scientist, teacher, raconteur, and musician. He assisted in the development of the atomic bomb, expanded the understanding of quantum electrodynamics, translated Mayan hieroglyphics, and cut to the heart of the Challenger disaster. But beyond all of that, Richard Feynman was a unique and multi-faceted individual. Feel free to explore this site to find out about Feynman, what he was and why he remains one of the most celebrated and revered scientists of modern times.

<http://www.scs-intl.com/online/>

Nanotechnology. W wieku XIX i XX zajmowano się głównie skalą mikro – poznano ziarnistą strukturę materiałów polikrystalicznych i szczegóły komórkowej budowy żywych organizmów, dobrze widoczne dopiero na obrazach dostarczanych przez mikroskopy elektronowe. W drugiej połowie XX wieku zbudowano narzędzia pozwalające na badanie struktury w nanoskali. Poznano struktury wielu makrocząsteczek biologicznych (w tym DNA – nośnika informacji genetycznej), nauczono się wytwarzać materiały o ziarnach krystalicznych znacznie mniejszych od mikro – nanomateriały, o specyficznych własnościach, często znacznie wytrzymalsze od materiałów tradycyjnych. Więcej informacji na stronie:

<http://www.inmat.pw.edu.pl/wyklady/JK/>

Welcome to the physics portal. The *Nature* physics portal is a one-stop resource for physicists, providing highlights of the latest research in *Nature* and elsewhere.

<http://www.nature.com/physics/>

Tradycyjnie już dziękuję Michałowi Hellerowi za wytrwale przeszukiwanie Internetu. Zapraszam wszystkich zainteresowanych internautów do współredagowania tej strony (e-mail: foton@if.uj.edu.pl subject: Fizyka w Internecie).

WM



CO CZYTAĆ

Doświadczeni nauczyciele piszą autorskie podręczniki

Do długiej listy podręczników gimnazjalnych dołączył podręcznik *Fizyka z plusem* autorstwa Krzysztofa Horodeckiego i Artura Ludwikowskiego (Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe, 2001). Jest to, co godne uwagi, wydanie pilotażowe. Autorzy zdają sobie sprawę, iż podręcznik musi się „sprawdzić” w klasie. Powinien być krytycznie sprawdzony w innych niż autorów rękach. Polecam uwadze ten podręcznik, który zachowując z grubsza klasyczny układ, do którego jesteśmy przyzwyczajeni, wprowadza współczesne zastosowania fizyki, zawiera ciekawe przykłady doświadczalne oraz oryginalne pomysły dydaktyczne. Mam nadzieję, że nastąpi zbieżny proces powstawania dobrego podręcznika.

Polecamy uwadze Państwa bardzo użyteczne pozycje:

Doświadczenia z fizyki dla uczniów gimnazjum, Małgorzata Godlewska, Danuta Szot-Gawlik
Wydawnictwo ZamKor, Kraków 2001

Zbiór zadań z fizyki dla uczniów klas licealnych o poszerzonym programie fizyki,
Jadwiga Salach
Wydawnictwo ZamKor, Kraków 2001

Zbiór zadań z fizyki dla uczniów gimnazjum i liceum profilowanego, Jadwiga Salach, Barbara Sagnowska
Wydawnictwo ZamKor, Kraków 2001

Testy z fizyki z rozwiązaniami, Barbara Sagnowska
Wydawnictwo ZamKor, Kraków 1998

Książki nadesłane:

Czy Bóg gra w kości. Nowa matematyka chaosu, Ian Stewart, przekład z języka angielskiego Włodzimierz Komar, Michał Tempczyk
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001

Świat matematyki, Philip J. Davis, Reuben Hersh, Elena Anne Marchisotto, przekład z języka angielskiego Roman Duda
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001



KOMUNIKATY REDAKCJI

TERMINY SPOTKAŃ ŚRODOWYCH

IF 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.

5.XII.2001 – dr Zofia Gołąb-Meyer – *Dyskusja o podręcznikach fizyki dla gimnazjum*

12.XII.2001 – dr Jarosław Koperski – *Lasery* (dla licealistów)

9.I.2002 – prof. dr Wojciech Gawlik – *Temperatury niższe niż w kosmosie* (dla licealistów)

23.I.2002 – prof. dr hab. Jacek Turnau – *Kosmos i kwanty* (dla licealistów)

20.II.2002 – dr Zbigniew Tomkowicz – *Fullereny: od najpiękniejszej z brył Archimedesy do najdoskonalszej formy węgla* (dla licealistów)

27.II.2002 – dr Zofia Gołąb-Meyer – *Dyskusja o nowej maturze z fizyki*

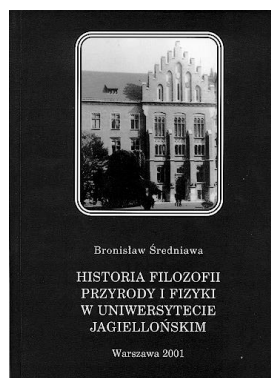
6.III.2002 – prof. dr hab. Marek Szymoński, mgr Marta Targosz – *Mikroskopia bliskich oddziaływań w zastosowaniu do żywych komórek* (dla licealistów)

Pracownia Zbiorów w IF UJ informuje, że może organizować płatne pokazy demonstracji fizycznych na uzgodnione ze szkołami tematy. Koszt jednego pokazu wynosi 200 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 oraz 5677, lub za pośrednictwem e-mail: foton@if.uj.edu.pl**

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

Fizyka krakowska ma swoją historię. Polecamy *Historię filozofii przyrody i fizyki w Uniwersytecie Jagiellońskim* (seria *Rozprawy z dziejów nauki i techniki*, tom 12, Komitet Historii Nauki i Techniki PAN, Wydawnictwo „Retro-Art”, Warszawa 2001) napisaną przez profesora Bronisława Średniawę.



Na zdjęciu poniżej profesor Średniawa po wygłoszeniu gościnnego wykładu *Tajne nauczanie na UJ* 18 listopada 2001 roku. Wykład ten był jednym z cyklu monograficznego *Fizyka i Społeczeństwo* prowadzonego przez Zofię Gołąb-Meyer.



Na zdjęciu od lewej: córka profesora Maria Średniawa, profesor Bronisław Średniawa, dr Zofia Gołąb-Meyer, dr Zofia Czachowska i studenci: Arkadiusz Wierzbowski, Anna Puzio, Katarzyna Konik, Agata Będkowska, Jaromir Jędrzejowski, Anna Falkiewicz.

Dni Otwarte Instytutu Fizyki UJ

24-25 października 2001

12 wykładów, pokazy, zwiedzanie laboratoriów

Ponad 3500 uczniów ze szkół Polski południowej!



Profesor Dohnalik