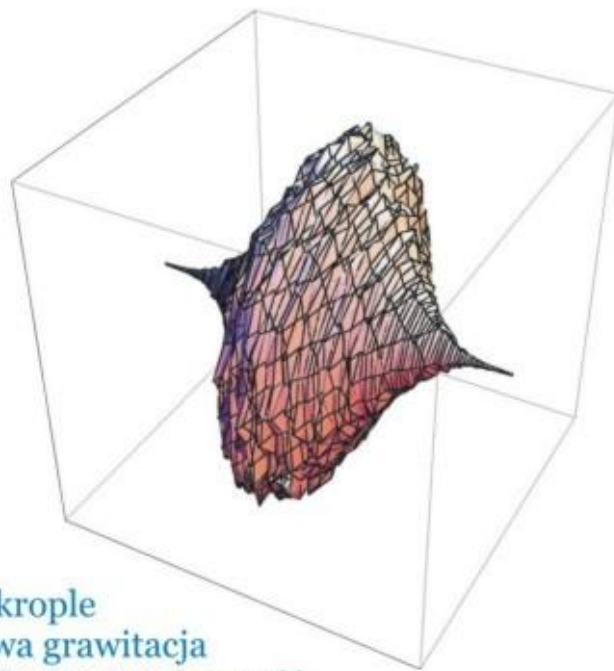


Foton 109

Lato
2010

Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI  UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



Dziwne krople
Kwantowa grawitacja
Napromieniowana żywność
Nasz człowiek w CERN-ie
Zadania z małpkami

Paul Adrien Dirac (1902–1984)



Paul Adrien Dirac z rodzicami, starszym bratem i młodszą siostrą
(http://www.dirac.ch/images/dirac_holten_small.jpg)



Paul Dirac w rozmowie z Richardem Feynmanem w czasie konferencji relatywistów w Warszawie w 1962 roku
(<http://www.redakcja.newsweek.pl/Tekst/Historia/526192,Inne-umysly.html>)



Paul Dirac w podeszłym wieku



Oby reforma w szkolnictwie wyższym sprzyjała naprawie nauczania w szkołach!

Szykują się zmiany w systemie szkolnictwa wyższego i nauki. Nie trzeba zbyt wnikliwej analizy, by widzieć jak bardzo są one potrzebne. Niestety w dyskusjach nad projektem nie słychać głosów istotnie dotyczących nauczania w szkołach, a przecież problemy te są ze sobą związane nierozzerwalnym węzłem. Kto, z jaką wiedzą i z jakimi motywacjami przychodzi na studia? Od odpowiedzi na to pytanie powinno się rozpoczynać kształtowanie zmian w studiach wyższych. Czy rzeczywiście kandydat na studia dysponuje wiedzą zapisaną w kanonach wymagań dla szkół podstawowych, gimnazjów i liceów? Czy w planowanych zmianach w studiach uwzględniono wzrost wymagań od przyszłych nauczycieli? Kogo chcemy kształcić jako przyszłych nauczycieli? Czy uczelnie zapewniają warunki do ich koniecznego wykształcenia? Czy zapewniają stałe doksztalcanie, uaktualnianie ich wiedzy? Nie można opierać reform na fikcji i pobożnych życzeniach.

W letnim zeszycie *Fotonu* proponujemy Państwu artykuł o kwantowej grawitacji, specjalnie napisany dla naszych czytelników przez fizyka pracującego w tej dziedzinie Jerzego Jurkiewicza, laureata nagrody PTF 2009. Nad problemem tym pracują najtęższe głowy od wielu dziesiątek lat. Artykuł Pawła Moskala o konserwowaniu żywności za pomocą promieniowania jądrowego rozjaśnia, uporzędkowuje rozpowszechniane przez bojaźliwych ignorantów, mity na ten temat. Lektura artykułu pozwoli nauczycielom odpowiadać kompetentnie na stawiane przez uczniów pytania. Artykuł Jerzego Gintera o dziwnych kroplach to piękny przykład prezentacji zupełnie klasycznego zjawiska udanie imitującego zachowanie obiektu kwantowego. Przykład ukazuje, ile intrygujących problemów klasycznych czeka jeszcze na rozpracowanie.

Jak zwykle w zeszycie znajdziecie Państwo porcję zadań „z jaskini lwa” Adama Smólskiego; Wojciech Dindorf i Redakcja zapraszają Państwa do dyskusji na temat sformułowań praw Newtona.

Redakcja życzy Czytelnikom miłej lektury i pogodnych wakacji.

Z.G-M



Contents

Will the reform of higher education improve teaching at lower levels? <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
Quantizing gravity <i>Jerzy Jurkiewicz</i>	4
Nuclear energy in the kitchen: Food preservation by means of nuclear radiation <i>Paweł Moskal</i>	8
Strange droplets <i>Jerzy Ginter</i>	17
The Second Law of Newton in physics textbooks – invitation to public discussion <i>Wojciech Dindorf</i>	28
Paul Adrien Dirac (1902–1984) – a rare genius <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	36
Reading in English. Thomas Kuhn and Eugene Wigner interview Paul Dirac	41
Problems. Noises from the cave (16). The apes are still holding strong <i>Adam Smólski</i>	42
Boys, let's read more <i>Jerzy Kuczyński</i>	46
Astrophysics and Cosmology – a new specialization at the Jagiellonian University an interview with prof. Marek Kutchera	49
Our former student becomes a CERN scientist! <i>Marcin Zawadzki</i>	51
Astronaut Terry Virts in Poland <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	55
Announcement. „Science on Stage 4” <i>Wojciech Nawrocik</i>	57
Tournament of Young Physicists 2010 <i>Andrzej Nadolny</i>	58
Prestigious awards for physics popularization in Łódź <i>Stanisław Bednarek</i>	60
What to read. <i>Journal of Mathematics' Funs</i>	62



Spis treści

Oby reforma w szkolnictwie wyższym sprzyjała naprawie nauczania w szkołach! <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
Kwantowanie grawitacji. Co to znaczy? <i>Jerzy Jurkiewicz</i>	4
Energia jądrowa w kuchni: konserwowanie żywności za pomocą promieniowania jądrowego <i>Paweł Moskal</i>	8
Dziwne krople <i>Jerzy Ginter</i>	17
II Zasada Newtona w podręcznikach szkolnych – zaproszenie do dyskusji <i>Wojciech Dindorf</i>	28
Paul Dirac (1902–1984) – oryginał i samotnik <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	36
Czytamy po angielsku. Fragment wywiadu Thomasa Kuhna i Eugene Wignera z Paulem Dirakiem	41
Odgłosy z jaskini (16). Małpy trzymają się mocno <i>Adam Smólski</i>	42
Chłopcy do lektur <i>Jerzy Kuczyński</i>	46
Astrofizyka i Kosmologia – nowy kierunek na studiach II stopnia na UJ wywiad z profesorem Markiem Kutscherą	49
Jak chłopak z Rzeszowa trafił do CERN-u! <i>Marcin Zawadzki</i>	51
Kosmonauta Terry Virts w Polsce <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	55
Komunikat. Krajowy Komitet Organizacyjny Ogólnopolskiego Festiwalu „Nauki Przyrodnicze na Scenie 4” <i>Wojciech Nawrocik</i>	57
Turniej Młodych Fizyków 2010 <i>Andrzej Nadolny</i>	58
Popularyzacja fizyki w Łodzi – prestiżowe nagrody <i>Stanisław Bednarek</i>	60
Co czytać. <i>Magazyn Miłośników Matematyki</i>	62



Kwantowanie grawitacji. Co to znaczy?

*Jerzy Jurkiewicz
Instytut Fizyki UJ*

Świat, w którym żyjemy określa skalę zjawisk, która dla nas jest dostępna zmysłami i rozumiała. Patrząc nocą w czyste niebo widzimy gwiazdy i mgławice stanowiące elementy Wszechświata – obiekty, których obserwacje stały się możliwe dzięki teleskopom. W znacznie mniejszej skali, dzięki stale ulepszanym narzędziom badawczym poznaliśmy szereg tajemnic mikroświata: najpierw w skali atomów, potem cząstek elementarnych. Aby obserwacje tych zjawisk były możliwe konieczne było dostosowanie aparatów pomiarowych do coraz mniejszej skali zjawisk, prowadząc eksperymenty przy użyciu cząstek o coraz większej energii. Ten związek wynika z zasady nieoznaczoności Heisenberga: $\Delta x \Delta p \approx \hbar$, gdzie \hbar jest stałą Plancka.

Można postawić pytanie, czy jest możliwe nieograniczone zmniejszanie skali i czy idąc w tym kierunku będziemy odkrywać kolejne nowe formy oddziaływań w przyrodzie?

Odpowiedź na to pytanie wydaje się być związana z istnieniem dokładnie czterech typów oddziaływań: silnych, słabych, elektromagnetycznych i grawitacyjnych. Najslabszym z nich jest oddziaływanie grawitacyjne. Istnieje tu pozorną sprzeczność: to właśnie to oddziaływanie jest odpowiedzialne za wiele zjawisk w skali kosmicznej, ale jednocześnie właśnie ono pozostaje wciąż niezbadaną zagadką w kwantowym obrazie Wszechświata. **Można przewidzieć, że typowa skala, przy której kwantowe efekty grawitacyjne staną się dominujące to tzw. skala Plancka.** Określa ona zakres odległości wyrażony przez fundamentalne stałe fizyki: c – prędkość światła, \hbar – stałą Plancka i G – stałą Newtona.

Stała Plancka to wielkość utworzona z powyższych stałych o wymiarze metra: $\sqrt{\hbar G / c^3} = 1,62 \times 10^{-35}$ m. Jest ona niewyobrażalnie mała w porównaniu nawet ze skalą typową dla cząstek elementarnych. Eksperymentalne badanie efektów kwantowej grawitacji wymagałoby użycia gigantycznych energii, nieosiągalnych w dzisiejszych eksperymentach.

Wiemy dziś, że takie skale energii były typowe dla najwcześniejszych momentów istnienia Wszechświata, tuż po Wielkim Wybuchu. Tam być może kryje się odpowiedź na tak fundamentalne pytania, jak czemu Wszechświat jest trójwymiarowy, jaka jest geneza czasu, dlaczego mamy akurat takie oddziaływania w przyrodzie?

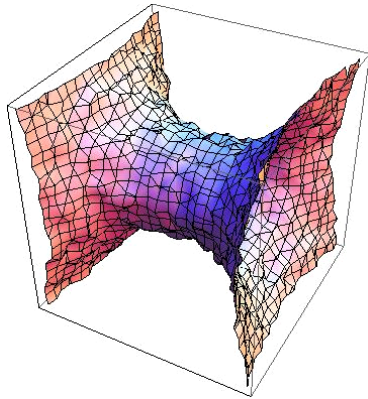
Konsekwencje Wielkiego Wybuchu możemy obserwować teraz, w czasie, w którym żyjemy. Pośrednio możemy więc zweryfikować szereg przewidywań teoretycznych konfrontując je z obserwacjami. Postaram się wytłumaczyć, dlaczego zbudowanie kwantowej teorii naszego Wszechświata może być zadaniem trudnym, jeśli wystartujemy z kwantowego obrazu zjawisk.

Świat kwantowy bardzo różni się od świata, który widzimy w naszej skali. Własnością materii, którą trudno pojąć naszą intuicją jest falowa natura procesów kwantowych. Pojedynczy elektron rozpraszany na przeszkodzie dyfrakcyjnej okazuje się jednocześnie zakreślać różne tory ruchu, a następnie podlegać zjawisku interferencji. **Richard Feynman zaproponował sformułowanie mechaniki kwantowej, w którym układ fizyczny podlega czasowej ewolucji w taki sposób, że dopuszcza wszystkie możliwe tory (trajektorie), nawet bardzo odległe od klasycznych.** Tzw. amplituda przejścia kwantowego jest sumą dokładnie określonych przyczynków od wszystkich trajektorii. W konsekwencji następuje „rozmycie” trajektorii wokół rozwiązania klasycznego, a szerokość tego rozmycia jest proporcjonalna do $\sqrt{\hbar}$. Metoda sumy po trajektoriach leży u podstaw budowy fundamentalnych teorii fizyki i jest jednym z głównych narzędzi tzw. kwantowej teorii pola.

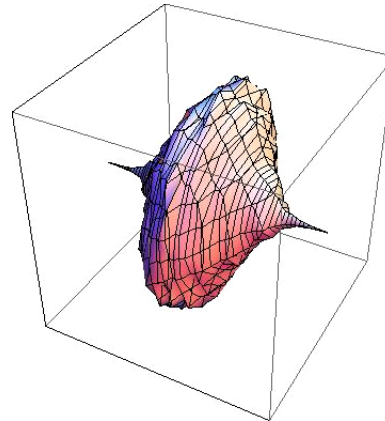
Czy metodę sumy po trajektoriach można zastosować w kwantowej teorii grawitacji? Mówiąc o grawitacji mamy zazwyczaj na myśli prawo Newtona, które mówi, z jaką siłą przyciągają się dwa ciała o pewnych masach. Ogólna Teoria Względności Alberta Einsteina wiąże siły grawitacyjne z geometrycznymi własnościami przestrzeni przewidując, że masowa cząstka „zakrzywia” przestrzeń wokół siebie. Najprostsza wersja kwantowej grawitacji jest próbą opisanie tych geometrycznych stopni swobody, na razie bez uwzględnienia cząstek. Równania Einsteina przewidują, że w takiej sytuacji powinniśmy otrzymać gładką geometrię bez żadnych pofałdowań. To jest jednak wynik klasyczny, nieuwzględniający kwantowej natury świata. Możemy spodziewać się, że uwzględnienie efektów kwantowych musi spowodować rozmycie geometrii, która nawet bez materii jest pofałdowana, przynajmniej w skali Plancka.

Wyobraźmy sobie, że Wszechświat jest dwuwymiarowy, a nie trójwymiarowy. Załóżmy też, że jest on zamknięty i wygląda jak pofałdowana powierzchnia balonika. O takiej powierzchni mówimy, że ma topologię dwuwymiarowej sfery. Powierzchnię taką możemy deformować, zmieniając sposób pofałdowania, ale tak, żeby powierzchnia nie rozpadła się, ani nie powstała w niej brzegi. Różne sposoby pofałdowania odpowiadają różnym realizacjom geometrii powierzchni. Każda taka realizacja „geometrii powierzchni” to punkt możliwej trajektorii, opisującej ewolucję dwuwymiarowego zamkniętego Wszechświata. Pełna trajektoria to podanie sposobu, w jaki geometria po-

wierzchni zmieniała się w czasie. Taka „historia geometrii” określa czasoprzestrzeń.



Przykładowa ewolucja jednowymiarowego
Wszechświata w czasie rzeczywistym



Przykładowa ewolucja jednowymiarowego
Wszechświata w czasie urojonym

Kwantowy opis układu, zgodnie z teorią Feynmana powinien prowadzić do opisu ewolucji Wszechświata jako sumy „po wszystkich trajektoriach”, z których każda daje pewien określony przyczynek do amplitudy kwantowej. Problemem jest jednak określenie, co oznacza sumowanie „po wszystkich” czasoprzestrzeniach. Geometryczne stopnie swobody dają ogromną swobodę wyboru potencjalnych trajektorii. Może należy uwzględnić również takie przypadki, kiedy balonik – Wszechświat rozpada się na dwa mniejsze baloniki? Takie baloniki mogłyby się sklejać i znowu rozpadać. Jeśli topologia Wszechświata może zmieniać się w czasie, czasoprzestrzeń wyglądałaby jak ser szwajcarski albo gąbka. Inna wersja ewolucji dopuszcza rozpad Wszechświata, ale nie pozwala na jego powtórne sklejanie. Oznaczałoby to, że powstają tzw. „dzieci-światy” (*baby universes*), które przestają się ze sobą kontaktować. **Geometria Wszechświata, w którym żyjemy powinna realizować uśrednioną ewolucję kwantową.** Intuicja podpowiada nam, że takie egzotyczne, topologiczne wzbudzenia geometrii nie powinny się pojawiać, ale być może to jest tylko kwestia skali, w jakiej żyjemy?

Na takie i wiele innych pytań próbujemy znaleźć odpowiedź w ramach teorii Kauzalnych Dynamicznych Triangulacji. Niestety większość z nich nie wyraża się prostymi wzorami matematycznymi. Pomocą okazuje się komputer, który pozwala budować trajektorie Wszechświata, oczywiście w pewnym przybliżeniu, a w konsekwencji badać, które z nich są „typowe”. **Matematyczna sztuczka polega na traktowaniu czasu jako wielkości zespolonej $t = a + i b$, gdzie $i^2 = -1$ jest jednostką „urojoną”.** Gdyby czas był czysto urojony ($a = 0$)

każda trajektoria Wszechświata pojawiałaby się z pewnym rzeczywistym i dodatnim „prawdopodobieństwem”. Dzięki temu możemy badać, które trajektorie są najważniejsze i jaki Wszechświat jest przewidywany przez naszą teorię. **Drugą sztuczką jest rozważanie geometrii zbudowanych z elementarnych klocków, tzw. sympleksów**, dzięki czemu komputer potrafi zapamiętać i przekształcać różne geometrie. Po wykonaniu obliczeń powinniśmy wrócić do rzeczywistego „prawdziwego” czasu.

Odpowiedzi są czasami zgodne z naszą intuicją: okazuje się na przykład, że egzotyczne czasoprzestrzenie opisane powyżej, gdzie topologia ulega zmianie, nie prowadzą do sensownej teorii, która w dużej skali przypominałaby Wszechświat, w którym żyjemy. Musimy ograniczyć się do takiej klasy trajektorii, w których Wszechświat ma stałą strukturę topologiczną, w naszym przykładzie jest przez cały czas topologicznym balonikiem – sferą, ale oczywiście ze zmieniającymi się w czasie pofałdowaniami i całkowitym rozmiarem. To jest geneza nazwy teorii: **kausalność lub przyczynowość oznacza, że w każdym punkcie ewolucji układ „wie”, w którą stronę biegnie czas.**

Gdyby Wszechświat mógł się rozpaść, istniałyby w czasoprzestrzeni punkty „osobliwe”, gdzie istniałaby możliwość wyboru Wszechświata, w którym chcemy się znaleźć.

Odpowiedzi zależą też od wymiaru Wszechświata. Najciekawszy jest oczywiście przypadek, gdy Wszechświat jest trójwymiarowy. Okazuje się, że najważniejsze trajektorie układają się wokół dobrze określonego rozwiązania klasycznych równań Einsteina, przynajmniej dla wielkości mierzącej rozmiar Wszechświata w funkcji czasu. Ten wynik pokazuje, że być może jesteśmy na właściwej drodze do zbudowania teorii kwantowej grawitacji, chociaż oczywiście droga do celu jest jeszcze bardzo długa. Klasyczne rozwiązanie otrzymane w naszych rachunkach, po przepisaniu dla rzeczywistego czasu, opisuje tzw. maksymalnie symetryczny zamknięty Wszechświat de Sittera, którego rozmiar eksponencjalnie rośnie z czasem. Dla czasu urojonego rozwiązanie ma postać czterowymiarowej sfery (tzw. Wszechświat anty-de Sittera).

Interesujące są własności układu dla bardzo małych odległości: okazuje się, że pewne wielkości fizyczne zachowują się tak, jakby czasoprzestrzeń była dwuwymiarowa na małych odległościach i czterowymiarowa na dużych. Takie dziwne zachowanie wymiarów przestrzeni pojawia się również w innych próbach konstrukcji kwantowej grawitacji.

Komputer coraz częściej okazuje się niezbędnym narzędziem w badaniu teorii fizycznych. W naszym przypadku obliczenia prowadzimy na dużym klastrze komputerów, chociaż wiele ważnych wyników udało się nam uzyskać na pojedynczych komputerach, podobnych do tych, które wielu z nas ma w swoim domu. Opisane wyżej układy nie zawierają (jeszcze) materii. To kolejne problemy, które stoją przed nami.



Energia jądrowa w kuchni: konserwowanie żywności za pomocą promie- niowania jądrowego

*Paweł Moskał
Instytut Fizyki UJ*

Artykuł dotyczy tematyki związanej z napromieniowywaniem żywności, wzbudzającej sporo obaw u konsumentów. Narosło wokół tego problemu wiele mitów, które w poniższym artykule zostaną wyjaśnione. Przedstawiono następujące zagadnienia:

- I. Wstęp: Promieniowanie jądrowe.
- II. Skutki biologiczne napromieniowania. Metoda sterylnych owadów.
- III. Konserwowanie żywności promieniowaniem jądrowym.
- IV. Jak sprawdzić czy żywność została napromieniowana.

I. Wstęp: Promieniowanie jądrowe

Promieniowanie jądrowe to rezultat przemian zachodzących w jądrach atomowych na skutek oddziaływań: silnego, słabego i elektromagnetycznego, i jest nazywane odpowiednio promieniowaniem α , β i γ .

Promieniowanie α stanowią jądra helu (czyli dwa protony i dwa neutrony), które za pośrednictwem oddziaływania silnego złączyły się wewnątrz większego jądra i zdołały oderwać się od niego jako całość.

Promieniowanie β wywoływane jest przez oddziaływanie słabe i stanowią go elektrony lub pozytony (antyelektrony), które powstały w wyniku przemiany protonu w neutron, pozyton i neutrino, lub przemiany neutronu w proton, elektron i antyneutrino.

Trzeci rodzaj promieniowania, czyli promieniowanie γ , powstaje analogicznie jak światło widzialne („promieniowanie atomowe”) będące kwantem energii emitowanym przy przejściu elektronu z powłoki o wyższej energii na powłokę o niższej energii. Jądro, podobnie jak atom, jest układem złożonym. Składa się z nukleonów, które mogą znajdować się na różnych powłokach energetycznych, a przejściu ze stanu o wyższej energii do niższej towarzyszy emisja kwantu γ , czyli kwantu promieniowania elektromagnetycznego różniącego się od widzialnych fotonów jedynie energią. Energie przejść jądrowych są miliony razy większe od energii przejść pomiędzy powłokami atomowymi. Dlatego energią charakterystyczną dla promieniowania jądrowego, zarówno α , β jak i γ , jest megaelektronowolt (MeV^1).

II. Skutki biologiczne napromieniowania

Promieniowanie jądrowe α , β i γ oddziałuje z materią głównie za pośrednictwem oddziaływania elektromagnetycznego. Elektron (promieniowanie β) lub

¹ $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} \approx 1,602\,177\,33 \times 10^{-13} \text{ J}$.

jądro helu (promieniowanie α) o energii kilku MeV przechodząc przez materię może przenieść na wyższe powłoki elektronowe lub całkowicie oderwać od atomów łącznie około kilkadziesiąt tysięcy elektronów.

Podobne skutki wywołuje promieniowanie γ . Kwant γ wpadając do wnętrza materii, przekazuje jednemu z elektronów całość lub część swojej energii. Następnie wybity elektron o energii rzędu MeV zachowuje się jak promieniowanie β .

Miarą napromieniowania może być liczba zjonizowanych atomów lub też energia zdeponowana w materiale. Energię zdeponowaną na jednostkę masy nazywa się **dawką pochłoniętą**, a jej jednostką jest Gy (grej), gdzie $\text{Gy} = \text{J/kg}$. 1 J odpowiada około $6 \cdot 10^{18}$ eV. Biorąc pod uwagę, że energia wiązania elektronów w atomach jest rzędu 30 eV, dawka 1 Gy powstaje na skutek wybitcia około $2 \cdot 10^{17}$ elektronów w jednym kilogramie. Jest to liczba niewyobrażalnie duża, lecz w 1 kg jest około 10^{27} elektronów i względne zniszczenia są bardzo małe: można je porównać do uszkodzenia o długości 1 mikrometra na odcinku stukilometrowej drogi. Jednak w złożonych organizmach nawet tak małe zmiany mogą spowodować poważne problemy w ich funkcjonowaniu.

W organizmach żywych skutki biologiczne napromieniowania zależą nie tylko od zdeponowanej energii, ale także od tego, czy dana energia została zużyta na zjonizowanie, czyli tym samym zniszczenie, małej, czy dużej liczby komórek. Sumaryczne zniszczenia atomów, rozłożone na większą liczbę komórek, dają większe szanse, iż komórki się zregenerują, lub też że zmiany będą nieistotne z punktu widzenia ich funkcjonowania. Pod tym względem promieniowanie γ i β wywołują takie same skutki biologiczne, znacznie mniejsze niż skutki wywołane przez promieniowanie α (patrz Tabela I). Cząstka α o energii kilku MeV przekazuje całą swoją energię na drodze rzędu kilkadziesiątu mikrometrów (czyli tylko w kilku komórkach). Natomiast cząstki β o podobnej energii przebywają w organizmie średnio drogę kilku milimetrów, czyli wywołują jonizację w około 100 razy większej liczbie komórek, ale za to w każdej 100 razy mniejszą niż cząstki α . Wynika to z faktu, iż cząstki α są około 4000 razy cięższe od elektronów i jeśli posiadają taką samą energię jak elektrony, to poruszają się kilkadziesiąt razy wolniej i na dodatek mają dwa razy większy ładunek niż elektrony.

Tabela I.

Rodzaj promieniowania	Współczynnik szkodliwości
γ	1
β	1
α	20
protony	5
neutrony	5–20

Dawka równoważna (Sivert) = dawka pochłonięta (Grej) \times współczynnik szkodliwości

A. Hrynkiewicz, PAA, IPJ, 1993. „Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego”

Dla promieniowania γ i β
1 Sv = 1 Gy

Dlatego, jeśli chodzi o skutki biologiczne, lepszą miarą napromieniowania jest **dawka równoważna**, którą otrzymuje się poprzez przemnożenie dawki pochłoniętej przez odpowiedni współczynnik szkodliwości charakteryzujący rodzaj promieniowania (Tabela I). Choć fizyczną jednostką dawki równoważnej jest J/kg, tak samo jak dawki pochłoniętej, to dla odróżnienia charakteru biologicznego dawki równoważnej jej jednostką nie jest Gy lecz Sv (siwert).

Oczywiście ze względu na różnorodne funkcje biologiczne różne komórki różnie reagują na taką samą dawkę promieniowania, dlatego przy określaniu skutków napromieniowania należy także uwzględnić wrażliwość poszczególnych narządów czy tkanek (Tabela II). Po uwzględnieniu wrażliwości otrzymujemy **dawkę skuteczną**, którą podajemy także w Sv.

Tabela II.

Narząd lub tkanka	Względna wrażliwość
gruczoły płciowe	0,20
czerwony szpik kostny	0,12
płuca	0,12
wątroba	0,05
skóra	0,01
powierzchnia kości	0,01

A. Hrynkiewicz, PAA, IPJ, 1993,
„Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego”

Tabela II wskazuje, że najbardziej wrażliwe na promieniowanie jądrowe są gruczoły płciowe. Fakt ten można praktycznie wykorzystać przy zwalczaniu szkodników niszczących uprawy rolne, stosując tzw. metodę sterylnych owadów. Metodę tę wykorzystano do wyeliminowania plagi muchówek m.in. na wyspie Capri we Włoszech w 1967 roku. Zamiast rozpylania środków chemicznych wyhodowano w laboratorium muchówki i napromieniowano je dawką, która spowodowała ich bezpłodność, i – ku ogromnemu zdziwieniu mieszkańców – wypuszczono je na wyspę w liczbie dziesiątki razy przekraczającej liczbę muchówek „tubylców”. W ten sposób drastycznie zmniejszono szanse na rozmnożenie się zdrowych osobników, ponieważ prawdopodobieństwo sparowania się dwóch płodnych muchówek stało się bardzo małe. Dlatego w następnym pokoleniu liczba muchówek drastycznie się zredukowała. Powtórzenie operacji doprowadziło do szybkiego pozbycia się plagi bez konieczności użycia środków trujących. Metoda sterylnych owadów jest często stosowana do systematycznego zwalczania wielu szkodników, na przykład muchy śrubowej. Jest to groźny pasożyt składający jaja w ranach zwierząt, z których później wylęgają się larwy żerujące w ciele „gospodarzy”. Dzięki metodzie sterylnych owadów mucha ta została wytępiona w USA i Meksyku, a obecnie realizowany jest program eliminowania jej na terenach niektórych krajów Ameryki Środkowej.

III. Konserwowanie żywności promieniowaniem jądrowym

Żywność skażona bakteriami może spowodować ciężkie choroby, a nawet śmierć. Także w krajach wysoko rozwiniętych infekcje bakteriami *E-coli* czy *Salmonelli* prowadzą do śmierci wielu ludzi. Na przykład w USA rocznie umiera ponad 5000 osób na skutek spożycia żywności skażonej. Dlatego uzdatnianie żywności poprzez redukcję zawartości drobnoustrojów chorobotwórczych oraz zapobieganie jej psuciu się poprzez eliminację bakterii czy grzybów ma ogromne znaczenie, szczególnie, jeśli można to robić bez wprowadzania do pożywienia substancji szkodliwych dla zdrowia. Użycie promieniowania jądrowego daje możliwość nie tylko redukcji drobnoustrojów i ich form zarodnikowych w żywności, ale także może zapobiegać kiełkowaniu roślin, przedłużając znacznie okres możliwego składowania np. ziemniaków, cebuli czy czosnku. Dlatego w Japonii napromieniowuje się ziemniaki na skalę przemysłową już od 1973 roku. Napromieniowanie pozwala także na znaczące wydłużenie okresu przechowywania owoców, przedłuża ich czas dojrzewania i zapobiega rozwijaniu się muszek owocowych.

Procesy konserwowania, pasteryzacji i sterylizacji żywności za pomocą obróbki termicznej czy też dodawanie środków chemicznych związane są ze zmianą smaku, zapachu, koloru i innych właściwości organoleptycznych. Promieniowanie jądrowe może także wywołać takie zmiany, ale występują one w znacznie mniejszym stopniu i tylko w przypadku niektórych artykułów (np. mleka i masła). W większości przypadków zmiany takie występują przy dawkach napromieniowania znacznie większych niż konieczne do sterylizacji.



Rys. 1. Porównanie grupy ziemniaków nienapromieniowanych i napromieniowanych dawką około 200 Gy, po długim czasie przechowywania ich w tych samych warunkach

Konserwować żywność można między innymi poprzez naświetlanie promieniowaniem γ emitowanym przez promieniotwórczy kobalt ^{60}Co lub cez ^{137}Cs .

Przy napromieniowaniu prawdopodobieństwo uszkodzenia molekuly DNA w wirusie, bakterii czy insekcie jest znacznie większe niż prawdopodobieństwo

zniszczenia cząsteczek cukru czy białka, ponieważ molekuly DNA składają się ze znacznie większej liczby atomów. Dodatkowo DNA organizmów żywych w napromieniowanej żywności podlega utlenieniu rodnikami OH, które powstają w ciągu reakcji chemicznych w wyniku jonizacji cząsteczek wody. Dlatego molekuly istotne dla życia mikroobów mogą być uszkodzane zarówno na skutek bezpośredniego zrywania wiązań pomiędzy stanowiącymi je atomami jak również na skutek jonizacji molekuł z otoczenia, z którymi następnie wchodzi w reakcje chemiczne. W ogólności im większe molekuly tworzą genomy danego organizmu, tym większa jest szansa jego śmiertelnego uszkodzenia przy zadanej dawce napromieniowania. Dlatego dawka śmiertelna dla bakterii posiadających krótsze łańcuchy DNA jest większa niż dawka dla większych pasożytów.

Tabela III.

	Dawka śmiertelna [Sv] (50% populacji umiera w ciągu 30 dni)
Wirusy	5000
Ameba	1000
Osa	1000
Wąż	800
Ryba	8,5
Szczur	8
Małpa	5
Człowiek	3

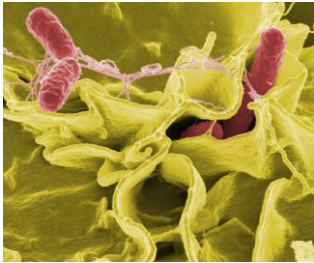
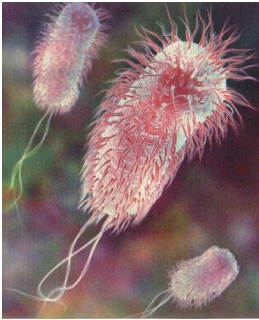
A. Hrynkiewicz PAA, IPJ, 1993,
„Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego”

Dawki promieniowania muszą być tak dobrane, by zniszczyć większość mikroorganizmów. W Tabeli III pokazane są dawki śmiertelne dla kilku wybranych istot żywych. Jak widać im mniej „skomplikowany” jest organizm tym trudniej go uszkodzić. Najbardziej odporne na napromieniowanie jądrowe są wirusy. Ale w przypadku wirusów, z przymrużeniem oka można powiedzieć, że jest kwestią debaty filozoficznej czy są to w ogóle istoty żywe. Nie ma takich wątpliwości już co do bakterii i okazuje się, że do wyeliminowania większości bakterii *Salmonelli* czy *E-coli* (patrz Tabela IV) wystarczają dawki rzędu kilkuset Gy. Zaskakującym w tym zestawieniu jest fakt, że jest to dawka mniejsza od dawki śmiertelnej dla osy czy węża.

W praktyce przy konserwowaniu żywności stosuje się dawki do 10 000 Gy, co (patrz Tabela III) pozwala na pozbycie się nawet większości wirusów. Tak duża dawka promieniowania γ w porównaniu ze średnią dawką śmiertelną dla człowieka, która wynosi ok. 3 Gy, na pierwszy rzut oka mogłaby wydawać się bardzo niepokojąca. W tym kontekście można zauważyć, że przygotowanie pieczonej kiełbasy na ognisku lub też ugotowanie ziemniaków także wiąże się

z przekroczeniem „dawki śmiertelnej” dla człowieka o tysiące razy. Na przykład gotowanie ziemniaków trwa około pół godziny, czyli ok. 2000 sekund; aż strach pomyśleć o dalszej części tego wywodu...

Tabela IV.

<i>Salmonella</i>	<i>E-coli</i>
 <p data-bbox="411 987 743 1046">Dawka powodująca eliminację 90% populacji – 500 Gy</p>	 <p data-bbox="887 987 1219 1046">Dawka powodująca eliminację 90% populacji – 300 Gy</p>

Konserwując żywność promieniowaniem jądrowym nie nasświetla się samego człowieka, a **po procesie nasświetlania żywność nie staje się promieniotwórcza**. Energia promieniowania γ czy elektronów używanych do konserwowania żywności jest wielkości kilku MeV i jest to zbyt mało by wywoływać przemiany jądrowe!

Energia całkowita przekazywana do napromieniowanej żywności w procesie konserwowania jest też wielokrotnie mniejsza niż w przypadku typowych procesów w trakcie przygotowywania posiłków. Przeliczmy na przykład ile energii pochłania ziemniak, czy jeszcze prościej woda przy podgrzewaniu od 20 do 100°C. Jest to $\sim 4000 \text{ J/kg/}^\circ\text{C} \times 80^\circ\text{C} = 320\,000 \text{ J/kg}$, czyli 32 razy więcej w porównaniu z dawką promieniowania $10\,000 \text{ Gy} = 10\,000 \text{ J/kg}$.

Naturalne wydają się dwa pytania: czy żywność napromieniowana tak dużymi dawkami nie traci właściwości odżywczych? czy nasświetlanie promieniowaniem jądrowym nie powoduje powstawania szkodliwych dla zdrowia substancji toksycznych?

Badania wykazują, że wartość odżywcza wynikająca z zawartości białka, tłuszczu i węglowodanów nie zmniejsza się w wyniku konserwacji promieniowaniem jądrowym. Można to uzasadnić biorąc pod uwagę, że liczba uszkodzeń danej molekuly zależy liniowo od dawki i w przybliżeniu także liniowo od liczby stanowiących ją atomów. I tak w przypadku nasświetlenia dawką 1000 Gy,

powodującą likwidację 99% bakterii *Salmonelli* jedynie 0,0000001% cząstek cukrów czy aminokwasów ulegnie uszkodzeniu.

Gorzej jest z witaminami, ich zawartość w pożywieniu na skutek napromieniowania ulega zmniejszeniu od kilku do kilkudziesięciu procent. Jest to w dużym stopniu zależne od rodzaju składników stanowiących pożywienie i wynika raczej z oddziaływania chemicznego witamin z innymi substancjami, na przykład rozpuszczania witamin w tłuszczu lub w wodzie. Dlatego zubożenie pożywienia w witaminy na skutek konserwowania radiacyjnego następuje w stopniu podobnym jak w przypadku konserwowania innymi standardowymi metodami termicznymi czy chemicznymi. W niektórych przypadkach, np. witaminy B1, nieco większe straty powoduje obróbka termiczna niż napromieniowanie, a w innych przypadkach jest odwrotnie. Tak czy inaczej, witaminy w pożywieniu ulegają rozkładowi także wtedy, gdy żywność nie jest konserwowana a napromieniowanie nie zmienia tego w sposób znaczący. Przykładem może tu być witamina C, która przy niestarannym składowaniu owoców czy warzyw może rozłożyć się nawet w 100%.

Badania właściwości napromienionej żywności pod kątem jej potencjalnej toksyczności były prowadzone przez wiele lat w wielu różnych ośrodkach. Oprócz analizy samej napromienionej żywności badano także jej wpływ na zdrowie zwierząt. W starszych książkach można znaleźć wzmianki o badaniach wpływu żywności konserwowanej radiacyjnie na przemianę materii w grupach ochotników. W Chinach na początku lat osiemdziesiątych badano także ewentualny wpływ spożywania napromienionej żywności na aberacje chromosomowe u ludzi. Do badań napromieniwano żywność dawkami do ok. 60 000 Gy. Wynikiem wspomnianych i innych doświadczeń prowadzonych w wielu krajach jest wniosek, że napromieniowanie jądrowe żywności nie ma żadnego wpływu na zdrowie ludzi, a także nie pogarsza walorów spożywczych i smakowych produktów. Niestety także ich nie polepsza. Na podstawie tych badań Organizacja do Spraw Wyżywienia i Rolnictwa przy ONZ (FAO), Międzynarodowa Agencja do Spraw Energii Atomowej (IAEA) oraz Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) zalecają napromieniowanie żywności dawkami do 10 000 Gy, stwierdzając jednocześnie, że napromieniowanie dawkami większymi nie ma negatywnego wpływu na jej jakość.

Żywność dla kosmonautów, wojska czy szpitali jest często napromieniwana dawkami większymi niż 10 000 Gy. W USA dopuszcza się nawet 30 000 Gy przy napromienianiu przypraw.

Promieniowanie jądrowe wykorzystuje się także do wielu innych celów, na przykład do konserwacji zabytków, uzdatniania wody czy sterylizacji przeszczepów. W celu wyniszczenia prawie wszystkich potencjalnych skażeń bakteriami, przeszczepy napromieniuje się dawkami rzędu 35 000 Gy. Ogromna zaleta sterylizacji radiacyjnej w medycynie polega na tym, że można ją stosować także dla tych materiałów, które pod wpływem temperatury uległyby

zniszczeniu oraz można dokonywać sterylizacji materiałów po ich uprzednim opakowaniu, unikając w ten sposób możliwości wtórnego zakażenia. Dotyczy to w szczególności wszelkiego rodzaju narzędzi chirurgicznych i materiałów opatrunkowych.

W Polsce sterylizacja radiacyjna sprzętu i materiałów medycznych, jak również konserwowanie radiacyjne żywności wykonywane jest na przykład w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie, gdzie do tego celu wykorzystuje się wiązkę elektronów o energii 10 MeV.

IV. Jak sprawdzić czy żywność była napromieniowana

Zmiany składu produktów żywnościowych przy napromieniowaniu jądrowym są tak małe, że nie da się ich ani zobaczyć, ani wywęchać, w przeciwieństwie do innych zmian zachodzących w trakcie gotowania czy smażenia. Zastosowanie analizy chemicznej także nie jest skuteczną metodą badania czy żywność była napromieniowana, ponieważ większość substancji pojawiających się przy napromieniowaniu występuje także w wyniku utrwalania żywności innymi metodami np. obróbki cieplnej. Dlatego znalezienie skutecznych sposobów wykrywania napromieniowania żywności było i jest trudne, i dopiero w latach dziewięćdziesiątych udało się wprowadzić kilka metod do praktycznego zastosowania.

Jedna z takich metod opiera się na wyekstrahowaniu z żywności minerałów i poddaniu ich analizie termoluminescencyjnej, która polega na szybkim podgrzaniu badanej próbki i pomiarze intensywności emitowanych fotonów. W pułapkach sieci krystalicznych minerałów więzione są elektrony, które zostały oderwane od atomów w wyniku oddziaływania z promieniowaniem jądrowym. Przy podgrzewaniu, pod wpływem energii dostarczonej do sieci, elektrony te, przechodząc ze stanów wzbudzonych do stanów podstawowych, powodują luminescencję (emisję fotonów). W celu stwierdzenia czy produkt był napromieniowany, po wstępnym pomiarze widma intensywności luminescencji, napromieniowuje się go dawką 1000 Gy, ponownie podgrzewa i drugi raz mierzy intensywność luminescencji. W przypadku, gdy minerały zostały wyekstrahowane z żywności napromieniowanej, ponowne napromieniowanie nie ma dużego wpływu na intensywność luminescencji. Gdy produkt był nienapromieniowany, to po naświetleniu dawką 1000 Gy jego luminescencja wzrośnie ponad dziesięciokrotnie. Wiele innych ciekawych metod detekcji napromieniowania zostało omówionych w artykule A. Dancewicza. Na koniec wspomnę, w ramach ciekawostki, że w miarę łatwo można stwierdzić napromieniowanie ziemniaków mierząc ich przewodnictwo elektryczne, które maleje w czasie po wbiciu do ziemniaka elektrod, a po kilku minutach osiąga wartość stałą. Napromieniowanie można wykryć, ponieważ wartość końcowa przewodnictwa ziemniaka nie zależy od tego czy był on napromieniowany, czy nie, ale po napromieniowaniu istotnemu zmniejszeniu ulega wartość początkowa.

Nawet bez odpowiedniej aparatury badawczej, żywność konserwowaną za pomocą promieniowania jądrowego możemy łatwo rozpoznać, ponieważ jest ona oznaczana poniższym symbolem.



Literatura

- [1] Juraj Tölgyessy, Milan Kenda, *Alfa, Beta, Gamma Promienie Nadziei*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1984.
- [2] Facts about food irradiation, <http://www.physics.isu.edu/radinf/food.htm>
- [3] J. Scott, S. Pillai, *Irradiation and Food Safety*, Technology **58** (2004) 48.
- [4] A.M. Dancewicz, *Wykrywanie Napromieniowania Żywności*, Postępy Techniki Jądrowej **23** (2000) 10.
- [5] W. Stachowicz, A. Kamiński, J. Michalik, *Sterylizacja przeszczepów chirurgicznych promieniowaniem jonizującym*, Postępy Techniki Jądrowej **50** (2007) 9.
- [6] A. Hrynkiewicz, *Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego*, Państwowa Agencja Atomistyki (1993).
- [7] E.S. Josephson, M.H. Thomas, W.K. Calhoun, *Nutritional aspects of food irradiation: an overview*, Journal of Food Processing and Preservation **2** (1978) 299.



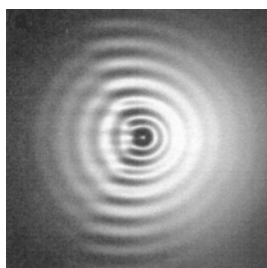
Dziwne krople

Jerzy Ginter
Uniwersytet Warszawski

Wstęp

W ciągu ostatnich kilku lat ukazał się cykl prac profesora Yvesa Coudera i współpracowników z Uniwersytetu Paryskiego 7, w których badano właściwości kropeł cieczy w specyficznych warunkach. W doświadczeniach używano naczyń z olejem silikonowym, które za pomocą odpowiedniego urządzenia wprawiano w pionowy ruch drgający. Na tę drgającą powierzchnię cieczy spuszczano z góry kropelkę tego samego oleju o średnicy rzędu 1 mm. Jeżeli odpowiednio dobrać częstotliwość i amplitudę drgań, kropla taka zachowuje się w sposób zdumiewający:

1. Przede wszystkim nie łączy się z cieczą w naczyniu, ale odbija się od jej powierzchni i podskakuje jak piłka. Może tak podskakiwać wiele godzin.
2. W jeszcze bardziej wyspecyfikowanych warunkach na powierzchni cieczy powstaje szczególny twór korpuskularno falowy, składający się z podskakującej kropli i fali, którą kropla generuje na powierzchni cieczy przy każdym odbiciu. Taki twór porusza się po powierzchni cieczy ruchem jednostajnym (rys. 1), co oczywiście oznacza, że kropla porusza się nad powierzchnią cieczy po odcinkach parabol. Autorzy twór ten nazywają „walker”. My będziemy używać nazwy „wędrownik”.



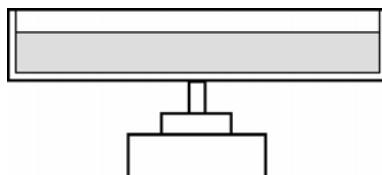
Rys. 1. „Wędrownik” – klasyczny twór korpuskularno falowy

Autorzy przeprowadzili bardzo szerokie badania, w których zmieniali rodzaj cieczy, częstotliwość i amplitudę drgań, czy wielkość kropli. W krótkim artykule nie sposób ich omówić szczegółowo.

Układ doświadczalny

Podstawowym elementem opisywanych w pracach układów doświadczalnych były płaskie kwadratowe naczynia o bokach rzędu 10 cm, wypełnione olejem

silikonowym o grubości warstwy rzędu 1 cm (rys. 2). Naczynie takie wprawiane było w pionowe drgania przez układ, zasilany generatorem akustycznym. Można było regulować częstość drgań i ich amplitudę. Typowa częstość drgań była równa 80 Hz, a regulowana amplituda – rzędu kilku dziesiątych milimetra.



Rys. 2. Schemat układu doświadczalnego

Na powierzchnię cieczy spuszczano krople o średnicach w zakresie od 0,4 mm do 1,4 mm. Tutaj omówimy tylko właściwości kropli o średnicach bliższych 0,8mm. Zachowanie kropli rejestrowano pod różnymi kątami kamerą o szybkości 1000 zdjęć na sekundę.

Drganie naczynia z cieczą

Jak wspomnieliśmy wyżej, naczynie z cieczą wykonywało pionowy ruch harmoniczny o częstości równej typowo 80 Hz. W omawianych pracach przyspieszenie naczynia $a(t)$ opisywane jest wzorem

$$a(t) = \gamma_m \cos(2\pi vt); \quad (1)$$

gdzie v jest częstością drgań, a γ_m amplitudą zmian przyspieszenia.

Wyniki podawane są w funkcji wielkości γ_m/g , gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim, typowo w zakresie γ_m/g nieco mniejszego od jedności, do $\gamma_m/g \approx 4,5$.

Jeżeli znamy częstość, wielkość γ_m/g łatwo przetłumaczyć na „zwykłą” amplitudę drgań. Niech pionowe położenie naczynia z cieczą zmienia się jak

$$z(t) = -A \cos(2\pi vt). \quad (2)$$

Wtedy

$$a(t) = \frac{d^2 z(t)}{dt^2} = A \cdot 4\pi^2 v^2 \cos(2\pi vt). \quad (3)$$

Z porównania 1 i 3 uzyskujemy związek:

$$A = \frac{\gamma_m}{4\pi^2 v^2} = \frac{g}{4\pi^2 v^2} \frac{\gamma_m}{g}. \quad (4)$$

Dla $v = 80 \text{ Hz}$ i $g \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ dostajemy:

- dla $\gamma_m/g = 1$, $A = 0,04$ mm;
- dla $\gamma_m/g = 2,5$, $A = 0,10$ mm;
- dla $\gamma_m/g = 4,3$, $A = 0,17$ mm.

Kiedy rozważamy drganie naczynia z cieczą, musimy wziąć pod uwagę dwie graniczne wartości γ_m/g .

1. Załóżmy, że w pewnej chwili t_0 powierzchnia cieczy wychylona jest maksymalnie w górę. Przypuśćmy dalej, że w tej samej chwili nad tą powierzchnią znalazła się kropla. Jeżeli będzie spełniony warunek $\gamma_m/g > 1$, wtedy dla czasów nieco większych od t_0 powierzchnia cieczy będzie opadać w dół szybciej, niż kropla spadająca swobodnie. Można więc oczekiwać, że warunek $\gamma_m/g = 1$ będzie stanowić istotną granicę dla oddziaływania kropli z drgającą cieczą.
2. Do tej pory przyjmowaliśmy, że powierzchnia cieczy w naczyniu pozostaje płaska, a cała ciecz drga tak samo jak naczynie, w którym ona się znajduje. Jest tak, dopóki wartość γ_m nie osiągnie pewnej granicznej wartości γ_m^F . Jeżeli $\gamma_m > \gamma_m^F$, na powierzchni cieczy powstają fale stojące o częstotliwości równej $v/2$. Dla $v = 80\text{Hz}$ oczywiście $v/2 = 40$ Hz. Pojawiającą się niestabilność nazywamy niestabilnością Faradaya¹. Wartość γ_m^F zależy od częstotliwości oraz parametrów charakteryzujących ciecz, jak gęstość czy lepkość. Dla omawianego przypadku wielkość γ_m^F/g była bliska 4,5. Prędkość fal Faradaya była równa $V_F = 189 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$, a ich długość równa $\lambda_F \approx 5\text{mm}$. Wynika to ze związku

$$V_F = \lambda_F \frac{v}{2} \quad (\text{czyli dostosowanej do naszych oznaczeń ogólnej zależności } V = \lambda v).$$

Zachowanie kropli dla niezbyt wielkich γ_m/g

Jak zależy zachowanie się kropli od wartości γ_m/g ? Omówmy to po kolei. Zrobimy to opuszczając pewne drugorzędne szczegóły, które oczywiście można znaleźć w cytowanych pracach oryginalnych.

Małe γ_m/g

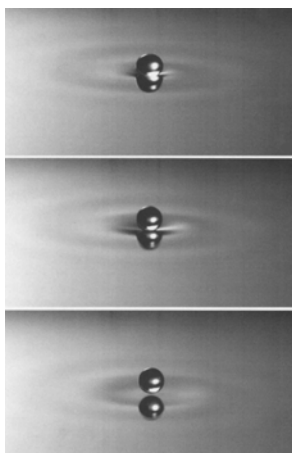
Jeżeli $\gamma_m/g < 0,8$, kropla upuszczona na powierzchnię łączy się z cieczą w przeciągu kilku setnych sekundy.

Pojedyncze skoki

W zakresie $0,8 < \gamma_m/g < 2,5$ kropla, opadając na powierzchnię nie łączy się z cieczą. Zaczyna skakać po jej powierzchni (rys. 3). Jest to ruch periodyczny

¹ Zobacz w Wikipedii hasło *Faraday waves* i dołączony do niego film na *YouTube*.

z częstością równą częstości drgań naczynia ν . Widać zatem, że następuje istotna zmiana zachowania kropli przy wartości γ_m/g bliskiej jedności.



Rys. 3. Skacząca kropla

Fakt, że kropla nie łączy się z cieczą, związany jest z tym, że omawiany ruch odbywa się w powietrzu. Przy dostatecznie szybkich ruchach nie ma dosyć czasu, aby „wycisnąć” powietrze z obszaru pomiędzy kroplą a cieczą. Warstwa gazu oddziela więc cały czas kroplę od cieczy i nie dochodzi do ich bezpośredniego zetknięcia².

Wysokość skoków kropli h związana jest z częstością wykonywanych skoków ν . Jej rząd wielkości można oszacować, przybliżając prawdziwy ruch przez sprężyste odbijanie się sztywnej kulki od sztywnego podłoża. Dla takiego ruchu połowa okresu $\frac{T}{2} = \frac{1}{2\nu}$ jest równa czasowi t spadku swobodnego ciała z wysokości h_0 . Prowadzi to do związków:

$$h_0 = \frac{gt^2}{2} = \frac{g}{8} \frac{1}{\nu^2}. \quad (5)$$

- Dla $\nu = 1$ Hz wysokość $h_0 \approx 1,25$ m. Odpowiada to sytuacji, w której dla zabawy podbija się raketką piłeczkę ping-pongową.
- Dla $\nu = 80$ Hz wysokość $h_0 \approx 0,19$ mm. Jest to wielkość większa od obserwowanej w doświadczeniu $h = 0,13$ mm. Związane jest to z faktem, że kropla nie odbija się od powierzchni cieczy natychmiast. Oddziaływanie kropli z cieczą trwa około $\frac{1}{5} T$.

² Ciekawe byłoby więc przeprowadzić identyczne badania dla oleju o niskiej prężności par, znajdującego się w próżni. W omawianych pracach o takiej możliwości się nie wspomina.

- Dla $\nu = 40$ Hz wysokość $h_0 \approx 0,78$ mm. Wiadomość ta przyda nam się w dalszej części artykułu.

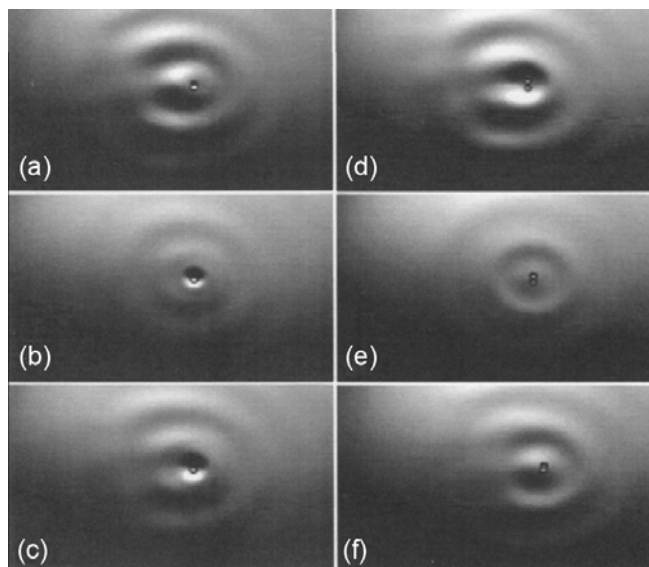
Podwójne skoki

Jeżeli γ_m/g przekracza wartość 2,5, okres ruchu się podwaja. Dzieje się to w taki sposób, że kropla wykonuje na przemian po dwa skoki o różnych wysokościach: większej i mniejszej.

Wędrownik

Sytuacja staje się na prawdę ciekawa, kiedy γ_m osiąga wartość w przybliżeniu równą $0,9 \gamma_m^F$. Wtedy na powierzchni cieczy pojawia się „wędrownik”, czyli twór korpuskularno falowy, o którym mówiliśmy już we wstępie. Składa się on z podskakującej kropli i fali, którą kropla generuje na powierzchni cieczy przy każdym odbiciu. Taki twór porusza się po powierzchni cieczy ruchem jednostajnym z prędkością V_w nie większą niż $20 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$, a więc znacznie mniejszą od prędkości fali Faradaya $V_F = 189 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$. Okres tego ruchu jest dwa razy większy, niż dla omówionego wyżej zakresu pojedynczych skoków i jest równy częstotliwości fal Faradaya. Częstość tego ruchu jest więc równa 40 Hz.

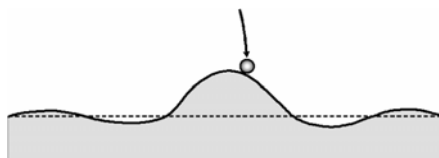
Rysunek 4 przedstawia czasową zmienność takiego układu. Warto zwrócić uwagę, że kiedy kropla znajduje się nad powierzchnią cieczy, na zdjęciu widoczne jest także jej odbicie.



Rys. 4. Kolejne fazy ruchu wędrownika

1. Kiedy kropla opadnie na powierzchnię cieczy, powoduje powstanie lokalnego zagłębienia (rys. 4a, b, c).
2. Istnieje ono jeszcze w chwili, kiedy kropla już od powierzchni się oderwała i porusza się w górę po paraboli (widoczne odbicie kropli na rysunku 4d).
3. Mamy do czynienia z ruchem falowym powierzchni cieczy. W czasie, kiedy kropla porusza się ponad cieczą, zagłębienie w cieczy zmienia się w górkę (rys. 4e). Gdyby kropla nie opadła ponownie na powierzchnię cieczy, górką zmieniłaby się w kołowy „wał”, którego promień rósłby z czasem, tak jak w przypadku fali na kałuży, wywołanej przez kroplę deszczu.
4. Kropla ponownie opada na powierzchnię cieczy. Szczyt góry z fotografii 4e znajduje się w miejscu poprzedniego zetknięcia kropli z cieczą. Kropla poruszała się po paraboli z pewną prędkością poziomą. Opadnie więc nie na szczyt tej góry, ale nieco na prawo od niego (rys. 4a i rys. 5).

Gdybyśmy mieli do czynienia ze sztywną kulą, która spada na sztywną nachyloną powierzchnię, wartość poziomej składowej kulki przy odbiciu wzrosłaby. W rzeczywistości mamy jednak sytuację znacznie bardziej złożoną. Spadająca kropla zaczyna deformować powierzchnię cieczy. Poza tym w czasie oddziaływania mamy do czynienia z siłami oporu – pomiędzy cieczami i dzielącą je warstwą powietrza. Niemniej jednak sytuacja jest niesymetryczna i kierunek „w lewo” nie jest równoważny kierunkowi „w prawo”. W czasie zderzenia składowa pionowa prędkości kropli zmieni znak, a składowa pozioma zostanie zachowana. Powtarzać się to będzie w każdym z następnych zderzeń. Kropla będzie wędrować poziomo w przybliżeniu ze stałą prędkością.

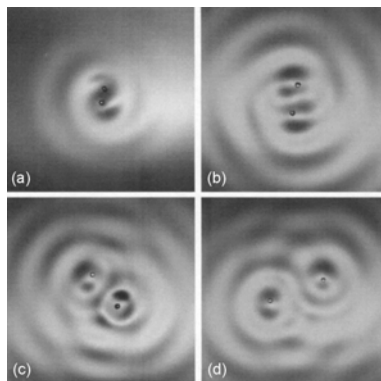


Rys. 5. Schematycznie przedstawione oddziaływanie kropli z falą

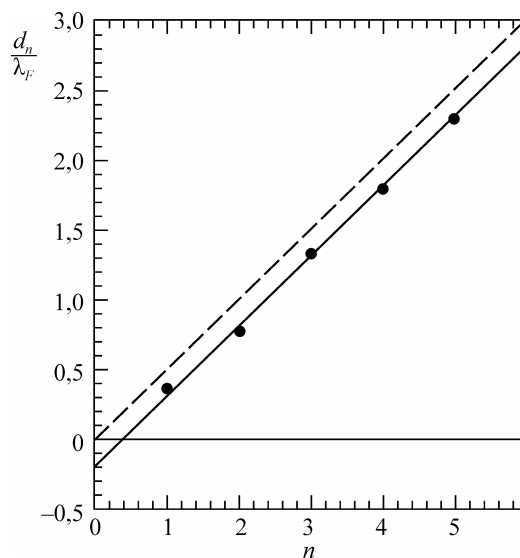
5. Wysokość h , na którą wznosi się kropla wędownika wynosi około 0,30 mm. Jest więc istotnie mniejsza od obliczonej przez nas wyżej wysokości h_0 , odpowiadającej częstotliwości 40 Hz, która wynosiła 0,78 mm. Jest to związane z faktem, że przez znaczną część okresu kropla oddziałuje z cieczą, co widoczne jest na fotografiach przedstawionych na rys. 4.

Stany związane dwóch wędowników

Jeżeli dwóch jednakowych wędowników się spotka, mogą utworzyć stan związany (rys. 6). Polega on na tym, że dwie krople poruszają się po kołowej orbicie wokół wspólnego środka.



Rys. 6. Stany związane wędrowników

Rys. 7. Zależność promienia orbity stanów związanych wędrowników od liczby „kwantowej” n

1. Promienie tych orbit d są „skwantowane”. Zachodzi prosty związek³ (rys. 7):

$$d_n = (n - c) \frac{\lambda_F}{2}; \quad (6)$$

gdzie n są kolejnymi liczbami naturalnymi: $n = 1, 2, 3, \dots$, a c pewną stałą.

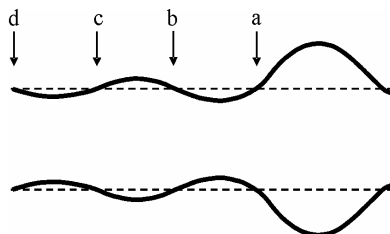
³ Nasze oznaczenia różnią się od oznaczeń w pracy oryginalnej.

2. Na fotografiach widać, że dla n parzystych krople podskakują w zgodnych fazach (rys. 6b, d), a dla n nieparzystych krople podskakują w fazach przeciwnych (rys. 6a, c).

Skrajnie upraszczając można to opisać następująco. Nazwijmy dwie krople stanu związanego odpowiednio A i B. W stanie związanym kropla B oddziałuje jednocześnie:

- z wytworzoną przez siebie falą, co omówiliśmy w punkcie poprzednim;
- z falą wytworzoną przez kroplę A.

Górny rysunek 8 przedstawia schematycznie falę wytworzoną przez kroplę A w kierunku prostopadłym do kierunku ruchu wędrownika, odpowiadającą sytuacji z rysunku 4a, czyli wtedy, kiedy kropla A po wykonaniu podskoku opada na powierzchnię cieczy. Przypuśćmy, że krople skaczą w zgodnych fazach, czyli kropla B też opada na powierzchnię cieczy.



Rys. 8. Ilustracja oddziaływania kropli B z falą wytworzoną przez kroplę A

- Gdyby kropla B znajdowała się w punktach wskazanych strzałkami b i d na rysunku 8, doznałaby siły zwróconej w kierunku kropli A, czyli siły zwróconej do centrum. Powodowałoby to zakrzywienie toru ruchu kropli B ku środkowi.
- Gdyby kropla B znajdowała się w punktach wskazanych strzałkami a i c na rysunku 8, doznałaby siły zwróconej przeciwnie. Spowodowałoby to odpychanie jej od kropli A.

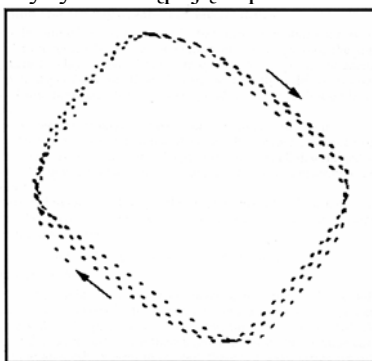
Kropla A oddziałuje z falą, wytworzoną przez kroplę B – i zachowuje się analogicznie.

Przypuśćmy teraz, że krople skaczą w przeciwnych fazach, czyli kropla B opada na powierzchnię cieczy wtedy, kiedy kropla A się wznosi. Kropla B napotka więc falę wytworzoną przez kroplę A z odwróconą fazą, co przedstawia schematycznie dolny rysunek 8. Siła przyciągająca będzie działać na kroplę B znajdującą się w miejscach wskazanych strzałkami a i c.

Odległości pomiędzy strzałkami na rysunku 8 równe są $\frac{\lambda_F}{2}$. Kolejne promienie stabilnych orbit powinny więc różnić się od siebie o tę właśnie wielkość.

Odbicie wędrownika od ścianki naczynia

Jeżeli pojedynczy wędrownik dotrze do ścianki naczynia, odbija się od niej (rys. 9). Obserwuje się przy tym następujące prawidłowości:



Rys. 9. Odbijanie się wędrownika od ścianek naczynia

- Kropla wędrownika nie dociera do samej ścianki naczynia i zawraca w pewnej odległości od niej. Odległość ta jest rzędu λ_F .
- W procesie odbicia kropla zakreśla gładką krzywą – bez „ostrego dzióbka”.
- Kąt padania nie jest równy kątowi odbicia.

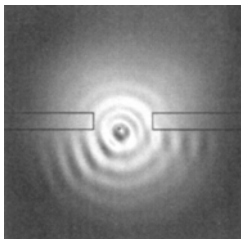
Jeżeli prowadzić obserwacje przez dłuższy czas, widać, że kropla krąży po kwadratowym naczyniu, kolejno odbijając się od jego ścianek. Na rysunku 9 zarejestrowane zostały trzy takie okrążenia.

Wy tłumaczenie takiego zachowania się wędrownika nie jest proste. Idea jest następująca: kropla wędruje z prędkością V_w , a razem z nią przemieszcza się fala, która ma większą prędkość V_F . Kiedy wędrownik zbliża się do ścianki naczynia, pierwsza dociera do niej fala i odbija się. Zatem kropla w obszarze przy ścianie oddziałuje jednocześnie z falą pierwotną – co omówiliśmy powyżej – oraz z falą odbitą. To drugie oddziaływanie wpływa na zmianę kierunku ruchu kropli.

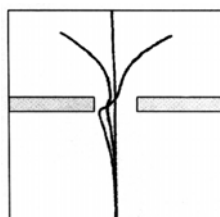
Dyfrakcja wędrownika na szczelinie

Można także zbadać dyfrakcję wędrownika na pojedynczej szczelinie. W doświadczeniu omówionym w pracy 4 naczynie z olejem miało głębokość $H = 4$ mm. Szczelinę stanowiły dwa paski przyklejone do dna naczynia, które zmniejszyły głębokość do pewnej wielkości H_1 (niepodanej w pracy). Odległość pomiędzy ich końcami wynosiła $L = 14,7$ mm.

Na szczelinę kierowano wędrownika, któremu odpowiadała długość fali Faradaya równa $\lambda_F = 4,75$ mm (rys. 10). Daje to wartość stosunku $L/\lambda_F = 3,1$. W doświadczeniu użyto 125 razy tej samej kropli, którą za każdym razem kierowano prostopadle do linii wyznaczonej przez szczelinę.



Rys. 10. Wędrownik przechodzący przez szczelinę



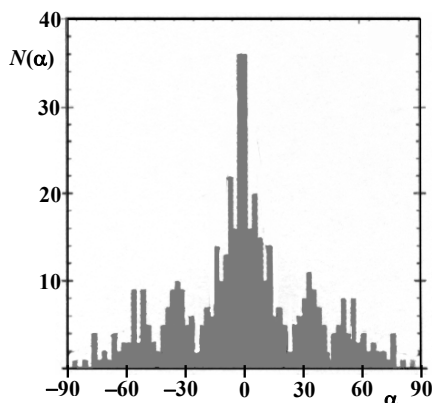
Rys. 11. Przykładowe torzy kropli wędrownika

Wyniki eksperymentu były następujące:

1. Kropla wędrownika skierowanego na szczelinę poruszała się oczywiście po jakimś określonym torze, który można było rejestrować za pomocą kamery. Mimo, że starano się zapewnić jednakowe warunki początkowe, torzy tych kropli bardzo różniły się od siebie. Trzy przykładowe torzy przedstawia rysunek 11. Po przejściu przez szczelinę i oddaleniu się od niej kropla poruszała się po linii prostej.
2. Dla każdego z takich torów zmierzono kąt odchylenia α wspomnianego fragmentu prostoliniowego od kierunku początkowego. Sporządzono histogram zależności liczby zdarzeń N od kąta α . Przedstawia go rysunek 12.

Uzyskany wykres jest podobny do „zwykłej” dyfrakcji światła na pojedynczej szczelinie. W doświadczeniu:

- pierwsze minimum boczne pojawia się dla kąta $\alpha \approx 24^\circ$;
 - stosunek wartości prawdopodobieństwa w pierwszym maksimum bocznym do wartości prawdopodobieństwa w maksimum głównym wynosi około 0,2.
- Wyniki można byłoby porównać ze „szkolnymi” wzorami, opisującymi dyfrakcję światła na pojedynczej szczelinie:
- warunek $\sin\alpha = \frac{\lambda_F}{L} = 0,32$ daje kąt $\alpha \approx 19^\circ$, czyli nieco mniej niż w doświadczeniu;
 - stosunek wartości prawdopodobieństwa w pierwszym maksimum bocznym do wartości prawdopodobieństwa w maksimum głównym wynosi w tym przypadku około 0,04.



Rys. 12. Histogram zależności liczby zdarzeń N od kąta odchylenia α

Stosowalność tych wzorów jest jednak problematyczna. Są one słuszne wtedy, kiedy odległość od szczeliny do punktu obserwacji l jest znacznie większa i od długości fali λ i od szerokości szczeliny L . W warunkach opisywanego eksperymentu l/λ_F wynosi około 16, a l/L około 5.

Autorzy przeprowadzili złożone symulacje komputerowe ruchu kropli, która oddziaływała z falą pierwotną i falami odbitymi przez ścianki szczeliny. Nie będziemy tu omawiać dokładniej użytych w tych obliczeniach przybliżeń. Użytkownicy takich rachunków rozsądną zgodność z wynikami eksperymentu.

W podobny sposób zbadano też dyfrakcję wędrownika na dwóch szczelinach.

I co z tego wynika?

W omawianych pracach badano właściwości klasycznego układu korpuskularno-falowego, złożonego z kropli i sprzężonej z nią fali na powierzchni cieczy. Właściwości takich tworów okazały się rzeczywiście zdumiewające.

Trudno jednak uniknąć pytania bardziej podstawowego: czy istnieje jakiś związek pomiędzy omawianym układem klasycznym a „prawdziwym” dualizmem korpuskularno-falowym cząstek elementarnych? Idea korpuskuły sprzężonej z falą nie jest w tym przypadku nowa, pochodzi od Luisa de Broglie’a.

Literatura

- [1] Y. Couder, E. Fort, C.G. Gautier, A. Baudaoud, *From Bouncing to Floating: Noncoalescence of Drops on a Fluid Bath*, PRL **94**, 177801 (2005).
- [2] Y. Couder, S. Protière, E. Fort, A. Baudaoud, *Walking and orbiting droplets*, Nature **437**, 208 (2005).
- [3] Suzie Protière, Arezki Baudaoud and Yves Couder, *Particle-wave association on a fluid interface*, J. Fluid. Mech. **554**, 85 (2006).
- [4] Yves Couder and Emmanuel Fort, *Single-Particle Diffraction at a Macroscopic Scale* PRL **97**, 154101 (2006).



II Zasada Newtona w podręcznikach szkolnych – zaproszenie do dyskusji

Wojciech Dindorf

Od Redakcji: Wojciech Dindorf zadał sobie trud i wypisał rozmaite sformułowania II Zasady Newtona. Niestety, nie wszystkie są poprawne. Sformułowania mają istotne znaczenie na zrozumienie i zapamiętanie tego fundamentalnego prawa. Wojciech Dindorf wystąpił z apelem o stworzenie, jak to nazwał, **kamiennych tablic, kanonu** z poprawnymi i zaakceptowanymi przez ogół uczących sformułowaniami najważniejszych praw fizyki. Tak by były one niejako święte i obowiązujące. Na poparcie słuszności swego apelu skompletował sformułowania II Zasady Dynamiki Newtona.

Idea jest taka: Przy dużej liczbie wydawnictw zajmujących się „produkcją” podręczników szkolnych i przy swobodzie doboru autorów, dla zlikwidowania nieścisłości w podstawowej ścisłej dyscyplinie, posiadanie takich „kamiennych tablic”, nienaruszalnych przykazań, pozwoli na ukierunkowanie myśli swobodnie wyrażanych i przekazywanych naszym uczniom – przekazywanych zresztą często za ich pieniądze.

Niech rodzice i uczniowie wiedzą, że którykolwiek podręcznik pani nauczycielka poleci, to zasadniczo będzie w tym podręczniku to samo, co w innych, tylko inaczej, z innymi „przyprawami” podane.

Wytypuję te najważniejsze, a różnie przedstawiane prawa (licząc bardzo na poprawki/propozycje od Czytelników):

1. I Zasada Dynamiki
2. II Zasada Dynamiki
3. III Zasada Dynamiki
4. Prawo Archimedesesa
5. Prawo grawitacji
6. Prawo Pascala
7. Prawo Coulomba
8. Prawo Ohma
9. I Zasada Termodynamiki
10. II Zasada Termodynamiki
11. Interpretacja Einsteina równoważności masy i energii
12. Prawa odbicia i załamania światła

Aby uświadomić Czytelnikom wagę problemu wykonuję oto czasochłonną pracę (kto to doceni?), przepisując II Zasadę Dynamiki Newtona z kilkunastu podręczników szkolnych. Są to **podręczniki dla liceów**. O kolejności zadecydowało aktualne miejsce na półce w domowej bibliotece.

Sformułowania II Zasady Dynamiki Newtona

1. *Przyspieszenie, z jakim porusza się punkt materialny, jest wprost proporcjonalne do przyłożonej doń siły niezrównoważonej, a odwrotnie proporcjonalne do jego masy* (E. Gabryelski – WSiP 1965, s. 62)

2. *Jeżeli na ciało działa siła, to porusza się ono względem inercjalnego układu odniesienia ruchem zmiennym z przyspieszeniem wprost proporcjonalnym do siły a odwrotnie proporcjonalnym do masy ciała. Kierunek i zwrot wektora przyspieszenia są zgodne z kierunkiem i zwrotem siły* (J. Mirecki – WSiP 1996, s. 47)

3. *Jeżeli na ciało działa stała siła, to ciało porusza się ruchem jednostajnie zmiennym, przyspieszonym, względnie opóźnionym, z przyspieszeniem lub opóźnieniem wprost proporcjonalnym do działającej siły a odwrotnie proporcjonalnym do masy tego ciała* (K. Chyla – DEBIT 1997, s. 34)

4. *Ciało, na które działają siły niezrównoważone, porusza się względem układu inercjalnego z przyspieszeniem o wartości wprost proporcjonalnej do wartości siły wypadkowej i odwrotnie proporcjonalne do masy ciała. Kierunek i zwrot przyspieszenia jest zgodny z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej* (J. Blinowski – WSiP 2002, s. 136)

5. *Siła F działająca na ciało o masie m udziela mu przyspieszenia o wartości proporcjonalnej do wartości siły, a współczynnikiem proporcjonalności jest masa m . Kierunek i zwrot przyspieszenia są zgodne z kierunkiem z zwrotem siły. (na stronie 98, podsumowując wyniki doświadczenia dodane jest, że „... doświadczenie potwierdza liniową zależność F od a ”) (M. Kozielski – WSzPWN 2004, s. 92)*

6. *Jeśli siły działające na ciało nie równoważą się (czyli siła wypadkowa F_w jest różna od zera), to ciało porusza się ruchem zmiennym z przyspieszeniem, którego wartość jest wprost proporcjonalna do wartości siły wypadkowej F_w . Współczynnik proporcjonalności jest równy odwrotności masy ciała. Kierunek i zwrot przyspieszenia jest zgodny z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej* (J. Salach – ZAMKOR 2004, s. 53)

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}_w/m$$

7. Przyspieszenie, z jakim porusza się ciało o masie m jest wprost proporcjonalne do wypadkowej sił działających na ciało

$$\mathbf{a} \sim \mathbf{F}$$

albo

Przyrost pędu ciała jest równy iloczynowi działającej na ciało siły i czasu jej działania

$$\Delta \mathbf{p} = \mathbf{F}_w \Delta t$$

(A. Czerwińska – ZamKor 1998, s. 45 i 47)

8. Gdy na ciało działa wypadkowa siła (wektorowa suma sił działających) to ciało porusza się ruchem jednostajnie zmiennym. Kierunek i zwrot przyspieszenia ciała są zgodne z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej. Przyspieszenie ciała jest wprost proporcjonalne do siły, a odwrotnie proporcjonalne do masy ciała.

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$$

(P. Walczak, G.F. Wojewoda – Operon 2003, s. 70)

9. Jakakolwiek zmiana ruchu (kierunku czy szybkości) wymaga działania siły, zachodzi w kierunku jej działania i jest do niej proporcjonalna (W. Dindorf – WSzPWN 2003, s. 58)

10. Jeśli siły działające na ciało nie równoważą się (czyli siła wypadkowa \mathbf{F}_w jest różna od zera), to ciało porusza się ruchem zmiennym z przyspieszeniem, którego wartość jest wprost proporcjonalna do wartości siły wypadkowej \mathbf{F}_w . Współczynnik proporcjonalności jest równy odwrotności masy ciała. Kierunek i zwrot przyspieszenia jest zgodny z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej.

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}_w/m$$

(co do przecinka identyczne z tym z [6]) czyżby nakaz odgórny wydawnictwa? Jeśli tak, to popieram. Potwierdzałoby to pogląd, że standaryzacja jest mile widziana.) (M. Fiałkowska – ZAMKOR 2002, s. 38)

11. Jeśli na ciało o masie m działa siła wypadkowa \mathbf{F} to ciało to porusza się ruchem przyspieszonym z przyspieszeniem równym ilorazowi wartości tej siły i masy ciała (J. Mostowski, Wł. Natorf, N. Tomaszewska. – WSiP 2002, s. 82)

12. Brak wyraźnego sformułowania, które można by uczniom „zadać” do zapamiętania; jest dość szeroko dyskutowany wzór

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m \quad \text{czyli} \quad m\mathbf{a} = \mathbf{F}$$

(S. Brzezowski – Operon 2002, s. 64–70)

13. Cytowane za Newtonem „*Prawo II. Zmiana ruchu jest proporcjonalna do przyłożonej siły poruszającej i odbywa się w kierunku linii prostej, wzdłuż której siła jest przyłożona.*

Jeśli pewna siła wywołuje pewien ruch, siła dwa razy większa wywoła ruch dwa razy większy, siła trzy razy większa wywoła ruch trzy razy większy itd., bez względu na to czy te siły działają jednocześnie czy stopniowo i kolejno po sobie. Ponieważ ruch jest skierowany zawsze w tym samym kierunku co siła, przeto, gdy ciało już przed działaniem siły znajdowało się w ruchu, ruch wywołany przez tę siłę, dodaje się do poprzedniego, gdy kierunki ich są zgodne lub też zostaje złożony, stosownie do kierunku obu, gdy kierunki ich tworzą pewien kąt” (G. Białkowski, W. Olifieruk – WSiP 1988, s. 124 za Newtonem)

14. *Przyspieszenie spowodowane działaniem siły na ciało jest proporcjonalne do wartości siły i ma ten sam kierunek i zwrot, co działająca siła.*

i bardziej ogólnie

Tempo zmiany pędu ciała jest równe sile działającej na ciało. Zmiana pędu ma ten sam kierunek i zwrot co siła (D. Sang, K. Gibbs, R. Hutchings (w przekł. z ang. A. Babińskiego i R. Bożka – Cambridge – Nowa Era 2002, s. 124)

Komentarza nie będzie. Każdy uważnie czytający i rozumiejący, jaki związek zachodzi między m , \mathbf{F} i \mathbf{a} musi zauważyć różnorodność nieścisłości (jeśli nie niedorzeczności) ukrytych w tych cytatach.

Sądzę, że Czytelnik zgodzi się ze mną, że uporządkowanie myśli jest tu potrzebne, że tak, jak zaakceptowaliśmy system jednostek i nie mieszamy Celsiusa z Kelvinami czy ergów z dżulami to powinniśmy nie mieszać niczego w wyrażaniu podstawowych praw Wszechświata.

Wyobraźmy sobie (teoretycznie!) zażenowanie, gdy stawiając pałę za II Zasadę uczeń nam pod nos podsunie podręcznik zatwierdzony przez MEN i udowodni, że jego wypowiedź wypływa z tego źródła?

Przestudiujmy te materiały i spróbujmy **zapropionować własną zwięzłą, a poprawną, łatwo przyswajalną, atrakcyjną wersję**

II Z a s a d y D y n a m i k i

Może uda się nasze propozycje przedstawić np. Zjazdowi Fizyki? Może kiedyś w kanonach programowych Władz Najwyższych podstawowe prawa podane zostaną w obowiązującej formie?

A jak to jest u innych?

Odpowiem: chyba nieco lepiej, szczególnie w krajach angielskojęzycznych. Zacytuję II Zasadę w kilku językach bez tłumaczenia.

II Zasada w językach mniej lub bardziej obcych

15. *Cuando una fuerza actuá sobre un cuerpo, produce una aceleración en la dirección de la fuerza, que es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa del cuerpo* (Física, Tauro..., Peru 1946)

16. *Principio de la masa (Ciekawa nazwa!). La aceleración que adquiere un cuerpo bajo la acción de una fuerza es directamente proporcional a la fuerza, e inversamente proporcional a su masa*

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$$

(Física, Maistegui..., Argentyna 1965)

17. *Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung denjenigen geraden Linie, nach welchem jene Kraft wirkt*

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$$

(Physik Aktuell... Schiestl..., Austria 1994)

18. *A tömegpontot a ráható erő irányába gyorsítja, az erő arányos a gyoroslással és a test tehetetlen tömegéve*

$$\mathbf{F} = k\mathbf{ma}$$

(Fizika, Varga..., Węgry 1987)

19. *The acceleration of an object is directly proportional to the net resultant force acting on the object and is inversely proportional to the mass of the object. The direction of the acceleration is in direction of the net resultant force*

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

(Physics, Saxon..., USA 1993)

20. $\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$, a wokół tego wzoru opowiadania o masie, o sprężynie o „free body diagram” i o jednostce siły. Brak formułki (Physics [Fundamentals of...], Haliday Resnick, John Wiley, USA 1993)

21. *The rate of change of momentum of a body is proportional to the force acting on the body and is in the direction of the force* (Physics, Pant..., Indie 1985)

22. *Ο θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής λέει: Όταν σ' ένα σώμα μάζας m ασκείται συνέχεια μια δύναμη F , τότε το σώμα αποκτάει επιτάχυνση γ τέτοια, ώστε η δύναμη νά 'ναι πάντα ανάλογη της επιτάχυνσης, δηλαδή:*

$$F = m \cdot \gamma$$

Jest po grecku niech będzie po łacinie, czyli tak jak to zapisał Newton (η Φυσική, Anastaziadne – Gutenberg, Grecja 1987, s. 35):

23. **Lex II: Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.**

Cytowane przez autorów podręczników za Newtonem (Physics..., E. Rogers, Princeton 1960, USA, s. 314 oraz A. Höfler w swoim słynnym podręczniku Physik, 1904 Vieveg und Sohn, Braunschweig)

24. *Law II: When an external force acts on a body. the product MASS. ACCELERATION varies directly as the force, and the acceleration is in the direction of the force* (Physics..., Rogers, Princeton 1960, USA, s. 131)

25. *Newton's second law states that (for equal masses) acceleration is proportional to force; and (for equal forces) acceleration is inversely proportional to mass. We can write this algebraically*

$$a = k \cdot F/m$$

(Physics, Gamow – Prentice Hall, USA 1969, s. 45, Noblista napisał podręcznik!)

26. *The rate of change of momentum of a body is proportional to the resultant force and occurs in the direction of the force* (Advanced Physics – Duncan – John Murray, Anglia 1992, s. 152)

27. *Dans un référentiel galiléen, la somme de forces $\Sigma \vec{F}$ qui s'exercent sur un système matériel à l'instant t est égale au produit de la masse m de ce système par le vecteur accélération $\vec{a}_G(t)$ de son centre d'inertie G à cet instant* (S. Bagard, M.-Ch. de La Souchère, Physique, Terminale S, Bréal, 2008)

$$\Sigma \vec{F} = \vec{a}_G(t)$$

A tak poza wszystkim: czy to nie dziwne, że tylu ludziom chce się poświęcać czas by napisać to samo, co już wielu przed nimi napisało? Nawet nie wysilają się nad oryginalnym tytułem. Większość podręczników ma ten sam tytuł „Fizyka”. Czy każdy z autorów rzeczywiście myśli, że coś nowego wymyśli?

Nie wystarczyłby jeden podręcznik szkolny na cały kraj? A może na całą Europę, jak nie na cały świat. Tu zgodność powinna być powszechna, w końcu chodzi o naukę ŚCISŁĄ, a nie jak np. w przypadku historii. Prawa przyrody zasłużyły sobie na jedno idealne opracowanie na „Principles (Bible) of Physics” i na kilkaset idealnych tłumaczeń.

Globalizacja stała się faktem. Leczymy, „urzędniczymy”, kelnerujemy, budujemy, naprawiamy, nauczamy i wykładamy, sprzątamy we wszystkich zakątkach świata. W naszych szkołach pojawiają się egzotyczne dzieci.

Może by coś zacząć „globalizować” na naszym podwórku?

Od Redakcji:

Redakcja zdecydowanie popiera stworzenie **kamiennych tablic**, jednak nie zgadza się z propozycją globalnego podręcznika. Nie po to walczyliśmy o wolność w nauczaniu. Uczniowie są różni, mają rozmaite preferencje, zdolności, możliwości i zainteresowania. Nauczyciele też różnią się między sobą. Niechaj każdy dopasuje do siebie i swoich uczniów najlepszy dla niego podręcznik. Nie muszą być zaraz dziesiątki podręczników, ale kilka dobrych na pewno jest użyteczne. Chodzi nie tylko o te „przyprawy”, o których mówi autor.

Autorzy wielu podręczników mają nadzieję, że potrafią z uczniami w jak najmniej bolesny sposób pokonać przeszkodę poznawczą, którą jest zrozumienie II Zasady. To jest piekielnie trudna zasada, nie bez przyczyny wykluwała się tak długo i w bólach. Geniusz Newtona pozwolił na jej odkrycie.

Niewątpliwie sposób sformułowania ma wpływ na zrozumienie prawa przez uczniów. Jednak wybór sformułowania, to nie konkurs piękności i właściwym kryterium jest poprawność merytoryczna, a nie atrakcyjność! Wszyscy zdajemy sobie sprawę, że zwięzłość jest bardzo ważna. Przegadane prawo jest niestrawne. Przed wyborem sformułowania trzeba rozeznaczyć, co uczeń już wie, jakie zna pojęcia, co rozumie.

Czy zna pojęcie układu inercjalnego?

Czy zna pojęcie wektora?

Czy wie, co to prędkość, przyspieszenie?

Czy wie, co to wypadkowa sił?

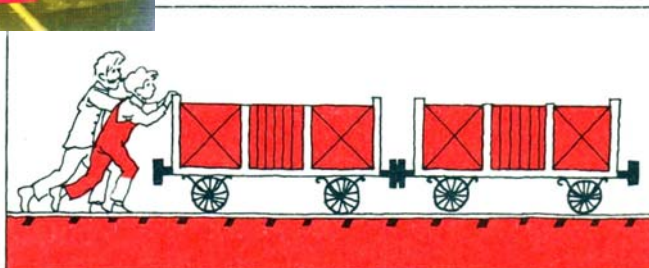
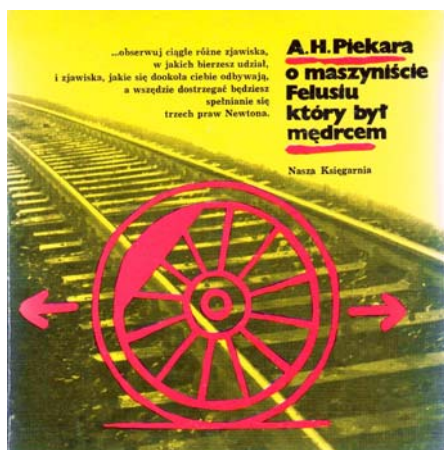
Czy zna pojęcie środka masy?

Następnie należy się zastanowić, co można (czy nawet trzeba) przyjąć jako milczące założenie (np. stałość masy ciała). Dopiero wtedy można rozstrzygnąć, czy uczeń jest gotowy na prezentację II Zasady, czy też można mu przedstawić jedynie jej „omówienie”, np. „że do zmiany ruchu potrzebna jest siła”.

Zbyt wczesna formalizacja, zamknięcie prawa w gotową formułę, często zamyka u ucznia proces dochodzenia do zrozumienia. Mamy do czynienia z werbalizacją. Z kolei zachowana w umyśle, wyuczona na pamięć POPRAWNA formuła, pomaga przy rozważaniu kolejnych przykładów, klarowaniu się pojęć, rozumieniu prawa.

Zrozumienie praw Newtona nie jest jednorazowym aktem „aha”, jest to proces rozłożony w czasie.

Artykuł Wojciecha Dindorfa, traktujemy jako zaproszenie do dyskusji, w której pierwszy głos zabrała Redakcja w osobie ZGM.



– No, to na zakończenie warto by, Olesiu, wypowiedzieć prawo, do którego doszliśmy na drodze naszych doświadczeń nie tylko w zastosowaniu do pociągu, ale w sposób ogólny...

Spróbujmy więc: *prędkość, jaką nabywa ciało pod wpływem przyłożonej do niego siły, jest...*

– ...*proporcjonalna do tej siły i do czasu jej działania* – kończy Oleś – *a odwrotnie proporcjonalna do masy tego ciała.*

– Olesiu! – mówi pan maszynista. – Przeżywasz drugi ważny moment w rozwoju twego umysłu: poznałeś drugą zasadę dynamiki, czyli drugie prawo Newtona!



Paul Dirac (1902–1984) – oryginał i samotnik

Zofia Gołąb-Meyer

Choć fizyka XX wieku to już epoka pracy w wielkich zespołach, to jednak jej podstawy, kamienie milowe, rodziły się w głowach wielkich indywidualności, często samotników, takich jak Albert Einstein czy Paul Dirac. Paul Dirac jest uznawany za twórcę relatywistycznej mechaniki kwantowej i elektrodynamiki kwantowej, bazy fizyki współczesnej. Twórcy tej fizyki stanowili zbiór ludzi o często diametralnie różnych osobowościach.



Aby to dostrzec wystarczy porównać Nielsa Bohra, obdarzonego „instynktem” ojcowskim, charyzmą i darem do tworzenia środowiska, z taką osobowością indywidualisty i odludka jak Dirac, czy z jeszcze innym charakterem, jak „donżuan” Erwin Schrödinger, czy też układny syn profesorski Werner Heisenberg. Istnieje słynna fotografia z 1933 roku (zamieszczona poniżej), na której widnieją trzej nobliści, twórcy mechaniki kwantowej: najstarszy Erwin Schrödinger (w pumpach) z żoną oraz dwaj młodszy, rówieśnicy Werner Heisenberg i Paul Dirac, z matkami, którzy – pomimo różnic charakterów – znajdowali wspólny język i doskonale się komunikowali, gdy sprawy dotyczyły ich pasji, fizyki.



Dworzec kolejowy, Sztokholm, 1933 rok

Dirac był w tym towarzystwie szczególnie osobliwy. Dzisiaj powiedziałoby się, że był on typem autystycznym. Na jego charakterze i usposobieniu zaciążyło dzieciństwo z trudnym i patriarchalnym ojcem.

Paul Dirac urodził się w 1902 roku w Bristolu w Anglii. Ojciec jego, Szwajcar z pochodzenia, był nauczycielem francuskiego i dyrektorem szkoły średniej, do której uczęszczał Dirac. Był on niesłychanie surowy i wymagający. Puszczać wodze wyobraźni można go sobie przedstawić jako strasznego reprezentanta opresyjnej metody wychowawczej tamtych czasów, postrach uczniów i nauczycieli. Ze swoimi dziećmi w domu rozmawiał wyłącznie po francusku, tylko matka mogła z nimi rozmawiać po angielsku. Proszę sobie wyobrazić dom, w którym ojciec jada w jadalni obiad z jednym synem (właśnie Paulem), a matka z dwójką pozostałych dzieci, starszym bratem Paula i młodszą siostrą w kuchni, tocząc z nimi rozmowę po angielsku.

Dirac miał mawiać, że dlatego prawie nie rozmawiał z ojcem, ponieważ nie potrafił po francusku wyrazić tego co chciał dostatecznie jasno. Dirac znany był z tego, że nie odzywał się spontanicznie, a jedynie odpowiadał precyzyjnie na pytania. „Tak”, „nie” i „nie wiem”, to były najczęściej wymawiane przez niego słowa.

Filozofowi Thomasowi Kuhnowi udało się przeprowadzić wywiad z Dirakiem w obecności jego szwagra, wybitnego fizyka Wignera (polecamy rubrykę „Czytamy po angielsku”). Dzięki temu mamy wiarygodne informacje o dzieciństwie i młodości Diraca. Otóż młody Paul z nikim w szkole się nie zaprzyjaźnił, z nikim nie rozmawiał, nie uprawiał żadnych sportów zespołowych, jedynie samotnie biegał. Mimo to wspomina szkołę dobrze. Była to nowoczesna szkoła, w której nacisk był położony na przedmioty ścisłe, miała dobrze wyposażone pracownie, oraz dobrze postawione języki nowożytnie. Podczas I wojny światowej, starsze roczniki uczniów były na froncie. Dzięki temu Paul miał swobodny dostęp do pracowni fizycznej, a zajęcia z przedmiotów ścisłych odbywały się w bardzo małych grupach. *De facto* zapewniono Paulowi indywidualny tok nauczania. Uczył się w znacznej mierze sam. Szkołę skończył jako szesnastolatek i rozpoczął studia na wydziale inżynierskim uniwersytetu w Bristolu, który mieścił się w tym samym budynku, co szkoła.



Eugene Wigner, wybitny fizyk,
szwagier Diraca



Thomas Kuhn, filozof, historyk nauki, autor
książki *Struktury rewolucji naukowych*

Dirac wspomina inspirującą go rolę geometrii rzutowej. W 1921 roku po ukończeniu studiów inżynierskich (*electrical engineering*) i krótkiej praktyce w zakładzie pracy – zresztą tym samym, w którym pracował jego brat, a z którym również nie utrzymywał kontaktów – dostał stypendium na uniwersytecie w Bristolu na kontynuowanie studiów matematyki. W tym czasie brat Paula popełnił samobójstwo. Przyczyną była prawdopodobnie depresja. To wydarzenie wywarło duże wrażenie na Paulu, pogorszyło też jego stosunki z ojcem, którego obwiniał o samobójstwo brata. Od 1923 roku rozpoczął studia w słynnym St John's College w Cambridge. W dalszym ciągu pozostawał odludkiem i dziwakiem. Na przykład przed wyprawami górskimi trenował na kampusie uniwersyteckim wspinanie po drzewach... w garniturze. Nie partycypował w bogatym życiu studentów, swoich rówieśników – nie miał takiej potrzeby.

W 1926 roku jako 24-latek uzyskał tytuł doktorski. Jego rówieśnik Heisenberg również bardzo młodo uzyskał doktorat, mimo iż w przeciwieństwie do Diraca był bardzo towarzyski i miał wiele zainteresowań. Obaj młodzi ludzie nie marnowali czasu, kiedy – jak twierdzą psychologowie – umysł jest najbardziej twórczy.

W wywiadzie udzielonym Kuhnowi Dirac wyjaśnia, jaki wpływ wywarły na niego studia inżynierskie. Otóż jak twierdzi miał jako młody człowiek wewnętrzne przekonanie, iż tylko ściśle teorie są warte zainteresowania. Studia inżynierskie nauczyły go, że również teorie bazujące na aproksymacji mogą być piękne i niezwykle użyteczne. W końcu to Dirac wprowadził do fizyki funkcję, zwana *deltą Diraca*, krytykowaną początkowo przez matematyków, właśnie za brak ścisłości. Dirac uważał, że nauka rozwija się poprzez poszukiwanie teorii coraz ściślejszych i że musimy się godzić z przybliżeniami.

Thomas Kuhn próbował „wyciągnąć” od Diraca trochę informacji na temat życia towarzyskiego oraz kobiet w życiu Diraca. Niewiele się Kuhn dowiedział. Ta przestrzeń rzeczywistości jakby dla Diraca nie istniała. Ale jednak ożenił się z siostrą Wignera, która potrafiła mu stworzyć normalną rodzinę z czwórką dzieci, dwojgiem wspólnych i dwójką z jej pierwszego małżeństwa. Istnieje często powtarzana anegdota (np. przez Gamowa), że przedstawiał ją jako siostrę Wignera, ostatnio swoją żonę.

W czasie wspólnej z Heisenbergiem podróży statkiem do Japonii, zaintrygowany zapytał Heisenberga, który lubił sobie umilać czas podróży potańcówkami, dlaczego traci czas na takie rzeczy. A gdy Heisenberg odparł, że to przecież przyjemność tańczyć z interesującą i atrakcyjną kobietą, Dirac zapytał, skąd Heisenberg wie *a priori*, że kobieta jest atrakcyjna.





Dirac z żoną i dziećmi (http://www.dirac.ch/images/paul_family_klein.jpg)

Precyzję rozumowania Diraca ilustrują poniższe anegdoty:

Przed wykładem studenci zostali zachęcani do zadawania pytań. Pewien odważny student w czasie wykładu Diraca zapytał grzecznie: „Nie zrozumiałem, skąd się wziął wzór w lewym górnym rogu tablicy”. Dirac nie odpowiedział, a zapytany powtórnie, zamruczał: „To nie było pytanie, to było stwierdzenie”.

Kiedy pewnego razu Niels Bohr narzekał, że ma przy pisaniu prac naukowych trudność w zakończeniu zdania, Dirac powiedział, że „w szkole uczono go, iż nie należy zaczynać zdania, jeśli się nie zna jego końca”.

Dirac wykazywał brak zrozumienia dla zainteresowania Roberta Oppenheimera poezją, jako że jego zdaniem „nauka zajmuje się przedstawianiem trudnych rzeczy w sposób zrozumiały, podczas gdy poezja przedstawia rzeczy proste w sposób skomplikowany”. Oba te podejścia są zatem niekompatybilne.

Pewnego razu Kapica – wybitny fizyk rosyjski – dał do przeczytania Diracowi *Zbrodnię i karę* Dostojewskiego. Na zapytanie Diraca, jak mu się dzieło podobało, odparł, „że owszem podobało się, lecz w pewnym rozdziale autor popełnił błąd, a mianowicie, Słońce dwa razy wstało w jeden dzień”.

Wkład Paula Diraca w rozwój fizyki

Najważniejszym odkryciem naukowym Paula A.M. Diraca w rozwój mechaniki kwantowej jest odkryte przez niego w 1928 roku równanie, zwane od jego imienia *równaniem Diraca*. Opisuje ono elektron w sposób relatywistycznie niezmienny. Równanie to pozwoliło Diracowi na przewidzenie istnienia pozytonu – antycząstki elektronu. Równanie Diraca pozwoliło także na wyjaśnienie pochodzenia spinu elektronu.

W 1926 roku Dirac opracował niezależnie od Enrico Fermiego statystykę cząstek o spinie $\frac{1}{2}$ zwanych fermionami. Jest to tzw. Statystyka Fermiego-Diraca.

W 1930 roku Dirac został członkiem Królewskiego Towarzystwa naukowego, a w 1932 objął słynną katedrę *Lucasian* na uniwersytecie w Cambridge, którą kiedyś piastował Newton. W 1933 roku został uhonorowany wraz z Erwinem Schrödingerem Nagrodą Nobla w dziedzinie fizyki za *odkrycie nowych, płodnych aspektów teorii atomów i ich zastosowanie*.

Paul Dirac zmarł w wieku 82 lat w stolicy stanu Floryda, Tallahassee.



Tablica upamiętniająca Diraca
wmurowana w posadzkę w katedrze Westminster w Londynie
(http://www.dirac.ch/images/diracpaul_westminster.jpg)

W wydanej w 1930 roku książce *The Principles of Quantum Mechanics* (*Podstawy mechaniki kwantowej*) Dirac wprowadził zapis wektorów ket i bra, stosowany dzisiaj powszechnie w fizyce. Naukowe Koło Fizyków studentów UJ, jako swoje logo obrało symbol przywołujący notacje Dirac bra i ket.

$$\langle N | \hat{K} | F \rangle$$

Dirac:

Piękno matematyczne jest jakością, której nie da się określić, podobnie jak piękna w sztuce nie da się określić, ale ludzie, którzy studiują matematykę, nie mają zazwyczaj żadnej trudności w rozpoznawaniu go.

Helge S. Kragh, Dirac, *A Scientific Biography*, Cambridge University Press, 1992.

CZYTAMY PO ANGIELSKU**Fragment wywiadu Thomasa Kuhna
i Eugene'a Wignera z Paulem Dirakiem**

http://www.aip.org/history/ohilist/4575_1.html

Wigner: I don't think I ever had as extended a conversation with Paul as we are having now, at least not in what was your daily occupation? How much did you go to lectures, how much did you sit in your room, how much did you talk to people? Did you go to theatres?

Dirac: *I never went to theatres. I spent most of my time by myself, sitting working things out or going for walks. I used to spend every Sunday going for a long walk, a whole day walk, taking lunch with me, like I did yesterday. During those long walks I would not intentionally think about my work, but I might perhaps review it. I found these occasions most profitable for new ideas coming. It was on one of those occasions that the possibility of {ab-ba} corresponding to a Poisson bracket occurred – on one of those Sunday walks.*

Wigner: But on week days, how much time did you spend in lectures, how much in your room?

Dirac: *I don't remember just how many lectures I had. Maybe four or five a week, something of that order. I might be able to look it up... I have some notebooks of my lectures. But I would mainly spend the mornings and the evenings studying and took short walks in the afternoons. With a long walk all day Sundays.*

Wigner: Did you have any friends that you saw consistently?

Dirac: *The other research students in my college. I would meet them at dinner every evening.*

Wigner: But not other times too much?

Dirac: *Occasionally I'd be asked to tea, but not very much on that order.*

Wigner: Did you read any literature?

Dirac: *I think I read a little. I don't have anything outstanding in my mind of that type.*



Odgłosy z jaskini (16) Małpy trzymają się mocno

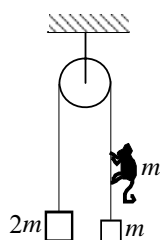
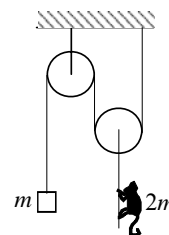
Adam Smólski

Zadania o małpach zniknęły z polskiego Lwiątko po tym, jak w roku 2004 zdarzyła się przykra wpadka – w zadaniu 30 (w zestawach licealnych), w którym w ostatniej chwili zmieniałem dane, zabrakło poprawnej odpowiedzi. Obietnicy „nigdy więcej małpy” dotrzymujemy, choć tradycyjnie ostatnie zadanie jest o zwierzątkach (w tym roku o gołębiach pocztowych).

Natomiast w Lwiątku ukraińskim małpy trzymają się mocno. Okazuje się, że z ogólnego pomysłu (błoczek, lina i małpy, które się po niej wspinają) można jeszcze „wycisnąć” coś nowego. Oto kilka ukraińskich zadań z niedawnych lat:

W zrównoważonym układzie (blok i liny są nieważkie, tarcie nie występuje) ciało (m) i małpa ($2m$) pozostają nieruchome. Małpa zaczyna poruszać się w górę z prędkością 4 m/s względem ziemi. Jaką prędkość uzyska ciało (m) i jak jest ona zwrócona względem ziemi? (\uparrow – ku górze, \downarrow – ku dołowi)

A: \uparrow , 2 m/s ; B: \downarrow , 2 m/s ; C: \uparrow , 4 m/s ; D: \downarrow , 4 m/s ; E: \uparrow , 8 m/s .

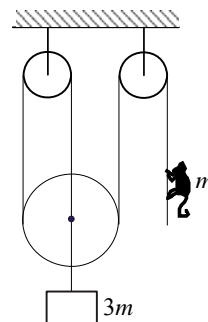


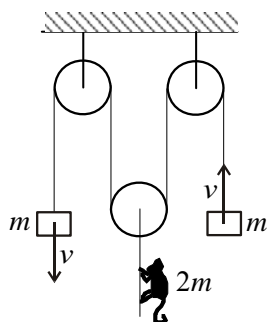
W zrównoważonym układzie (blok i liny są nieważkie, tarcie nie występuje) ciała (m i $2m$) i małpa (m) pozostają nieruchome. Małpa zaczyna poruszać się w górę z prędkością 3 m/s względem ziemi. Jaką pracę wykona małpa w ciągu 2 sekund?

A: 2 mg ; B: 3 mg ; C: 6 mg ; D: 8 mg ; E: 12 mg .

W zrównoważonym układzie (blok i liny są nieważkie, tarcie nie występuje) ciało ($3m$) i małpa (m) pozostają nieruchome. Małpa zaczyna poruszać się w górę z prędkością 6 m/s względem ziemi. Ile jest równa prędkość małpy względem liny?

A: 2 m/s ; B: 3 m/s ; C: 6 m/s ; D: 12 m/s ; E: 24 m/s .





W zrównoważonym układzie (blok i liny są nieważkie, tarcie nie występuje) małpa (m) pozostaje nieruchoma, zaś ciała (m) poruszają się z prędkością v (1 – w dół, 2 – ku górze). Małpa zaczyna poruszać się po linie w górę z prędkością v względem ziemi. Jak będą poruszać się ciała? (\uparrow – ku górze, \downarrow – ku dołowi).

- A:** $v_1 = v \downarrow, v_2 = 2v \uparrow$; **B:** $v_1 = v \uparrow, v_2 = 2v \downarrow$;
C: $v_1 = 2v \downarrow, v_2 = 3v \uparrow$; **D:** $v_1 = 2v \uparrow, v_2 = 3v \downarrow$;
E: $v_1 = 0, v_2 = 2v \uparrow$.

i z tym samym rysunkiem:

W zrównoważonym układzie (blok i liny są nieważkie, tarcie nie występuje) małpa (m) pozostaje nieruchoma, zaś ciała (m) poruszają się z prędkością v (1 – w dół, 2 – ku górze). Małpa zaczyna poruszać się po linie w górę z prędkością $2v$ względem ziemi. Ile jest równa prędkość małpy względem liny?

- A:** $v_m = 0$; **B:** $v_m = v$; **C:** $v_m = 2v$; **D:** $v_m = 4v$; **E:** $v_m = 6v$.

Swego czasu w ramach zakopiańskiego „Przedszkola fizycznego” namawiałem uczestników, by zaproponowali jakieś własne zadania w ramach tego samego „paradygmatu” – bloki, ciężarki i małpy na linie. Zrobiliśmy nawet konkurs, z pluszową małpką jako nagrodą. Napływ pomysłów nie był oszałamiający, sprawozdanie pod tytułem „Pożegnanie z małpą” znajduje się w numerze 4 „Fizyki w Szkole” z roku 2004.

Z „Zakopiańskim Przedszkolem Fizyki” łączy mi się jeszcze jedno małpie wspomnienie. Zofia Gołąb-Meyer podsunęła uczestnikom problem:

Dwie małpy w kosmosie (masa każdej M), w stanie nieważkości, przerzucają między sobą piłkę (masa m), nadając jej we własnym (dotychczasowym) układzie odniesienia prędkość v . Pytanie: po ilu rzutach ta zabawa się skończy? W stanie początkowym małpy względem siebie spoczywają.

To zadanie, w wersji z kosmonautami, było już dyskutowane w „Fotonie” wiele lat temu. Tutaj chciałbym zaprezentować rozwiązanie, które wydaje mi się szybkie i zgrabne:

Rozważmy sytuację tuż przed n -tym rzutem. Niech w_n oznacza wartość prędkości jednej małpy względem drugiej. Małpę, która w tym momencie trzyma piłkę, nazwijmy małpą A, zaś tę drugą małpą B. Jeśli $w_n < v$, zabawa może być kontynuowana. Niech U oznacza układ odniesienia poruszający się jednostajnie wraz z małpą A, zanim ta wyrzuciła piłkę. Małpa A wyrzuca piłkę, nadając jej w układzie U prędkość o wartości v . Sama uzyskuje przy tym w układzie

U prędkość o wartości $\frac{m}{M}v$ i zwrocie, oczywiście, w stronę przeciwną do B.

Małpa B łapie piłkę. Do tej pory miała w układzie U prędkość o wartości w_n , zatem wartość x jej prędkości w układzie U po złapaniu piłki wyznaczymy z równania

$$Mw_n + mv = (M + m)x$$

Jak widać, $x = \frac{Mw_n + mv}{M + m}$.

Względna prędkość małpy B względem A ma zatem wartość

$$w_{n+1} = \frac{Mw_n + mv}{M + m} + \frac{m}{M}v.$$

Ciąg wartości w_n można zatem obliczać rekurencyjnie:

$$\begin{cases} w_1 = 0 \\ w_{n+1} = \frac{Mw_n + mv}{M + m} + \frac{m}{M}v. \end{cases}$$

Po oznaczeniu $\frac{m}{M} = k$ i przekształceniu:

$$\begin{cases} w_1 = 0 \\ w_{n+1} = \frac{1}{1+k}w_n + \frac{k(2+k)}{1+k}v. \end{cases}$$

Jawny wzór na w_n możemy uzyskać w następujący sprytny sposób: zdefiniujmy ciąg $u_n = w_n - p$, dobierając p tak, by ciąg u_n okazał się geometryczny:

$$u_{n+1} + p = \frac{1}{1+k}(u_n + p) + \frac{k(2+k)}{1+k}v$$

daje $u_{n+1} = \frac{1}{1+k}u_n + \frac{k(2+k)}{1+k}v - \frac{k}{1+k}p$, zatem przy $p = (2+k)v$ uzyskujemy żadaną własność u_n :

$$u_{n+1} = \frac{1}{1+k}u_n,$$

czyli

$$u_n = \left(\frac{1}{1+k}\right)^{n-1} u_1$$

i dalej

$$w_n - p = \left(\frac{1}{1+k}\right)^{n-1} (w_1 - p),$$

skąd

$$w_n = \left(\frac{1}{1+k}\right)^{n-1} (w_1 - p) + p.$$

Wstawiając $p = (2+k)v$, $w_1 = 0$, dostajemy

$$w_n = (2+k) \left[1 - \left(\frac{1}{1+k}\right)^{n-1} \right] v.$$

Jak widać, ta wartość po pewnej liczbie kroków zawsze przekroczy v , co będzie oznaczało koniec gry. Dokładnie, maksymalna liczba rzutów to największa liczba całkowita nie większa od $\frac{\log(2+k)}{\log(1+k)}$. W zadaniu można by jeszcze pytać o czas gry, tutaj jednak rachunek wygląda na tak mozolny, że aż chyba nieciekawo.



Autor Adam Smólski (z lewej) z „Iwietami”, Zakopiańskie Przedszkole Fizyki 2004



Chłopcy do lektur

Jerzy Kuczyński

Planetarium Śląskie w Chorzowie

Przejrzany już dość dawno *Foton* leżał w moim pokoju i, jak to często bywa z czasopismami, znowu wziąłem go do ręki. Rzucił mi się w oczy „wstępniak” – „Dziewczęta na fizykę...”. Pomyślałem, problem bez znaczenia, zupełnie anachroniczny. Jeszcze w latach dziewięćdziesiątych można by było coś takiego napisać i twierdzić, że uchwyciło się tendencję. Dzisiaj, gdy większość doktorantów na fizyce jest doktorantkami to oczywiste, że za dwadzieścia lat na Zjeździe Fizyków połowa profesorów będzie kobietami, a za następne dwadzieścia lat panowie będą w mniejszości. I oczywiście to nie żadna dyskryminacja, choć i takie głosy się pojawiają. Po prostu chłopcy uczą się źle. Oczywiście, statystycznie. I tu apel pani Redaktor by dobrze uczyć jest całkowicie uzasadniony. Tyle, że należałoby go raczej nastawić na uczenie chłopców. Przede wszystkim chłopcy to w końcu połowa populacji ludzkiej. Podobno nawet „większa połowa” bo mówią, że na sto dziewcząt rodzi się 106 chłopców. I trudno się pogodzić z tym, że zdolności tej połowy nie zostaną wykorzystane. Ale nie to jest głównym problemem. Podobno chłopcy są bardziej agresywni i zepchnięcie ich na margines życia prawdopodobnie przyniesie liczne akty przemocy związane z wysokim poziomem frustracji. Mówiąc bez eufemizmów, chłopcy sfrustrowani brakiem perspektyw w „kobiecy świat” zasila (stworzą) środowiska przestępcze. A i z punktu widzenia samych kobiet rzecz nie jest obojętna. Ludzie, cokolwiek by nie próbować lansować (patrz problemy Kaliny ze „Złotopolskich”) lubią żyć w parach różnopłciowych i lubią, by partner życiowy był osobą godną szacunku i w jakiś sposób, jeżeli już nie wybitną, to przynajmniej nie poniżej normy. A marna edukacja chłopców skazuje obecne studentki na wybór (oczywiście, znowu statystyczny): samotne macierzyństwo albo borykanie się z przygłupem. Oczywiście, pozostaje jeszcze możliwość zrezygnowania z przedłużania istnienia ludzkości. Skutki tego ostatniego rozwiązania odczuwają już ostro nauczyciele, w tym także akademicy.

Powyższe stwierdzenia można potraktować w kategoriach dowcipu, jednak nie zmieni to wyraźnie obserwowanej tendencji. Ogólnie obniżył się poziom edukacyjny, ale poziom chłopców zdecydowanie bardziej niż dziewcząt. Dlatego w zwyczajowo „męskich” specjalnościach, takich jak nauki techniczne czy fizyka, zaczynają dominować dziewczęta. Po prostu chłopców o przygotowaniu wystarczającym do podjęcia studiów jest coraz mniej i nawet przy obniżeniu wymagań trzeba „wabić dziewczęta”, by mieć wystarczającą liczbę studentów.

W tej sytuacji trudno się z panią Zofią nie zgodzić, że należy dobrze uczyć. Być może zwracając uwagę na różnicę płci i dopasowując do niej sposoby nauczania. Trzeba więc chyba odejść od dogmatu, że obie płcie traktujemy w edukacji identycznie. I tu również trudno się z panią Zofią nie zgodzić, że nauczanie to sztuka doboru tematów, które widocznie tak kiedyś dobrano, że u współczesnych chłopców nie prowadzą do dobrych efektów. Ale to problem dla fachowców od pedagogiki, którzy powinni się tym zająć. Ja bazując na osobistym doświadczeniu byłbym skłonny wskazać tylko jeden element powodujący słabe wyniki edukacyjne chłopców. Jest nim brak umiejętności czytania – z mojego doświadczenia wynika, że przeciętny współczesny chłopiec nie umie czytać. Konkretnie składa, czasem dość sprawnie, litery i sylaby jednak zrozumienie tekstu mającego kilka stron przekracza jego możliwości. W tej sytuacji uczenie się jest bardzo utrudnione, a w praktyce niemożliwe. Nie twierdząc, że to jedyna przyczyna słabych wyników edukacyjnych męskiej młodzieży uważam, że to istotne. Warto zwrócić uwagę na to, że dziewcząt dotyczy to w nieporównanie mniejszym stopniu. I nietrudno wskazać przyczynę. Aby opanować umiejętność czytania niepotrzebne są żadne „metody pedagogiczne”. Po prostu trzeba przeczytać odpowiednią ilość stron. A dziewczęta mają duży wybór literatury dla nich przeznaczonych. By to zobaczyć wystarczy odwiedzić większe stoisko prasowe. Całe mnóstwo gazet i do tego długie serie romansów. Literatura, o ile wiem, tępiona przez nauczycieli (co być może jeszcze poprawia jej popularność), jednak dostarczająca okazji do ćwiczenia techniki czytania. Analogicznej literatury przeznaczonej dla męskiej młodzieży po prostu nie ma. I to, jak sądzę jest w znacznej mierze przyczyną braku studentów płci męskiej. Wszędzie, ale przede wszystkim na typowo „męskich” kierunkach typu fizyka, dla których omawiany trend jest wprost zabójczy.

Podsumowując powyższe rozważana można stwierdzić.

1. Zachęcanie dziewcząt do studiowania fizyki nie jest wprawdzie niczym szkodliwym, ale ma umiarkowany sens, bo jak będzie szło dalej tak, jak obecnie, to one i tak tam trafią.
2. Należałoby zadbać o poziom wykształcenia całej młodzieży, zwracając jednak szczególną uwagę na chłopców, których poziom wykształcenia obniża się szybciej niż dziewcząt.
3. Nie warto zwalczać „szkodliwej literatury” typu „Harlequin”. Niezłym pomysłem byłoby zadbanie o analogiczną literaturę dla chłopców.

Moim zdaniem na temat niskiej jakości kształcenia chłopców warto podjąć dyskusję na łamach czasopism poświęconych nauczaniu fizyki. Otóż w pewnym stopniu (ja uważam, że marginalnym) nauczanie fizyki ma na celu przygotowanie do studiowania nauk wykorzystujących tę dziedzinę oraz zachęcanie do wybrania kariery związanej z tego typu naukami. Inaczej mówiąc, fizyka szkolna jest pewnego rodzaju reklamą tych ważnych społecznie kierunków. Jeżeli przyjąć, że to właśnie chłopcy mają, powiedzmy w nieco większym niż dziew-

częta stopniu, naturalne zainteresowania w tych kierunkach, to osłabienie jakości kształcenia chłopców odbija się przede wszystkim na tych właśnie kierunkach. Po prostu marnie kształcąc chłopców w naturalny sposób pozbywamy się części potencjalnych inżynierów, lekarzy i oczywiście fizyków, a w pierwszej kolejności my, nauczyciele fizyki odczuwamy to jako... kłopoty z własnym zatrudnieniem. Tak więc warto o tym pomyśleć. Niestety, sami za wiele nie zrobimy, a na pomoc polonistów nie mamy co liczyć. Ci ostatni, o ile wiem, odchodzą od wymogów czytania lektur zastępując je „zapoznawaniem się z ich fragmentami”. Cóż pozostaje? Może... zastąpić nieco polonistów i zacząć samemu zadawać lektury. Pewnie ostrożnie i z umiarem, ale można spróbować. Np. nie nauczyłeś się (pamiętajmy, że chodzi głównie o chłopców!) II Zasady Dynamiki lub bilansu cieplnego? To przeczytasz lekturkę. Rozsądne lektury (książki i artykuły popularyzujące nauki przyrodnicze) mogą zainteresować i nieco poprawić technikę czytania. Choć w tym ostatnim zakresie na pewno nie można lekceważyć roli kryminalów i książek typu „zabili go i uciekł”. Przestrzegam tylko przed grubymi pozycjami. 300–400 stron możliwe do „łyknięcia” w moim pokoleniu w dwa popołudnia dla obecnych uczniów to zadanie na tygodnie, czyli tak naprawdę nierealne.

Od Redakcji:

Żartobliwy felieton Jerzego Kuczyńskiego zwraca uwagę na rodzaj analfabetyzmu młodego pokolenia. Ludzie czytają mniej, nie mają nawyku czytania dłuższych tekstów, a zwłaszcza koncentracji nad tekstem. Powinni to wziąć pod uwagę autorzy podręczników i nauczyciele. Trzeba nauczyć się korzystać w nauce z innych mediów, jak filmy, animacje, gry.

A na zakończenie uwaga: pan Jerzy Kuczyński nie zna kompletnie młodych dziewczynek, bo to nie z czytelniczek „Harlequinów” i fanek teleseriali wyrastają przyszłe „fizyczki” i „inżynierki”. I jeszcze jedna uwaga: tegoroczny wojewódzki konkurs z fizyki wygrała w cuglach dziewczynka, choć dziewczynki stanowiły mniejszość finalistów.



Astrofizyka i Kosmologia – nowy kierunek na studiach II stopnia na UJ wywiad z profesorem Markiem Kutschera

*Zakład Teorii Względności i Astrofizyki
Instytut Fizyki UJ*

Na wydziale Fizyki Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego otwiera się atrakcyjna możliwość dalszej edukacji dla absolwentów studiów I stopnia (licencjackich i inżynierskich), mianowicie studia II stopnia na makrokierunku „Astrofizyka i Kosmologia”

Redakcja Fotonu (R): Na czym polega ten nowy kierunek?

Prof. M. Kutschera (K): W nowym roku akademickim, 2010/2011, będzie można studiować na makrokierunku „Astrofizyka i Kosmologia”. Ten nowy typ studiów pojawia się w wyniku wprowadzenia w Polsce trójstopniowego podziału studiów: I stopień: studia licencjackie i inżynierskie, II stopień: studia magisterskie, III stopień: studia doktoranckie.

R: Kto może starać się o przyjęcie na makrokierunek?

K: Na makrokierunek „Astrofizyka i Kosmologia” będą przyjmowani absolwenci studiów I stopnia w zakresie nauk ścisłych (z licencjatem) i technicznych (z dyplomem inżyniera), zainteresowani głębszym poznaniem Wszechświata i obiektów, które ten Wszechświat wypełniają. Stąd też nazwa makrokierunku: Kosmologia zajmuje się Wszechświatem jako całością, zaś Astrofizyka – gwiazdami, galaktykami i innymi obiektami „zamieszkującymi” Wszechświat.

R: Kosmologia przeżywa obecnie burzliwy rozwój. Powołanie makrokierunku zapewne z tym się łączy?

K: Badania Wszechświata stały się jedną z najważniejszych gałęzi nauk fizycznych, dzięki rozwojowi technologii satelitarnych, budowie ogromnych teleskopów, oraz otwarciu „nowych okien” na Wszechświat. Satelity uwolniły nas od ograniczeń, jakie powoduje atmosfera – możemy obecnie obserwować Wszechświat w pełnym widmie elektromagnetycznym, poza zakresem widzialnym, dostępnym na Ziemi. Szczególnie ważne okazały się obserwacje rentgenowskie, które dostarczyły „zdjęć” procesów wysokoenergetycznych, zarejestrowały rozmaite typy „błysków” – ujawniły całkiem nieznanie wcześniej oblicze Wszechświata.

Najciekawszą (z wielu powodów) jest obecnie możliwość rejestracji neutrin astrofizycznych – pochodzących ze Słońca, a w niedalekiej przyszłości – z innych gwiazd. Neutrina są cząstkami nieoddziałującymi elektromagnetycznie,

ale prawie tak samo szybkimi jak fotony. Obserwacje neutrin otwierają „nowe okno” na Wszechświat.

R: A czy studenci dowiedzą się, co to jest „ciemna materia” i „ciemna energia” – o których dziś często mówi się w popularno-naukowych kanałach telewizji?

K: Terminy te to obecnie słowa kluczowe w każdym artykule naukowym o kosmologii – można by powiedzieć, że obecnie kosmologia to nauka o „ciemnej materii” i „ciemnej energii”. Obserwacje Wszechświata jako całości w połączeniu z teorią grawitacji Einsteina sugerują, że materia wypełniająca Wszechświat jest zdominowana przez inny „gatunek” zwany ciemną materią, niż ta materia, którą widzimy wokół siebie. Jeśli odkryjemy w laboratoriach tę, wciąż hipotetyczną, materię – będzie to jedno z największych odkryć naukowych. Trwa wyścig, kto pierwszy znajdzie cząstki ciemnej materii. O tym, dlaczego kosmologowie wierzą w istnienie ciemnej materii – studenci będą szczegółowo poinformowani.

R: To fascynujące..., ale gdzie absolwent makrokierunku może znaleźć pracę?

K: Jednym z celów powołania makrokierunku jest kształcenie kandydatów na studia III stopnia – a więc w praktyce przyszłych badaczy. W kraju istnieje kilka ośrodków naukowych, prowadzących badania w zakresie astrofizyki i kosmologii. Zaczynając od własnego podwórka, w Instytucie Fizyki UJ istnieją grupy badawcze z zakresu kosmologii i astrofizyki prof. E. Malca, prof. M. Wójcika, a także moja (prof. M. Kutschera). W Obserwatorium Astronomicznym UJ badania prowadzą prof. L.M. Sokołowski, prof. A. Woszczyzna i dr hab. Z. Golda. Również w innych uniwersytetach działają zespoły astrofizyków i kosmologów, a mianowicie w Warszawie (UW), Łodzi (UŁ), Katowicach (UŚ), Białymstoku (UwB), Wrocławiu (UWr), Toruniu (UMK) i w Szczecinie (USz). Także Polska Akademia Nauk prowadzi badania w zakresie astrofizyki i kosmologii w swych instytutach badawczych (m.in. Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Warszawa i Toruń, Instytut Fizyki Jądrowej Kraków), badania są także prowadzone w Instytucie Problemów Jądrowych w Warszawie i Łodzi, który do PAN nie należy.

R: A co z absolwentami, którzy nie chcą podjąć studiów doktoranckich?

K: W programie studiów znajdują się zajęcia pozwalające opanować takie umiejętności jak „obróbka obrazu” – *image processing*, grające kluczową rolę w opracowaniu danych astrofizycznych. Te same techniki znajdują zastosowanie w różnych platformach multimedialnych – to zatem obszar, gdzie kwalifikacje naszych absolwentów będą bardzo przydatne. Dla osób, które chciałyby podjąć pracę w oświacie jako nauczyciele fizyki i astronomii, stworzona zostanie możliwość uzyskania kwalifikacji pedagogicznych.



Jak chłopak z Rzeszowa trafił do CERN-u!

Marcin Zawadzki
nauczyciel fizyki w Gimnazjum nr 8 w Rzeszowie

Europejska Organizacja Badań Jądrowych **CERN** to największy tego typu ośrodek w Europie i na świecie. To tutaj mają miejsce wielkie odkrycia i produkowane są załączki nowych technologii. Obecnie najważniejszym projektem jest **Wielki Zderzacz Hadronów (LHC)**. Nie mogło zabraknąć przy takim projekcie uczniów z ulicy Miodowej w Rzeszowie! Zapraszamy do przeczytania wywiadu z panem **doktorem Markiem Gąsiorem**, który przeprowadził nauczyciel fizyki **Marcin Zawadzki**.



Jak chłopak z Rzeszowa trafia do największego ośrodka naukowego w Europie? Trzeba być geniuszem?

W CERN-ie pracują ludzie w najróżniejszych zawodach. Tylko od niektórych oczekuje się genialnych idei, a od całej reszty po prostu jak najlepszego wykonywania swojego zawodu. Na około 2500 stałych pracowników CERN ma może stu fizyków-teoretyków, cała reszta to fizycy akceleratorowi, inżynierowie różnych specjalności, technicy, monterzy. Jeśli stu fizyków-geniuszów wymyśli najwspanialszy eksperyment na świecie, a podczas jego budowy spawacz robiący ostatni spaw na rurze próżniowej zrobi go niedokładnie na długości ułamka milimetra, to całe genialne myślenie na niewiele się przyda, bo eksperyment i tak nie działa. Praca tego spawacza nie jest wcale mniej ważna niż fizyka-geniusza, jest po prostu inna.

Pamiętam jak jeszcze za czasów szkoły podstawowej czytałem w „Młodym Techniku” o CERN-ie i już wtedy wiedziałem, że chciałbym tam pracować, to było moje marzenie. Moja przygoda z CERN-em zaczęła się podczas moich studiów w Katedrze Elektroniki krakowskiego AGH. Najpierw wyjechałem do CERN-u na dwumiesięczny staż, potem na roczną praktykę. Po powrocie do kraju i skończeniu studiów magisterskich otrzymałem propozycję pracy już jako regularny pracownik. Zajmuję się projektowaniem i budową elektroniki do pomiaru parametrów wiązek akceleratorowych. Wraz z moimi kolegami budujemy „oczy” i „uszy”, za pomocą których fizycy są w stanie zmierzyć i ustawić żądane parametry akceleratorów. Już podczas mojej pracy w CERN-ie obroniłem doktorat z elektroniki.

Był pan zawsze pilnym uczniem?

Nie wiem czy byłem pilnym uczniem, na pewno byłem dociekliwym uczniem, którego wszystko interesowało. Było to z pewnością zasługą moich wspaniałych nauczycieli. Dość wcześnie zacząłem interesować się techniką. W szkole podstawowej bardzo lubiłem fizykę i zdawałem sobie sprawę z potęgi matematyki. Z perspektywy czasu widzę, że to był czas i przedmioty, które wywarły chyba największy wpływ na moje przyszłe życie zawodowe. To co robiłem później było chyba konsekwencją tej ciekawości poznania praw przyrody, którą zaszczepili u mnie moi ówczesni nauczyciele fizyki i matematyki.

W całej Europie obserwuje się mocne obniżenie zainteresowania naukami matematyczno – przyrodniczymi. Z czego to pańskim zdaniem wynika?

W dzisiejszych czasach sukces zawodowy jest utożsamiany z sukcesem finansowym. Jeśli ktoś odnosi sukces to znaczy, że szybko się dorobił i potem już nie musi pracować, pracują dla niego inni. Gdy młodzi ludzie czytają o dużych sukcesach ludzi, którzy nie mają starannego wykształcenia, to nie jest to dla nich motywujące. Mało się mówi o tym, że ktoś może być zadowolony z tego, że robi to, co lubi i jego praca służy innym, pomimo tego, że nie przynosi dochodów zapierających dech w piersiach. Dobre wykształcenie matematyczno-przyrodnicze wymaga chyba więcej pracy i systematyczności. Młodzi ludzie często wybierają perspektywę większego sukcesu finansowego kosztem mniejszego wysiłku przy zdobywaniu kwalifikacji. Jedną z głównych przyczyn może być więc obniżenie prestiżu zawodu naukowca i prestiżu rzetelnej pracy.

Istnieje pogląd, że życie naukowca przekreśla rodzinę. Czy to sprawdziło się w pańskim przypadku?

W moim przypadku zupełnie nie. Przyjechałem tutaj już z moją żoną, którą poznałem podczas studiów w Krakowie. Mamy trojkę dzieci: Jaś ma 9 lat, Ola 7, a Kuba 5 lat. Znajduję dla nich czas na wspólną naukę i zabawę. Oczywiście,

jest kilka tygodni w roku, kiedy wyjeżdżam na pomiary do innych ośrodków naukowych lub więcej pracuję w CERN-ie, ale potem przychodzą spokojniejsze okresy, gdzie znów możemy dużo czasu spędzać razem.

Na czym polega pańska codzienna praca w CERN-ie?

Pracuję w departamencie Wiązki (*Beams*), grupie Pomiary Wiązek (*Beam Instrumentation*) i jestem odpowiedzialny za systemy mierzące parametry wiązek akceleratorowych, takich jak prąd, pozycja w rurze próżniowej, rozmiar. Moim zadaniem jest dozоровanie kilku takich systemów, ich polepszanie, naprawy. Oprócz tego projektuję i buduję nowe systemy. Mój czas dzielę pomiędzy projektowanie układów elektronicznych, budowę prototypów, pomiary w laboratorium, pomiary z wiązkami i dyskusje z kolegami. Moja praca wymaga ciągłego doskonalenia wiedzy w kilku dziedzinach, takich jak elektronika, fizyka akceleratorów, mechanika, materiałoznawstwo. Specjalizuję się w analogowej elektronice do pomiaru słabych i szybkich sygnałów, która znajduje zastosowanie w systemach do pomiaru bardzo małych oscylacji wiązek akceleratorowych.



Czym jest LHC? Czy efekty pracy tego urządzenia mogą się przydać zwykłym ludziom?

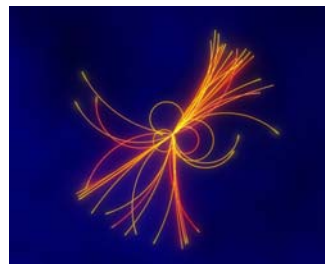
LHC (*Large Hadron Collider*) – Wielki Zderzacz Hadronowy jest narzędziem do dalszego poznania struktury materii, w szczególności do poszukiwania tzw. bozonu Higgsa – hipotetycznej cząstki – „nośnika” masy. LHC to akcelerator o długości około 27 km, zbudowany w tunelu umieszczonym kilkadziesiąt metrów pod ziemią. Jego główne elementy to nadprzewodzące magnesy pracujące w temperaturze poniżej -270°C z dużymi prądami rzędu kilkunastu tysięcy amperów. W kilku miejscach na obwodzie LHC znajdują się ogromne pieczary z potężnymi detektorami obserwującymi produkty zderzenia dwu wią-

zek protonów rozpędzanych w LHC. Jest to największe urządzenie zbudowane kiedykolwiek przez ludzkość.

Tak jak większość badań CERN – tak i LHC jest zbudowany do tzw. badań podstawowych, tzn. takich, których wyniki nie mają natychmiastowego zastosowania. Badania takie prowadzi się z perspektywą zastosowania w przyszłości. Natomiast bezpośrednie korzyści mogą przynieść udoskonalenia i technologie zastosowane do budowy akceleratorów i eksperymentów. Tak pojawił się Internet, który powstał w CERN najpierw dla fizyków, aby łatwiej mogli oni wymieniać dane zbierane w eksperymentach. Powstały także akceleratory medyczne do leczenia ciężkich przypadków raka. Wszystko to jest wynikiem takich przedsięwzięć jak LHC.

Czy istnieją na świecie ośrodki, z którymi konkurujecie?

Konkurencja to może za mocne słowo, lepsze byłoby może współzawodnictwo. Wielkie i kosztowne akceleratory buduje się do konkretnego celu i dlatego nie istnieje wiele maszyn, które mają podobny cel. Współzawodnictwo toczy się raczej o to, który ośrodek naukowy dokona jakiegoś ważnego odkrycia lub ile wyprodukuje publikacji. Jest to zdrowe współzawodnictwo, gdzie nawet konkurujące ośrodki pomagają sobie nawzajem. Tak na przykład amerykański Fermilab, który od ponad 20 lat na swoim Tevatronie zbiera dane mogące doprowadzić do znalezienia cząstki Higgosa, zbudował dla LHC kilka bardzo ważnych magnesów. Amerykańscy naukowcy wiedzą, że jeśli ich maszyna nie jest w stanie zobaczyć Higgosa, to przynajmniej pomogą naukowcom z CERN-u, aby LHC było w stanie to zrobić. Dla dobra nauki i ludzkości.



Symulacja bozonu Higgosa
– wizja artystyczna

Ważne jest, by być pierwszym z odkryciami? Czy istnieją daleko idące konsekwencje bycia drugim?

Odkrycie jest odkryciem tylko raz. Potem to tylko poprawianie wyników. Medialnie na pewno liczy się tylko ten, kto odkrył – drugi praktycznie nie istnieje. Natomiast z naukowego punktu widzenia ważne jest, aby odkrycia były weryfikowane w niezależny sposób. Dlatego jeśli jakiś wynik zostanie powtórzony w innym ośrodku to ma to bardzo duże znaczenie naukowe.

Gdyby mógł pan cofnąć czas... Zdecydowałby się pan jeszcze raz na ścieżkę naukową?

Tak, zdecydowanie tak. Czas pokazał, że to był dobry wybór.



Kosmonauta Terry Virts w Polsce

Zofia Gołąb-Meyer



Droga w Kosmos Terrego Virts

43-letni pułkownik Terry Virts ukończył szkołę średnią *Oakland Mills High School* w Columbii w stanie Maryland w Stanach Zjednoczonych. Studia wybrał w Akademii Sił powietrznych USA. Licencjat otrzymał w 1989 roku z matematyką jako głównym przedmiotem i językiem francuskim jako pobocznym. Rok później zdobył w bazie sił powietrznych Williams odznakę pilota. W 1997 roku ukończył studia inżynierskie na kierunku aeronautyka na Aeronautycznym Uniwersytecie Embey-Riddle. Był wyróżniającym się studentem. Jego specjalnością są zakupione przez polski rząd myśliwce F-16, był w zespole testującym te samoloty. W 2000 został wybrany do grupy 18 kandydatów na kosmonautów. Jest bardzo doświadczonym pilotem. Ma na swoim koncie 3900 godzin w powietrzu na 40 różnego typu samolotach. Od 2000 roku jest pilotem NASA. Terry Virts jest żonaty, ma dwoje dzieci. Jego hobby to biegi, baseball, astronomia, fotografia. Działa również w swojej parafii.

Pilot misji promu STS-130 *Endeavor*

Terry Virts był pilotem misji STS-130, która wystartowała w nocy 8 lutego 2010 roku i zabrała na Międzynarodową Stację dwa moduły. Moduł *Tranquility* – habitat oraz panoramiczną kopułę obserwacyjną. W habitacie, zwanym *Node 3*, znajduje się centrum do utrzymywania warunków do życia na stacji kosmicznej, a więc między innymi urządzenia do uzdatniania wody. Znalazło się również miejsce na przyrządy do treningów fizycznych. Kopuła, to panoramiczna półkula z 7 oknami. Można z niej nie tylko obserwować naszą planetę, ale śledzić i kontrolować manewry robotów na zewnątrz stacji. Terry Virts zapytany o to, co zrobiło na nim największe wrażenie w czasie pobytu na stacji orzekł, że niesamowity kolorowy widok Ziemi, który przecież doskonale znał już z fotografii. Misja STS-130 trwała 13 dni i 18 godzin. W tym czasie wahadłowiec *Endeavor* (po polsku *wyzwanie*) okrążył Ziemię 217 razy i wylądował w nocy 21 lutego na Florydzie w Centrum Lotów im. J.F. Kennedy'ego. Największym wyzwaniem misji było przyłączenie do stacji przywiezionych dwóch modułów.

Terry Virts w Krakowie

10 i 11 maja Terry Virts był w Krakowie. Spotkał się z uczniami i studentami, a przedtem miał spotkania w innych miastach. Z uznaniem wyrażał się o wysokim poziomie uczniów. Dwa lata temu w podobnych spotkaniach uczestniczył dowódca promu George Zamka z pochodzenia Polak (patrz *Neutrino* 3, 2008, s. 14). Widocznie NASA uznała misję Zamki w Polsce za udaną, skoro w tym roku ją powtórzono. Kosmonauci promują wśród młodzieży nie tylko misje kosmiczne jako takie, ale co ważniejsze, wykształcenie w przedmiotach ścisłych (Zamka ma też licencjat z matematyki). Na zapytanie dziennikarki Barbary Suchy (GW z 16 maja 2010) **co można robić w czasie trwania misji kosmicznej**, Terry Virts odpowiedział:

Przede wszystkim jest dużo pracy, która przypomina zawód mechanika samochodowego. Dużo narzędzi, części i wszystko trzeba ze sobą połączyć. No i trzeba uważać, żeby nie wypuszczać nic z ręki, bo przedmioty szybko uciekają. W ciągu dwóch tygodni mieliśmy zaledwie parę godzin wolnego czasu, wtedy robiliśmy dużo zdjęć i bawiliśmy się brakiem grawitacji, grając M&Msami w ping-ponga czy robiąc bańki z wody... No i można spać w pionie albo pod sufitem, jak kto woli!

Mieliśmy ze sobą odtwarzacz CD i zestaw głośników, więc mogliśmy słuchać Chopina widząc pod sobą Ziemię. To było niesamowite!



Moduł siedmiookiennej kopuły widokowej



KOMUNIKAT

Ogólnopolski Festiwal „Nauki Przyrodnicze na Scenie 4”

*Wojciech Nawrocik
Przewodniczący KKO*

Krajowy Komitet Organizacyjny (KKO) uprzejmie informuje, że zgodnie z zapowiedzią, Ogólnopolski Festiwal „Nauki Przyrodnicze na Scenie 4” odbędzie się na Wydziale Fizyki UAM w dniach 24 i 25 września 2010 roku.

Do udziału w Festiwalu tradycyjnie zapraszamy nauczycieli i uczniów szkół ponadpodstawowych, dydaktyków fizyki i nauk przyrodniczych z wyższych uczelni oraz popularyzatorów fizyki i nauk przyrodniczych z całej Polski.

Tematem preferowanym poznańskiego festiwalu „Nauki Przyrodnicze na Scenie 4” będzie pokazanie wkładu fizyki, innych nauk przyrodniczych i nauk technicznych w rozwiązywanie problemu energetycznego świata i Polski. Szczególnie zależy nam na tym, żeby przekonać uczestników festiwalu do programu budowy elektrowni jądrowych w Polsce.

Jak na wszystkich poprzednich festiwalach występy zespołów oceniane będą w trzech kategoriach:

- demonstracje zjawisk związanych z wytwarzaniem energii,
- działania artystyczne pokazujące związki fizyki i nauk przyrodniczych z problemami energii (przedstawienia teatralne, fotografie, rysunki, wiersze itp.),
- pokazy multimedialne dotyczące różnych problemów związanych z konwencjonalnymi i nowymi sposobami wytwarzania i wykorzystania energii.

Inne ciekawe tematy wystąpień będą także rozpatrywane

Aktualne informacje o Ogólnopolskim Festiwalu „Nauki Przyrodnicze na Scenie 4” i o poprzednich festiwalach znajdują się na stronie internetowej Wydziału Fizyki UAM <http://www.staff.amu.edu.pl/~fizscena/>.

W razie wątpliwości prosimy o e-mailowy lub telefoniczny kontakt:
Nawrocik@amu.edu.pl; tel. 61-8295169



Turniej Młodych Fizyków 2010

Andrzej Nadolny



W Turnieju Młodych Fizyków 2010 wzięły udział 22 drużyny z 16 miejscowości. Pięciosobowe drużyny licealne, niekiedy wspomagane przez szersze grono uczniów, pracowały nad rozwiązaniami wybranych 10 spośród 17 zadań turniejowych. Zadania turniejowe są corocznie formułowane przez Komitet Organizacyjny Międzynarodowego Turnieju Młodych Fizyków. Po przetłumaczeniu na język polski są one publikowane m.in. na stronie internetowej Turnieju <http://ptf.fuw.edu.pl/tmf.html>.

Pisemne opracowania należało przesłać do jednego z dwóch komitetów turniejowych – w Katowicach lub Warszawie. Drużyny wybrane na podstawie oceny prac nadesłanych w etapie I referowały swoje opracowania na zawodach II etapu, zwanych półfinałami. Odbyły się one 18 marca w Katowicach z udziałem drużyn:

- I Liceum Ogólnokształcącego im. Władysława Broniewskiego w Bolesławcu
 - I Liceum Ogólnokształcącego im. Heliodora Święcickiego w Międzyrzeczu
 - II Liceum Ogólnokształcącego im. Joachima Chreptowicza w Ostrowcu Świętokrzyskim
 - Grupy Twórczej „Quark” z Pałacu Młodzieży w Katowicach
- oraz 20 marca w Warszawie z udziałem drużyn:
- II Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Wyspiańskiego w Kwidzynie
 - III Liceum Ogólnokształcącego im. Unii Lubelskiej w Lublinie
 - XXXII Liceum Ogólnokształcącego im. Haliny Poświatowskiej w Łodzi
 - XIV Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Staszica w Warszawie
 - I Liceum Ogólnokształcącego im. Ziemi Kujawskiej we Włocławku

W trakcie zawodów drużyny nie tylko przedstawiały rezultaty własnych prac, musiały również dyskutować z oponentami, starającymi się znaleźć słabe punkty.

Drużyny, które zajęły najwyższe miejsca w zawodach półfinałowych, wzięły następnie udział w zawodach finałowych rozegranych 24 kwietnia w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie. Zgodnie z regulaminem wszystkie wystąpienia uczestników finału, włącznie z dyskusją, były prowadzone w języku angielskim.

Wystąpienia finałowe oceniało jury pod przewodnictwem prof. dr hab. Krystyny Jabłońskiej z Instytutu Fizyki PAN z udziałem m.in. delegowanego przez Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Fizycznego prof. dr hab. Mariusza Dąbrowskiego z Uniwersytetu Szczecińskiego oraz dwóch jurorów z zagranicy. Warto wspomnieć, że dwie osoby spośród jurorów były w przeszłości uczestnikami Międzynarodowych Turniejów Młodych Fizyków – dr Anna Grochola (z Uniwersytetu Warszawskiego) była kapitanem polskiej drużyny, mgr Ilya Martchenko (z Uniwersytetu we Fryburgu Szwajcarskim) należał do reprezentacji Rosji.

Pierwsze miejsce w zawodach finałowych, a tym samym w Turnieju, zajęła drużyna XIV Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Staszica w Warszawie. Drużyna ta będzie reprezentować Polskę w Międzynarodowym Turnieju Młodych Fizyków, który odbędzie się latem w Wiedniu.

Pełniejsze informacje na temat Turnieju można znaleźć na stronie internetowej <http://ptf.fuw.edu.pl/tmf.html>. Tam też na jesieni każdego roku są publikowane zadania nowej edycji Turnieju, a także szczegóły organizacyjne.

Jak podkreślają m.in. nauczyciele prowadzący drużyny turniejowe, udział w Turnieju rozwija u uczniów pasję badawczą, naukowe podejście do rozwiązywania problemów występujących w otaczającym świecie, jak również umiejętność współpracy w zespole. Rozwijane są także umiejętności referowania i prowadzenia dyskusji, w tym także w języku angielskim (krajowe zawody finałowe oraz zawody Międzynarodowego Turnieju Młodych Fizyków odbywają się w języku angielskim), co ma kapitalne znaczenie dla młodych ludzi, niezależnie od wybranej przez nich drogi przyszłej kariery naukowej bądź zawodowej.



Popularyzacja fizyki w Łodzi – prestiżowe nagrody

Stanisław Bednarek

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu
Łódzkiego*

Konkurs po nazwą „Popularyzator Nauki” jest organizowany przez Polską Agencję Prasową oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego”. W piątej edycji tego prestiżowego konkursu, która odbyła się w 2009 r., dwie spośród sześciu nagród otrzymali popularyzatorzy fizyki. Są nimi: dr Jan Olejniczak, pracujący w Zakładzie Podstawowych Problemów Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego i Studenckie Koło Naukowe Fizyki „Kot Schrödingera” z Politechniki Łódzkiej.

Dr Jan Olejniczak aktywnie popularyzuje fizykę od 29 lat. Uważa, że ta nauka jest dla wszystkich. Dowód tego stanowi fakt udziału w prowadzonych przez niego zajęciach, nie tylko młodzieży i nauczycieli, ale również mieszkańców regionu łódzkiego, niezwiązanych ze szkolnictwem, a także przedszkolaków. Dla tych najmłodszych uczestników w latach 2006–2007 organizował specjalne warsztaty we współpracy z Widzewskim Domem Kultury. W 2004 r. dr Jan Olejniczak przedstawił propozycję i rozpoczął prowadzenie Wykładów Otwartych, mających na celu zwiększenie zainteresowania uczniów fizyką, a w szczególności specjalnościami prowadzonymi w Uniwersytecie Łódzkim.

Podczas odbywających się w Łodzi od 10 lat Festiwalu Nauki, Kultury i Sztuki dr Jan Olejniczak wygłasza wykłady, a w 2007 r. wszedł w skład Komitetu Organizacyjnego Festiwalu i zainicjował działalność Pikniku Naukowego na terenie Łódzkiego Centrum Handlowo-kulturalnego „Manufaktura”. Od tam pikniki odbywają się corocznie, przyciągając tysiące łodzian. Jeszcze wcześniej dr Jan Olejniczak rozpoczął wygłaszanie w ciągu roku szkolnego kilku wykładów dla uczniów w ramach akcji odczytowej, prowadzonej przez Oddział Łódzki Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Wszystkie jego wykłady są ilustrowane licznymi doświadczeniami pokazowymi i przyciągają po kilkuset słuchaczy, nie tylko z województwa łódzkiego, ale także z województw sąsiednich.

Pokazy przeprowadzane przez dra Jana Olejniczaka uzyskały wysoką ocenę. Dwukrotnie, w latach 2005 i 2006, startował w konkursie pt. „Nauki Przyrodnicze na Scenie” i uzyskał wyróżnienia. Także dwa razy reprezentował Polskę na Europejskim Festiwalu „Science on Stage” i został wyróżniony. Pełniąc od 1977 r. funkcję kierownika Pracowni Pokazowej na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego stale dba o jej rozwój. Zbudował kilkadziesiąt nowych i oryginalnych zestawów do doświadczalnych. Napisał także kilka programów komputerowych, umożliwiających symulację rozchodzenia się

fal elektromagnetycznych i oraz ewolucję funkcji falowych przy zadanych rozkładach potencjału. O oryginalności jego prac świadczy 5 uzyskanych patentów. W ostatnim czasie, wspólnie z redaktorem Wiktorem Niedzickim, nagrał film dotyczący energii.

Zbiorowy laureat konkursu, czyli Kot Schrödingera, to grupa ok. 20 studentów z Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej, tworząca Koło Naukowe. Od 2001 r. biorą oni udział w Łódzkich Festiwalach Nauki, Kultury i Sztuki, na których prezentują oryginalne doświadczenia własnego pomysłu. Doświadczenia te w poglądowy i rzetelny sposób wyjaśniają trudne problemy fizyki. Studenci są zafascynowani fizyką i swoje doświadczenia przygotowują z rozmachem. Zyskują na tym uczestnicy Festiwalu, którzy oglądają pokazy w wykonaniu „Kota Schrödingera”.

W ostatnich latach studenci biorą udział również w Pikniku Naukowym w łódzkiej „Manufakturze”. Każdego roku ich występy odbywają się pod innym hasłem. W 2007 r. hasłem była „Historia fizyki”. Członkowie Koła przebrali się w stroje z odpowiednich epok i prezentowali historyczne doświadczenia o fundamentalnym znaczeniu dla rozwoju fizyki. Dzięki temu można było m.in. zobaczyć pierwszy odrzutowy silnik parowy, czyli obracającą się kulę Herona, zbudowaną w starożytnej Grecji. Studenci pokazali również linie Fraunhofera, których odkrycie przyczyniło się do rozwoju analizy widmowej i wzbogacenia wiedzy o strukturze atomów i budowie ciał niebieskich.

W 2008 r. hasłem stała się „Fizyka żywiołów”. Doświadczenia pokazowe wyjaśniały wówczas m.in. takie zjawiska, jak kondensacja pary wodnej w atmosferze i powstawanie deszczu oraz działanie ciśnienia atmosferycznego. To drugie zjawisko prezentowane było przy pomocy historycznych półkul magdeburskich, na których uczestnicy pokazów „własnoręcznie” mogli się przekonać, jak trudno je rozerwać po odpompowaniu i jak wielką siłę jest w stanie wywierać ciśnienie atmosferyczne.

Hasłem pokazów z roku 2009 było „Daj się zaskoczyć”. Studenci pokazali możliwości wykorzystania energii słonecznej do gotowania wody i pieczenia kiełbasek. W tym celu na centralnym placu łódzkiej „Manufaktury” ustawili oklejoną folią odblaskową antenę satelitarną o promieniu ok. 2 m, która skupiała padające na nią promienie słoneczne. Interaktywne doświadczenie pokazywało zadziwiające właściwości materiałów reologicznych na przykładzie cieczy nienewtonowskiej. Cieczą tą była mieszanina mąki ziemniaczanej i wody, do której co odważniejsi widzowie mogli wejść i na własnych stopach przekonać się o zaskakujących zmianach jej lepkości. Oprócz tego, studenci z „Kota Schrödingera” prezentowali m.in. doświadczenia z fizyki niskich temperatur, cieszące się ogromnym zainteresowaniem uczestników Pikniku.

Obaj laureaci konkursu „Popularyzator Nauki” nie mają najmniejszego zamiaru spocząć na laurach i w 2010 r. oraz w latach następnych chcą prezentować jeszcze bardziej atrakcyjne doświadczenia i wykłady.



CO CZYTAĆ

Magazyn Miłośników Matematyki

Magazyn Miłośników Matematyki (MMM) jest kwartalnikiem poświęconym rozrywkom matematyczno-logicznym. **Magazyn** ukazuje się cztery razy do roku: w styczniu, kwietniu, lipcu i październiku.

MMM adresowany jest do wszystkich tych, którzy lubią myśleć i znajdują przyjemność w rozwiązywaniu zagadek i łamigłówek logicznych, i to zarówno do *starych wyg*, jak i do całkiem *zielonych* w tej sztuce. Do lektury naszego **Magazynu** nie jest więc konieczne posiadanie jakiegokolwiek przygotowania matematycznego czy też doświadczenia w zakresie rozwiązywania łamigłówek. Z naszym pismem nawet zupełnie początkujący w tej sztuce mogą się jej nauczyć krok po kroku. Służy temu **Samouczek zadaniowy** i ogłaszany w każdym numerze konkurs **Łamanie głowy, czyli burza w mózgu** (zobacz więcej nt. konkursu).

W **MMM** można też znaleźć popularne artykuły o matematyce i jej twórcach. Ich lektura również nie wymaga specjalistycznego przygotowania matematycznego. Zakładamy, że Czytelnik posiada w tym zakresie wiedzę na poziomie ucznia kończącego gimnazjum.

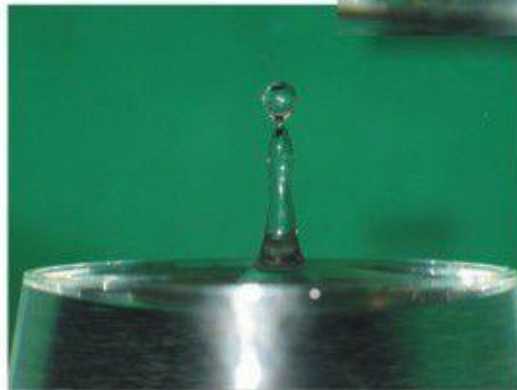
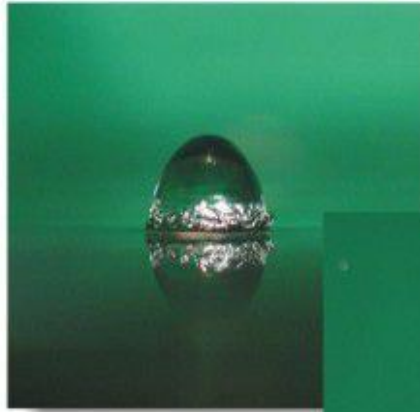
W każdym numerze jest dużo zadań dla Czytelników. W cyklu **Matematyczne zmagania** prezentujemy zadania z rozmaitych konkursów krajowych i zagranicznych, a w **Sztafecie pokoleń, czyli 5-10-15-20** – łamigłówki dla całej rodziny.

Zapraszamy miłośników matematyki oraz tych, którym logiczne myślenie sprawia przyjemność i satysfakcję, do wspólnej, intelektualnej przygody. Łamy **MMM** są otwarte na ciekawe artykuły, redakcja czeka na pomysły tematów, które można poruszyć w kolejnych numerach, oraz na propozycje interesujących zadań (także konkursowych). Piszcie do nas!

<http://www.mmm.uni.wroc.pl/>



Krople



Zdjęcia: Redakcja