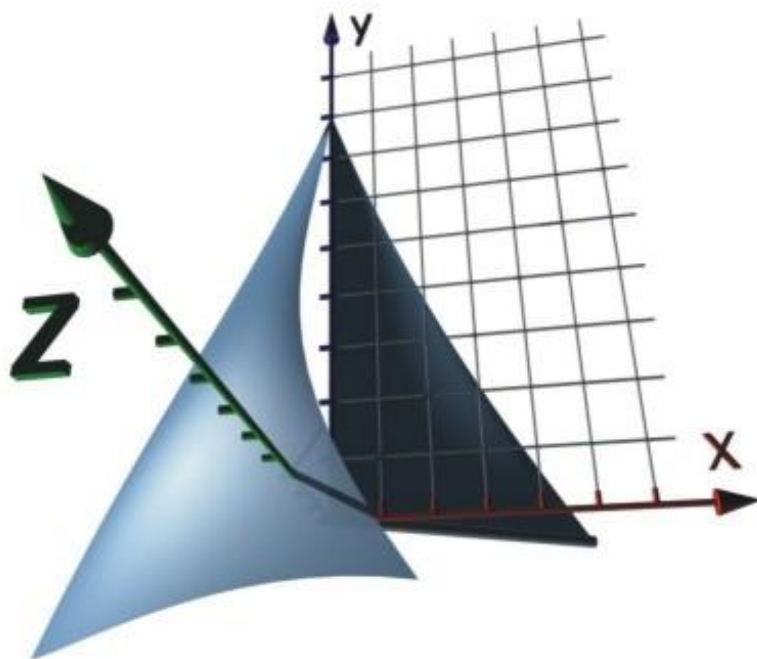


Foton⁹⁷

Lato
2007

Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI & UNIwersYTET Jagielloński
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



Astronomia i fizyka - kłopotliwe pytania
Żagle i fizyka
Rakieta wodna

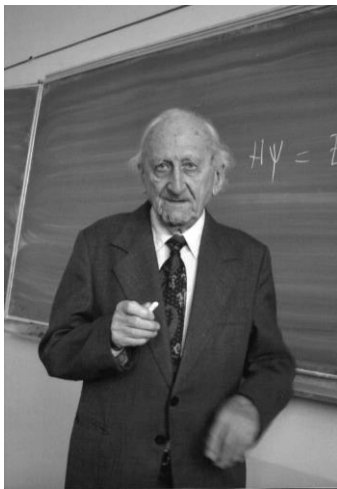
Bronisław Średniawa
Profesor fizyki teoretycznej Uniwersytetu Jagiellońskiego,
nestor fizyków krakowskich



Przyszły profesor
w wieku 8 lat



Gimnazjum Polskie w Bielsku



90-latek



Współczesny widok szkoły – obecnie
Liceum im. M. Kopernika

(Zdjęcia pochodzą ze zbioru rodzinnego prof. Średniawy)

Redakcja przeprasza za błąd na okładce poprzedniego zeszytu. To ten zeszyt jest 97, zaś wiosna 2007 ma numer 96!



Orły specjalnej troski

Okazuje się, że w praktyce problem równoczesnego nauczania i edukacji tzw. „zwykłych” uczniów i elit napotyka na ogromne trudności i bardzo rzadko jest z sukcesem realizowany. W sztukach pięknych młodzież uzdolnioną kształci się na ogół w osobnych szkołach, np. muzycznych, plastycznych czy baletowych.

W nauczaniu matematyki i fizyki, gdzie rozrzut zdolności i zainteresowań jest równie pokaźny jak w sztuce, z dużą pewnością można stwierdzić, że armia wyizolowanych singli wędnie w szkołach, w których kształci się „ogół”. Wiele zrobiono dobrego, choć raczej tylko w sferze idei, by poprawić nauczanie w matematyce i fizyce, lecz równocześnie pod wpływem populistycznych nacisków poprawa ta łączy się ze zminimalizowaniem czasu nauczania.

Po latach zaniedbywania najzdolniejszych, z powodu wiary iż oni sobie i tak sami poradzą, nadeszła pora, by się nad nimi uważniej pochylić. Oni, ambitni najzdolniejsi, są zwykłymi nastolatkami. Jak kania dżdżu potrzebują aprobaty rówieśniczej, mają silną potrzebę rywalizacji. Czeka ją na uznanie ze strony szkoły, rodziców, czeka ją na przyszłą nagrodę w życiu zawodowym. Potrzebne są szkoły i inne miejsca, gdzie spotkają się z podobnymi sobie uczniami. Jedna fundacja rządowa, czy jedno nasze przedszkole, czy nawet Grupa Kwarków nie załatwiają jeszcze sprawy.

Polskie Towarzystwo Fizyczne planuje wspieranie sieci szkół wzorcowych w nauczaniu informatyki i fizyki. Jeśli zamysł zostanie zrealizowany, to będzie to duży krok w dobrą stronę. Osobiście wierzę, że już niedługo znowu nastanie czas, w którym studiowanie fizyki będzie nobilitować.

Młodzież mamy dobrą i ambitną, trzeba tylko o nią zadbać. Proponuję przeczytanie artykułu studentów fizyki o kółku fizycznym w V LO w Krakowie. Autorzy, to byli przedszkolacy (o przedszkolach fizyki pisaliśmy wielokrotnie).

Dla zafascynowanych kosmologią i astrofizyką specjalny artykuł napisał profesor Kazimierz Grotowski. Jest on napisany z prawdziwym pazurem dramaturgicznym i zawiera kawał rzetelnej wiedzy.

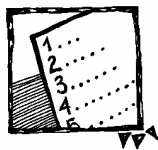
Polecamy na lato nasz *Foton* i zachęcamy do kontynuacji prenumeraty. Miłych wakacji w imieniu redakcji.

Z.G.-M.



Contents

| | |
|--|----|
| Editorial: Eagles of special care <i>Zofia Gołqb-Meyer</i> | 1 |
| ASTRONOMY and PHYSICS – centuries of difficult questions or a longtime fruitfull cooperation? <i>Kazimierz Grotowski</i> | 4 |
| Dark matter – does it exist? – the question intriguing a high school student..... | 24 |
| Sailing and physics <i>Sławomir Brzezowski</i> | 25 |
| Water from Heaven <i>Based on the article of: L.J.F. (Jo) Hermans, Europhysics News</i> | 33 |
| Interview with Professor Bronisław Średniawa on the occasion of his 90 th birthday <i>Zofia Gołqb-Meyer</i> | 36 |
| Recollections on lectures and examinations by Professor Średniawa <i>Krzysztof Fiałkowski</i> | 40 |
| When Professor Średniawa was a teacher <i>Zofia Gołqb-Meyer</i> | 43 |
| Obituary: Bohdan Paczyński <i>Krzysztof Roszkowski</i> | 45 |
| Physics in the Internet. Fantastic Flyby <i>Bogusz Kinasiewicz</i> | 47 |
| Experiments. Water rocket <i>Grzegorz Brzezinka</i> | 51 |
| Problems. Noises from the cave (5) – Unlucky pets <i>Adam Smólski</i> | 55 |
| Problem for Summer..... | 57 |
| Bernoulli in Philately <i>Jerzy Bartke</i> | 58 |
| Reading in English. Fantastic Flyby images of Jupiter and its moons..... | 59 |
| Children’s University in Cracow <i>Dagmara Sokółowska</i> | 60 |
| Physics club in a high school in Cracow <i>Michał P. Heller and Jan Kaczmarczyk</i> | 63 |
| What to read..... | 65 |
| Announcement | |
| Polish Physicists Convention 2007..... | 67 |
| Multimedia in Physics Teaching and Learning, Wrocław..... | 68 |



Spis treści

| | |
|--|----|
| Orły specjalnej troski <i>Zofia Gołąb-Meyer</i> | 1 |
| ASTRONOMIA i FIZYKA – stosunki doskonale, czy raczej stulecia wzajemnych, coraz bardziej kłopotliwych pytań? <i>Kazimierz Grotowski</i> | 4 |
| Czy istnieje ciemna materia – pytanie intrygujące uczennicę Monikę Storman..... | 24 |
| Żagle i fizyka <i>Sławomir Brzezowski</i> | 25 |
| Krople z nieba <i>Na podstawie: L.J.F. (Jo) Hermans, Europhysics News</i> | 33 |
| Wspomnienia fizyka w dziewięćdziesiątym roku życia, w sześćdziesięciolecie promocji doktorskiej <i>Z Profesorem Bronisławem Średniawą rozmawia Zofia Gołąb-Meyer</i> | 36 |
| Wspomnienia z wykładów i egzaminów u profesora Średniawy <i>Krzysztof Fiałkowski</i> | 40 |
| Jak to było, gdy Profesor Średniawa nauczał na UJ <i>Zofia Gołąb-Meyer</i> | 43 |
| Bohdan Paczyński nie żyje <i>Krzysztof Roszkowski</i> | 45 |
| Fizyka w Internecie. Ten fantastyczny lot <i>Bogusz Kinasiewicz</i> | 47 |
| Kącik doświadczalny. Rakieta wodna <i>Grzegorz Brzezinka</i> | 51 |
| Kącik zadań. Odgłosy z jaskini (5) – Pechowe zwierzątka <i>Adam Smólski</i> | 55 |
| Kącik zadań. Zadanie na lato..... | 57 |
| Bernoulli w filatelistyce <i>Jerzy Bartke</i> | 58 |
| Czytamy po angielsku. Fantastic Flyby new images of Jupiter and its moons..... | 59 |
| Inauguracja Uniwersytetu Dzieci <i>Dagmara Sokółowska</i> | 60 |
| O kółku fizycznym w V LO w Krakowie <i>Michał P. Heller i Jan Kaczmarczyk</i> | 63 |
| Co czytać..... | 65 |
| Komunikaty XXXIX Zjazd Fizyków Polskich 9–14 września 2007, Szczecin..... | 67 |
| 12 Międzynarodowa konferencja „Multimedia w nauczaniu i uczeniu się fizyki”..... | 68 |



ASTRONOMIA i FIZYKA – stosunki doskonałe, czy raczej stulecia wzajemnych, coraz bardziej kłopotliwych pytań?¹

Kazimierz Grotowski

Instytut Fizyki UJ

Astronomia i fizyka różnią się znacznie datami narodzin. Początki astronomii sięgają czasów starożytnych. Chińczycy wykonywali pomiary nachylenia ekliptyki do równika Ziemi już ponad 3 tysiące lat temu. Gwiazdozbiory były identyfikowane już w rocznikach chińskich i napisach asyryjskich, a **Hipparcos** opracował pierwszy katalog gwiazd już w II wieku przed narodzeniem Chrystusa. Wprawdzie w rozważaniach filozofów na temat atomistycznej budowy materii na przełomie V i IV w. p.n.e. można się dopatrywać początków fizyki, a od **Pitagorasa** pochodzą pierwsze związki fizyki z matematyką, ale naprawdę fizyka narodziła się znacznie później i to w dużej mierze w wyniku pytań stawianych przez astronomię.

ASTRONOMIA – **Kopernik** pokazał, że: *planety krążą wokół Słońca*.

FIZYKA – aby wyjaśnić: *bo działa prawo powszechnego ciężenia i prawa dynamiki*, **Galileusz**, **Kepler**, **Newton** musieli poczynić swoje odkrycia (XVI–XVIII wiek n.e.) tworząc podwaliny współczesnej fizyki.

Aż do końca XIX wieku astronomia z powodzeniem korzystała z rodzących się kolejno działów fizyki: dynamiki, termodynamiki, optyki, elektrodynamiki. Pierwsze poważniejsze trudności pojawiają się pod koniec stulecia.

ASTRONOMIA znowu stawia pytanie: *Czemu Słońce i gwiazdy świecą?*

FIZYKA – ma blisko pół wieku trudności z odpowiedzią na to pytanie. Niezbędne w tym celu, mechanika kwantowa, fizyka atomowa i jądrowa mają się dopiero narodzić w XX wieku. Dzisiaj wiemy, że *we wnętrzach gwiazd i Słońca zachodzą termojądrowe reakcje fuzji, które spalają wodór na hel i cięższe pierwiastki. Odpowiedzialne za to łańcuchy reakcji wypisuje Hans Bethe w 1939 roku, a dokładny opis tych zjawisk pojawia się dopiero w latach pięćdziesiątych.*

W 1911 roku **Albert Einstein** publikuje pierwszą pracę z **ogólnej teorii względności**. W dużym przybliżeniu jej sens można streścić następująco: *Materia (grawitacja) zakrzywia przestrzeń. Według mechaniki newtonowskiej swo-*

¹ Powyższy tekst jest rozszerzeniem wykładu, który autor wygłosił na Konwersatorium Fizycznym w Instytucie Fizyki UJ, Kraków 2005.

bodne cząstki i światło powinny poruszać się po liniach prostych; według ogólnej teorii względności będą to tory zakrzywione. Jest to bardzo rewolucyjna idea!

Teraz **FIZYKA** ustami Alberta Einsteina stawia przed **ASTRONOMIĄ** problem:

„Byłoby rzeczą pilnie pożądaną, aby zagadnieniem tym zainteresowali się astronomowie i to nawet w przypadku, gdyby przytoczone tu rozważania wydały się niedostatecznie uzasadnione czy wręcz awanturnicze.”

Ale wybucha I wojna światowa i odpowiedź na to pytanie nadchodzi dopiero po ośmiu latach. Jest nią obserwacja zaćmienia Słońca, wykonana 29 maja 1919 roku przez zespół **A. Eddingtona**. *Zakrzywienie przestrzeni wokół Słońca powoduje odchylenie promienia światła, pochodzącego od gwiazdy ukrytej tuż za krawędzią jego tarczy, o $1,98 \pm 0,16''$ (sekundy katowej).*

Zakrzywienie przestrzeni wpływa oczywiście również na ruch ciał materialnych. Peryhelium Merkurego przesuwają się w ciągu 100 lat o $573''$ (**Leverrier** XIX w.). Newtonowska mechanika, po uwzględnieniu perturbacji od innych planet przewiduje tylko $530''$. A więc 43 sekundy katowe na stulecie to poprawka pochodząca od ogólnej teorii względności. Są to bardzo małe efekty które na początku XX w. mogły się wydawać bez znaczenia.

Spokój astronomów zakłóciła dopiero sensacyjna wiadomość o pomiarze wykonanym przez **E. Hubble'a** w 1929 roku za pomocą teleskopu na Mount Wilson. Linie widmowe światła galaktyk są przesunięte ku czerwieni i to tym bardziej, im bardziej galaktyki są od nas odległe. Hubble interpretuje swą obserwację jako klasyczny efekt Dopplera. Galaktyki uciekają od nas z prędkością v proporcjonalną do ich odległości r :

$$v = H r, \quad H - \text{stała Hubble'a.} \quad (1)$$

Wszystkie galaktyki uciekają od nas i to tym szybciej im bardziej są odległe!!!

Interpretacja obserwacji Hubble'a budziła wiele protestów. Burzyła bowiem niektóre kanony astronomii. Pomiar Hubble'a był wielokrotnie sprawdzany, a wartość stałej Hubble'a ustalono z zadawalającą dokładnością dopiero po blisko 30 latach. Przyjęta dzisiaj wartość: $H \approx 22 \text{ km/s/milion lat świetlnych}$.

ASTRONOMIA: *Jak to jest możliwe??? Czemu galaktyki właśnie od nas uciekają? To przeczy zasadzie kosmologicznej, że obserwowany z dowolnego punktu Wszechświat powinien być taki sam! Co z niezmiennością Wszechświata w czasie?*

W tym przypadku **FIZYKA** była w stanie natychmiast udzielić na to pytanie odpowiedzi. Potrzebnych narzędzi należało szukać właśnie w **ogólnej teorii względności**.

Przyjmijmy, że w odpowiednio dużej skali Wszechświat jest jednorodnie wypełniony materią. Obserwacje astronomiczne rozkładu galaktyk we Wszech-

świecie dopuszczają takie założenie. Od średniej gęstości materii Wszechświata zależy, jak bardzo czasoprzestrzeń jest zakrzywiona i jaka jest geometria przestrzeni. Pole grawitacyjne tej materii, które określa geometrię Wszechświata, wylicza się z równań Einsteina²:

$$G_{\mu\nu} = (c^{-4}) 8\pi GT_{\mu\nu} + g_{\mu\nu} \Lambda, \quad \mu, \nu \rightarrow 0, 1, 2, 3 \quad (2)$$

gdzie poszczególne symbole oznaczają:

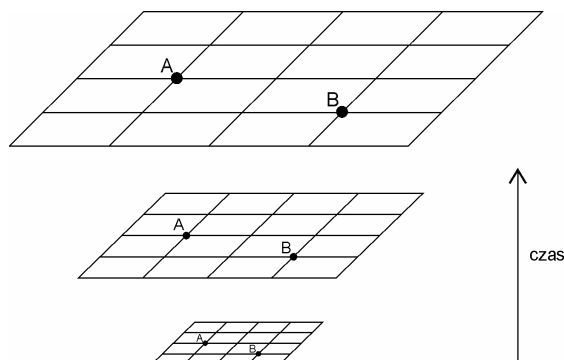
- $G_{\mu\nu}$ – tensor Einsteina
- G – stała grawitacji
- $g_{\mu\nu}$ – tensor metryczny
- Λ – tzw. stała kosmologiczna
- $T_{\mu\nu}$ – tensor energii, pędu
- c – prędkość światła

Aby znaleźć pole grawitacyjne, trzeba rozwiązać układ 10 równań różniczkowych nieliniowych drugiego rzędu. Każde zawiera bardzo wiele wyrazów. Jak mówiliśmy, ogólna teoria względności przewiduje wpływ grawitacji na geometrię przestrzeni. Aby zrozumieć jak opisać rozszerzający się Wszechświat wyobraźmy sobie nieskończoną przestrzeń, a w niej dwa obiekty, A i B, np. dwie galaktyki. Dla prostoty niech to będzie przestrzeń dwuwymiarowej płaszczyzny (np. membrana), która będzie się rozszerzać. Współporuszające się z rozszerzającą się płaszczyzną współrzędne obiektów A i B oznaczmy symbolami (x_A, y_A) i (x_B, y_B) . Odległość $l_{AB}(t)$ obiektów A i B w funkcji czasu t , będzie ogólnie biorąc dana wyrażeniem:

$$l_{AB}(t) = R(t)[(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2]^{1/2}, \quad (3)$$

gdzie $R(t)$, kosmiczny czynnik skali, może być zależny od czasu t . Dla chwili obecnej, $t = t_0$, przyjmujemy $R(t_0) = 1$. Oczywiście, odległość AB w rzeczywistej, trójwymiarowej przestrzeni będzie w zależności od jej geometrii dana innymi, nieco bardziej skomplikowanymi wzorami, również zawierającymi kosmiczny czynnik skali $R(t)$. Wprowadzenie do równania (3) czynnika skali umożliwia rozszerzanie lub kurczenie się przestrzeni Wszechświata. Jeśli przestrzeń się rozszerza to galaktyki od nas uciekają, a długość fali obserwowanej linii światła wydłuża się proporcjonalnie do kosmicznego czynnika skali. I to daje kosmiczny efekt Dopplera (rys. 1).

² Od Redakcji: Zdecydowaliśmy się zademonstrować *in extenso* słynne równania Einsteina pomimo iż wiemy, że dla wielu czytelników w takiej postaci będą one jedynie ikoną jednej z najważniejszych teorii fizyki teoretycznej. Równania te wiążą (lewa strona) własności geometryczne opisane tensorem $G_{\mu\nu}$ z materią – prawa strona równania.



Rys. 1. Rozszerzająca się przestrzeń Wszechświata

Układ równań Einsteina może mieć wiele rozwiązań. Niełatwo znaleźć to z nich, które ma sens fizyczny i właściwie oddaje postać funkcji $R(t)$. Zrobili to, niezależnie od siebie, w latach dwudziestych XX wieku, **Aleksander Friedman** i **Georges Lemaître**. Było to przed pomiarem wykonanym przez Hubble'a i większość fizyków nie zwróciła na ich prace uwagi. Mówiąc nawiasem, w zgodzie z ówczesnymi poglądami Einstein uważał, że Wszechświat jest statyczny, w kosmicznej skali niezależny od czasu. Aby to uzyskać musiał wprowadzić do równań (2) stałą kosmologiczną Λ i odpowiednio dobrać jej wartość. Pomiary Hubble'a przekonały go do zerowej wartości Λ , a jej wprowadzenie nazwał Einstein swym *największym błędem*. Jak zobaczymy dalej, nie miał racji.

Kładąc $\Lambda = 0$ Friedman i niezależnie Lemaître otrzymali równania różniczkowe, które dzisiaj zapisujemy w postaci:

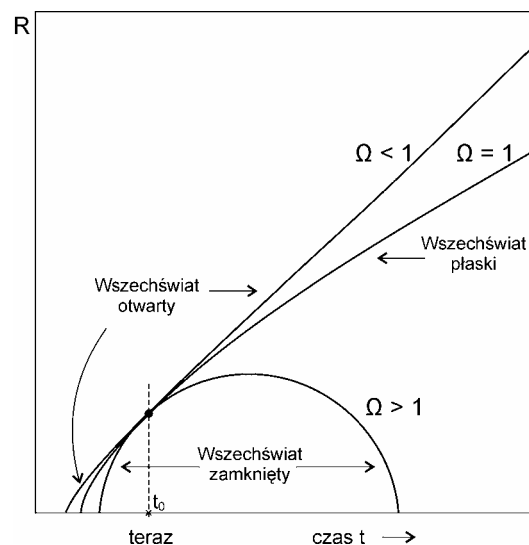
$$\left(\frac{dR(t)}{dt}\right)^2 + kc^2 = \frac{8}{3}\pi G \rho(t) R(t)^2, \quad (4)$$

$$c^2 \frac{d}{dt}(\rho(t) R(t)^3) + p \frac{d}{dt}(R(t)^3) = 0. \quad (5)$$

Występują w nich: gęstość materii we Wszechświecie – $\rho(t)$, oraz ciśnienie gazu (cieczy) – p , wypełniającego Wszechświat, od których zależy równanie stanu oraz k – parametr krzywizny. Początkowo, tuż po Wielkim Wybuchu, była to gorąca energia lub plazma cząstek elementarnych. Dzisiaj jest to raczej „pył”, którego ziarnami są galaktyki. Równania te pozwalają śledzić przebieg rozszerzania się Wszechświata.

Niech $\rho(t)/\rho_{kr}(t) = \Omega_0$, gdzie tzw. gęstość krytyczna $\rho_{kr}(t) = \frac{3H(t)^2}{8\pi G}$. Dla rozszerzającego się Wszechświata wartość stałej Hubble'a H , musi zależeć od czasu, a we wzorze (1) należy dopisać $H(t_0) = H_0$, gdzie, jak mówiliśmy, t_0 znaczy – dzisiaj. W chwili obecnej $\rho_{kr}(t_0) \approx 2 \cdot 10^{-26} \text{ kg/m}^3$.

Wielkość parametru Ω_0 decyduje o geometrii przestrzeni Wszechświata:
 jeśli $\Omega_0 > 1$ to $k > 0$, czyli przestrzeń ma krzywiznę dodatnią (jej dwuwymiarowym odpowiednikiem jest powierzchnia kuli),
 jeśli $\Omega_0 = 1$ to $k = 0$ i przestrzeń jest płaska (geometria euklidesowa),
 jeśli $\Omega_0 < 1$ to $k < 0$ i przestrzeń ma krzywiznę ujemną (jej dwuwymiarowym odpowiednikiem jest np. powierzchnia siodła – patrz rys na str. 23).



Rys. 2. Różne scenariusze ekspansji Wszechświata

Rysunek 2 pokazuje, jak wg równań Friedmana-Lemaître'a zmienia się kosmiczny czynnik skali $R(t)$, czyli jak we Wszechświecie zmieniają się odległości galaktyk (gromad galaktyk). Widzimy, że prędkość rozszerzania się Wszechświata maleje w czasie. Jest to wynik przyciągającego działania grawitacji. Dla płaskiej geometrii ($\Omega_0 = 1$) i dla krzywizny ujemnej ($\Omega_0 < 1$), Wszechświat będzie się zawsze rozszerzał. Dla krzywizny dodatniej ($\Omega_0 > 1$) grawitacja w pewnym momencie zwycięży i Wszechświat zacznie się kurczyć. Rys. 2 pokazuje również, że początek skali czasu, a z nią wartość t_0 , czyli wiek Wszechświata, zależą od geometrii Wszechświata, czyli od wartości Ω_0 . Jednocześnie **rys. 2 sygnalizuje FIZYCE poważny kłopot**. Widzimy, że dla $t = 0$ (początek skali czasu) rozmiary Wszechświata były zerem. Wszechświat był punktem geometrycznym, którego masa (energia) musiała być nieskończona. Taką sytuację nazywamy „osobliwością”. Sygnalizuje ona, że znane prawa fizyki przestają tutaj działać. Nie wiadomo również co spowodowało „Wielki Wybuch”, który wyprowadził Wszechświat z „osobliwości”. Drugiej „osobliwości” należy oczekiwać dla przypadku $\Omega > 1$ i odpowiednio długiego czasu, po którym przestrzeń Wszechświata zbiegnie się do punktu.

Wynikające z ogólnej teorii względności równania Friedmana-Lemaître'a i ich konsekwencje, zostały przyjęte przez astronomów z niedowierzaniem.

ASTRONOMOWIE pytają: *Czy poza „ucieczką” galaktyk znane są inne przesłanki popierające hipotezę Wielkiego Wybuchu?*

FIZYKA była w stanie odpowiedzieć na to pytanie dopiero kilkadziesiąt lat później.

Spektroskopowe pomiary, wykonywane przez astronomów, oraz inne dowody obserwacyjne ukazują, że we Wszechświecie mamy ok. 75% wodoru, 24% helu, a na resztę pierwiastków przypada tylko ok. 1%. Zwolennicy stacjonarnego Wszechświata uważali, że wszystkie pierwiastki produkowane są wewnątrz gwiazd. Innego zdania byli zwolennicy Wielkiego Wybuchu. Na przełomie lat czterdziestych i pięćdziesiątych twierdzili oni, że wszystkie pierwiastki narodziły się w Wielkim Wybuchu z pierwotnej gorącej „zupy” neutronów i protonów.

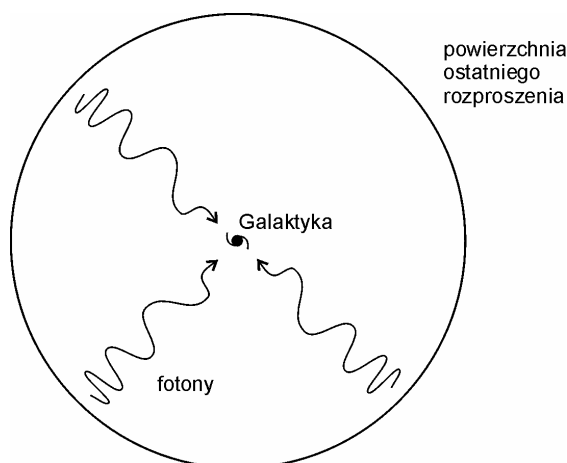
Dzisiaj wiemy, że prawda leży pośrodku. Analiza przebiegu pierwszych kilku minut *po Wielkim Wybuchu* pokazuje, że przez reakcje fuzji, czyli przez łączenie się neutronów i protonów *wyprodukowane zostały wtedy izotopy wodoru, helu i nieznaczne ilości lekkich pierwiastków*. Na tym się skończyło, bo temperatura i gęstość pierwotnego Wszechświata zmalała po tym czasie poniżej granicy dopuszczającej reakcje fuzji. *Reszta pierwiastków została wyprodukowana wewnątrz gwiazd*. W procesach przemiany wodoru w hel, a następnie w przemianie helu powstały cięższe pierwiastki, aż do żelaza włącznie. Takie reakcje jądrowe dostarczają energii, **dzięki czemu nasze Słońce i gwiazdy świecą**. Pierwiastki powyżej żelaza powstały w znacznej większości w eksplozjach supernowych, które są ostatnim etapem życia masywnych gwiazd. *W stosunku do masy całego Wszechświata, ilość pierwiastków produkowanych w gwiazdach stanowi drobny ułamek masy pierwotnego wodoru i helu, w zgodzie z mechanizmem Wielkiego Wybuchu*.

W 1964 roku **Arno Penzias** i **Robert Wilson** testowali prototypową antenę dla radiowej łączności satelitarnej i natrafili na dziwny „szum” w zakresie promieniowania mikrofalowego. Wytlumaczenie tego zjawiska podał ostatecznie astrofizyk **James Peebles**. Jego obliczenia pokazały, że Wszechświat wypełnia promieniowanie, które doskonale imituje znane z termodynamiki ciągłe widmo, jakie wysyła ciało doskonale czarne o temperaturze zaledwie ok. 2,7 kelwinów. Było to promieniowanie wysłane przez gorący gaz, wypełniający Wszechświat około 380 000 lat po Wielkim Wybuchu. Temperatura Wszechświata spadła wówczas do ok. 3000 kelwinów i pozwoliła elektronom połączyć się z jądrami atomowymi, czyli przejść od nieprzezroczystej, gorącej plazmy do gorącego gazu atomów, który był już przezroczysty dla fotonów promieniowania. Oczywiście, to pierwotne promieniowanie miało bardzo małą długość fali. Ale przestrzeń Wszechświata rozszerzała się, a wraz z nią wydłużały się fale fotonów

i ostatecznie dostaliśmy promieniowanie mikrofalowe, o długości fali odpowiadającej temperaturze tylko 2,7 kelwina. Nazywamy je *promieniowaniem resztkowym*. Na tym polega kosmiczny efekt Dopplera.

$$[\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{emisji}}]/\lambda_{\text{emisji}} = z, \quad R(t_0)/R_{\text{rek}} = T_{\text{rek}}/T_0 = 1 + z \approx 1000. \quad (6)$$

Tyle razy zmienił się kosmiczny czynnik skali i temperatura po rekombinacji.

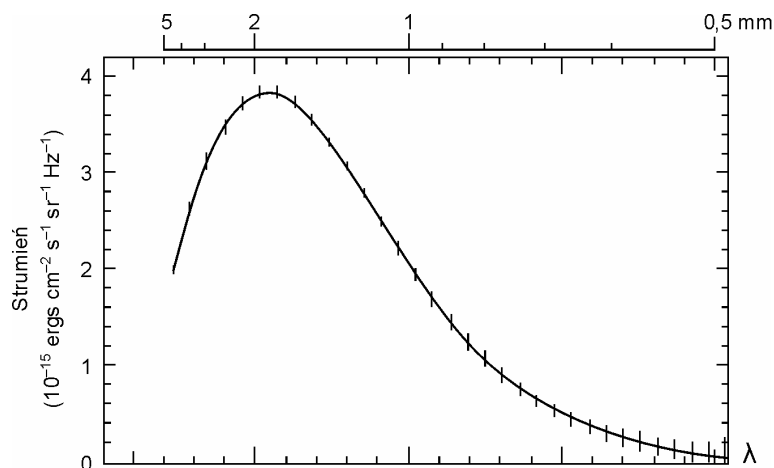


Rys. 3. Kosmiczny efekt Dopplera

Wykrycie promieniowania resztkowego i wytłumaczenie mechanizmu kosmicznej nukleogenezy ostatecznie wykluczyło hipotezę stacjonarnego Wszechświata.

Ale **ASTRONOMIA** szykowała **FIZYCE** nową niespodziankę.

Interpretację odkrycia Penziasa i Wilsona potwierdziły liczne, późniejsze obserwacje, wykonywane kolejno na pokładach samolotów i w gondolach stratosferycznych balonów, a w ostatnich latach za pomocą sond kosmicznych COBE i WMAP. *Ujawniły one niezwykle jednorodność rozkładu temperatury promieniowania resztkowego na niebie.* Niezależnie od kierunku obserwacji, nie zmienia się ona więcej niż o jedną tysięczną procenta!!! Termodynamika uczy nas, że świadczy to o doskonałej termicznej równowadze Wszechświata, która panowała podczas wysyłania promieniowania resztkowego, czyli około 380 000 lat po Wielkim Wybuchu.

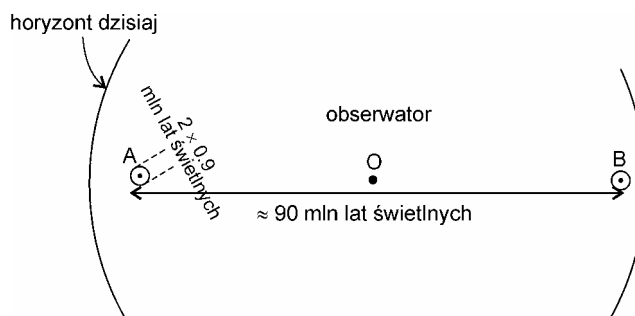


Rys. 4. Widmo promieniowania resztkowego

Dla uzyskania stanu równowagi termodynamicznej wszystkie obszary Wszechświata wysyłającego w naszym kierunku promieniowanie resztkowe musiały się ze sobą kontaktować! I tutaj pojawia się nowa trudność.

ASTRONOMIA: *A co z problemem horyzontu???*

Żaden sygnał nie może poruszać się szybciej od prędkości światła w próżni i to wyznacza rozmiary horyzontu, poza którym nie można się kontaktować, np. dla uzyskania równowagi termodynamicznej.

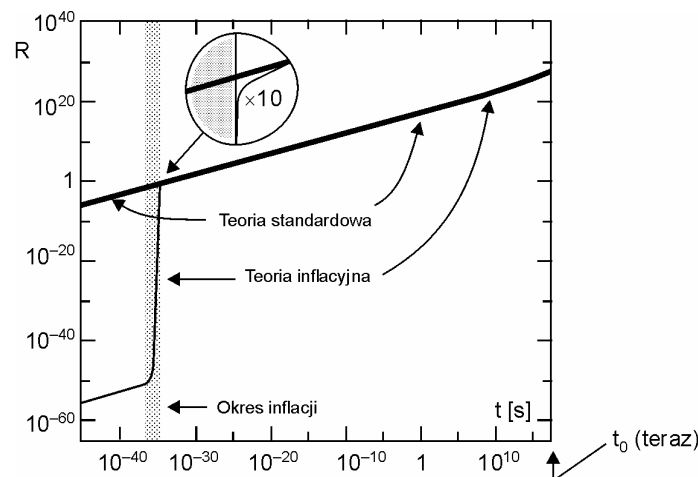


Rys. 5. Problem horyzontu

Według równań Friedmana-Lemaître'a nasz horyzont obejmuje dzisiaj znacznie większą część Wszechświata niż 380 tysięcy lat po Wielkim Wybuchu. Wtedy promień horyzontu, $r_{\text{hor}} \approx 0,9$ miliona lat świetlnych, a odległość źródeł emisji dwóch fotonów, które dzisiaj widzimy wynosiła aż: $AB \approx 90$ milionów lat świetlnych. Nie powinno więc dojść do stanu równowagi termodynamicznej.

FIZYKA: *Zgadzamy się!!! Problem horyzontu grozi kryzysem hipotezie Wielkiego Wybuchu.*

Rozwiązanie, choć wysoce niestandardowe zaproponował ćwierć wieku temu **Alan H. Guth**. Jest nim scenariusz tzw. **inflacji**, czyli gwałtownego rozszerzenia („rozęcia”) Wszechświata tuż po Wielkim Wybuchu.



Rys. 6. Inflacja Wszechświata

W tym scenariuszu widziany dzisiaj Wszechświat był przed fazą inflacji niezwykle mały i cały zawarty wewnątrz horyzontu. Wszystkie obszary Wszechświata mogły więc kontaktować się ze sobą i dojść do stanu równowagi.

Ale jak spowodować inflację? Równania Friedmana-Lemaître'a dają formalną możliwość uzyskania niezbędnej do tego celu, różnej od zera dodatniej drugiej pochodnej kosmicznego czynnika skali.

Przekształcając wzory (4) i (5) otrzymujemy równanie:

$$\frac{d^2R}{dt^2} = -\frac{4\pi G}{3c^2}(\rho c^2 + 3p)R, \quad (7)$$

które ze względu na znak minus i oczekiwaną dodatnią wartość występujących po prawej stronie wielkości, nazywane jest równaniem hamowania. Widzimy, że im wyższe ciśnienie, tym wolniej rozszerza się Wszechświat. Jest to zrozumiałe bo wymiar ciśnienia, [siła/cm²], jest identyczny z wymiarem gęstości energii [siła · cm/cm³], a energia to masa razy c². Ale $\rho_E = \rho_m c^2$. A więc ciśnienie działa efektywnie jak gęstość masy (energii). Jego wzrost wzmacnia pole grawitacyjne. Warto w tym miejscu zauważyć, że dla powietrza pod ciśnieniem atmosferycznym pole grawitacyjne generowane przez jego ciśnienie jest o 11 rzędów wielkości mniejsze od pola generowanego przez masę powietrza.

Zakładając natomiast odpowiednio dużą *ujemną wartość ciśnienia* p , dostaniemy *odpychanie grawitacyjne i inflację!!!* Problem w tym, że fizyczna ciecz, czyli pozostający w stanie równowagi układ, składający się z mikroskopowych cząstek, nie może mieć ujemnego ciśnienia. Wynika to z praw termodynamiki i zasady wzrostu entropii (np. L.M. Sokołowski [3]). Jeśli przyjmujemy jednak istnienie skalarne pola energii próżni, która ma równanie stanu: $p = -\rho c^2$, to pojawi się inflacja. Można pokazać, że teraz przyspieszenie ekspansji Wszechświata będzie rosło eksponencjalnie.

Wprowadzając do równania (5) pole o równaniu stanu: $p = -\rho c^2$, które nazwiemy polem inflatonowym, dostajemy drugie równanie Friedmana-Lemaître'a, zredukowane do postaci:

$$c^2 \frac{d}{dt}(\rho R^3) = c^2 \rho \frac{d}{dt}(R^3). \quad (8)$$

Wynika stąd, że $\rho = \text{const}$. A więc w *procesie inflacji gęstość energii nie zmienia się, mimo że Wszechświat się rozszerza!!! Tego typu procesów dotychczas w fizyce nie było!!!*

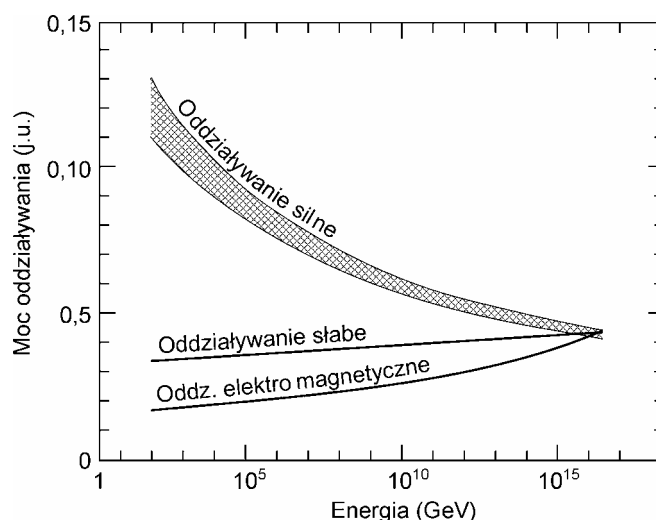
Oczywiście natychmiast pojawiają się przed **FIZYKĄ** problemy:

- 1) *skąd wziąć pole inflatonowe i rozpocząć inflację?*
- 2) *jak pozbyć się pola inflatonowego i zakończyć inflację?*

Dla ich rozwiązania *musimy wyjść poza ramy STANDARDOWEJ FIZYKI*. Kolejni autorzy – np. **A.H. Guth, A. Linde, A. Albrecht, P. Steinhardt** – proponują w tym celu różne scenariusze. Posługują się one pojęciem pola inflatonowego, przez analogię do **pól Higgsa**, stosowanych w fizyce cząstek elementarnych.

W dzisiejszym świecie cząstki elementarne komunikują się ze sobą, poza grawitacją, poprzez oddziaływania silne, słabe i elektromagnetyczne. „Silnie” oddziałują kwarki, a w konsekwencji bariony. Oddziaływanie „słabe” rządzi np. przemianami β . Oddziaływanie elektromagnetyczne występuje pomiędzy ładunkami elektrycznymi. Nośnikami tych oddziaływań są: dla „silnych” – gluony, dla „słabych” – bozony W^+ , W^- , Z^0 , dla elektromagnetycznych – fotony. Dla oddziaływań grawitacyjnych powinny to być „grawitony”, ale brak na razie kwantowej teorii grawitacji. Można zadać pytanie: czemu mamy 3 (z grawitacją 4) oddziaływania, różniące się „siłą”? Istnieją eksperymentalne przesłanki sugerujące, że różnica mocy oddziaływań silnych, słabych i elektromagnetycznych zmniejsza się gdy przechodzimy do coraz wyższych energii. Badania teoretyczne sugerują, że można oczekiwać unifikacji tych trzech oddziaływań (patrz rys. 7), ale dopiero dla bardzo wysokich energii – od około $2 \cdot 10^{16}$ GeV. Odpowiada to temperaturze równowagi termicznej około 10^{29} K. Jedynym „akceleratorem” pozwalającym osiągać takie energie jest Wielki Wybuch. Wielkiej unifikacji

z oddziaływaniem grawitacyjnym można oczekiwać dopiero przy tzw. **energii Plancka**, około 10^{19} GeV.



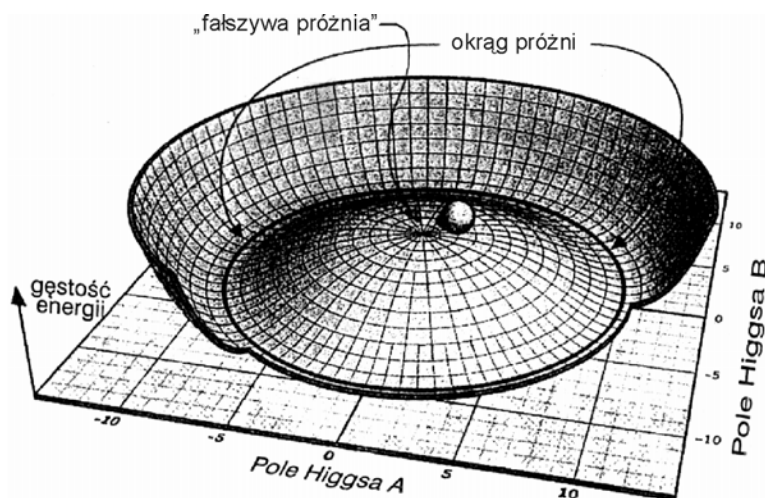
Rys. 7. Droga do unifikacji oddziaływań

Nasuwa się **pytanie**: *dlaczego ta pojedyncza, zunifikowana siła rozpada się, w miarę oziębiania się Wszechświata po Wielkim Wybuchu, na 3 (z grawitacją na 4) oddziaływania?*

Sugerowana odpowiedź: *Przy niższej temperaturze (energii) następuje spontaniczne złamanie symetrii w zespole pól Higgosa, które prowadzi do nadania masy znanym dzisiaj cząstkom elementarnym i nośnikom oddziaływań: silnego, elektromagnetycznego i słabego. Pola Higgosa wprowadzono pierwotnie w teorii oddziaływań elektro-słabych, a ich nazwa pochodzi od nazwiska **Petera W. Higgosa**.*

Na czym polega spontaniczne łamanie symetrii? Posłużmy się przykładem procesu krystalizacji, np. fluorokrzemianu glinu. W wysokiej temperaturze jest to ciekła substancja, jednorodna, w której brak wyróżnionego kierunku (jest zachowana symetria). W odpowiednio niskiej temperaturze następuje złamanie symetrii, przechodzi ona w przezroczysty, rombowy kryształ zwany topazem. Pojawiają się osie kryształu X,Y,Z, wzdłuż których światło rozchodzi się z różną prędkością. Orientacja osi kryształu w przestrzeni stanowi losowy efekt procesu krystalizacji, zwany spontanicznym łamaniem symetrii.

W najprostszej wersji zespół składa się z 24 pól Higgosa. Aby to możliwie prosto wytłumaczyć posłużmy się jeszcze prostszym przykładem, ograniczonym do dwóch pól Higgosa (patrz rys. 8).



Rys. 8. Gęstość energii pól Higgsa i łamanie symetrii w procesie inflacji

Widzimy tutaj gęstość energii pola Higgsa w funkcji natężenia składowych A i B. Obszar w pobliżu punktu $A=B=0$ nazywamy „falszywą próżnią”. Fałszywą, bo gęstość energii jest tutaj różna od zera, mimo że wartości pól znikają. Dla zwykłego pola, np. elektromagnetycznego, gęstość energii jest zerem gdy pole znika. Losy Wszechświata są podobne do losów kulki, która stacza się z punktu „falszywej próżni” na okrąg „prawdziwej próżni”, gdzie gęstość energii jest zerem. Tutaj energia zamienia się w „gorącą zupę” cząstek, które wypełniają nasz Wszechświat. Wartości pól Higgsa na okręgu próżni (w zależności od kierunku staczania się, który jest przypadkowy) decydują o masach cząstek i typie oddziaływań (nośniki oddziaływań). To jest właśnie *spontaniczne łamanie symetrii*. Inflacja kończy się gdy układ znajdzie się na okręgu próżni.

Jak pokazuje rys. 6, inflacja trwa niesłychanie krótko i niesłychanie „rozdyma” Wszechświat. Dokładne liczby są niepewne, bo zależą od ciągle niepewnych szczegółów teorii wielkiej unifikacji. Nie ulega jednak wątpliwości, że *inflacja musi „wypłaszczać” przestrzeń Wszechświata*, podobnie jak w przypadku powierzchni balonu, jeśli jego promień staje się gigantyczny.

Ale równania Friedman’a-Lemaître’a dopuszczają zbliżoną do płaskiej geometrię Wszechświata tylko wtedy gdy parametr $\Omega_0 \approx 1$, czyli dla przypadku, gdy średnia gęstość materii we Wszechświecie jest bliska gęstości krytycznej $\rho_{kr} \approx 2 \cdot 10^{-26} \text{ kg/m}^3$.

A więc nieuniknione pytanie **FIZYKI**: *jaka jest średnia gęstość materii Wszechświata?*

ASTRONOMIA: *niełatwo odpowiedzieć na to pytanie!*

Można zacząć od zliczania gwiazd w odpowiednio dużym obszarze. Teoria budowy gwiazd pozwala nieźle oszacować masę gwiazdy jeśli zmierzymy jej jasność i powierzchniową temperaturę. Odpowiedź nie jest zachęcająca. $\Omega_{\text{gwiazd}} = \rho_{\text{gwiazd}}/\rho_{\text{kr}} \leq 0,005$.

Oczywiście nie wszystkie gwiazdy świecą. Obiekty o masie mniejszej od ok. 0,08 masy Słońca, tzw. brązowe karły, należą do tej kategorii. Znaczną część materii występuje również w postaci gazu. Tak jest np. w gromadach galaktyk. Ten gaz jest bardzo gorący i „widać” go w widmie promieni X. To wszystko jednak nie wystarcza by otrzymać $\Omega_0 \approx 1$. Co więcej, *mechanizm pierwotnej nukleosyntezy, a ściśle biorąc pomiar względnego stosunku liczby wyprodukowanych izotopów deuteru, trytu, helu3, helu4 i litu7, pozwala oszacować gęstość materii barionowej we Wszechświecie. Tej materii z której praktycznie zbudowany jest cały dostępny nam świat materii ożywionej i nieożywionej. Wynosi ona zaledwie $0,03 < \Omega_B < 0,05!!!$*

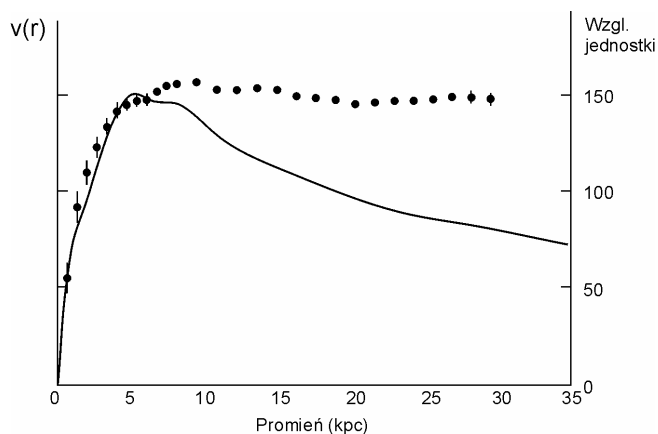
ASTRONOMIA: *tak, rozumiemy, że sytuacja jest poważna. Ale od kilkadziesiąt lat obserwujemy zjawiska sugerujące obecność tajemniczej materii, która oddziałuje grawitacyjnie, lecz jest niewidoczna. Natury tej materii nie umiemy wytłumaczyć.*

J.H. Oort i F. Zwicky już w latach 1932–1933 sugerowali, że dynamiki ruchu w naszej galaktyce i w gromadach galaktyk nie da się wytłumaczyć grawitacją znanych obiektów.

Problem tajemniczej, niewidzialnej, a więc oddziałującej wyłącznie grawitacyjnie, lub niemal wyłącznie grawitacyjnie materii, zwrócił uwagę astronomów, ponad 70 lat temu.

1) *Różnicowa rotacja galaktyk spiralnych*

Większa, niż sugerowana przez dynamikę widzianej materii, prędkość rotacji gwiazd i świecącego gazu, obserwowana w galaktykach spiralnych na większych odległościach od osi obrotu (rys. 9) sugeruje na ogół *istnienie „halo” dodatkowej, oddziałującej grawitacyjnie materii*, której nie można wykryć standardowymi metodami obserwacyjnej astronomii. Przyjęto nazywać ją „ciemną materią”.



Rys. 9. Prędkość różnicowej rotacji galaktyki spiralnej NGC 3198. Wyniki pomiarów (punkty) i przewidywania dynamiki Newtona (krzywa)

2) Gorący gaz w gromadach galaktyk

Grawitacja w gromadach galaktyk wytwarza dół potencjału, wypełniony gorącym gazem (głównie wodór i hel), który to gaz można obserwować w widmie promieniowania X. Masa tego gazu przewyższa masę gwiazd świecących w galaktykach. Aby wyjaśnić fakt uwięzienia tego gorącego gazu w gromadzie galaktyk, koniecznym jest przyjęcie obecności dodatkowej „ciemnej materii”, której grawitacja pogłębia dół przyciągającego potencjału.

FIZYKA: – „ciemna materia” to trudny problem. Pracujemy nad nim, ale jak na razie nie mamy w tej sprawie jednolitego zdania. Raczej różne propozycje.

Zwolennicy koncepcji istnienia „ciemnej materii” uważają, że:

Przyjęcie istnienia cząstek „ciemnej materii” pozwala zadawalająco wytłumaczyć problem anomalnej, różnicowej rotacji galaktyk spiralnych, problem obecności gorącego gazu w gromadach galaktyk, a także rozwiązać problem narodzin pierwszych gwiazd.

ASTRONOMIA sugeruje, że pierwsze gwiazdy powstały ok. 300 milionów lat po Wielkim Wybuchu. Niezwykła jednorodność rozkładu temperatury T , promieniowania resztkowego na niebie, $\Delta T/T \approx 10^{-5}$ mówi, że aż do ok. 380 000 lat po Wielkim Wybuchu fluktuacje gęstości gorącej plazmy były w znacznym stopniu wygładzane w wyniku zderzeń cząstek i ich wielkość nie wystarczałyby do zapoczątkowania procesu formowania się pierwszych gwiazd już około 300 milionów lat po Wielkim Wybuchu. Chodzi tutaj oczywiście o *materię barionową*, z której w przeważającej większości zbudowany jest otaczający nas świat. Ograniczenie wielkości fluktuacji gęstości nie dotyczy jednak „ciemnej materii”, która z wyjątkiem grawitacji oddziałuje słabo i już przed momentem rekombinacji materii barionowej mogła formować większe skupiska, które na-

stępnie po zniknięciu pierwotnej plazmy mogły – przyciągając materię bariową – przyspieszyć proces formowania pierwszych gwiazd.

Przeciwnicy koncepcji istnienia „ciemnej materii” twierdzą:

Nie wiemy czym mogłaby być „ciemna materia”. Ale może warto tak zmodyfikować prawa fizyki, by „ciemna materia” nie była potrzebna.

Można tak „ulepszyć” prawo grawitacji Newtona na dużych odległościach (tzw. *modified Newtonian dynamics*, MOND), by problem różnicowej rotacji galaktyk dał się wyjaśnić.

Zwolennicy koncepcji istnienia „ciemnej materii”:

Parametry potencjału grawitacyjnego w MONDzie potrzebne np. dla prawidłowego opisu różnicowej rotacji nie są uniwersalne, a problemu narodzin pierwszych gwiazd nie da się na tej drodze rozwiązać.

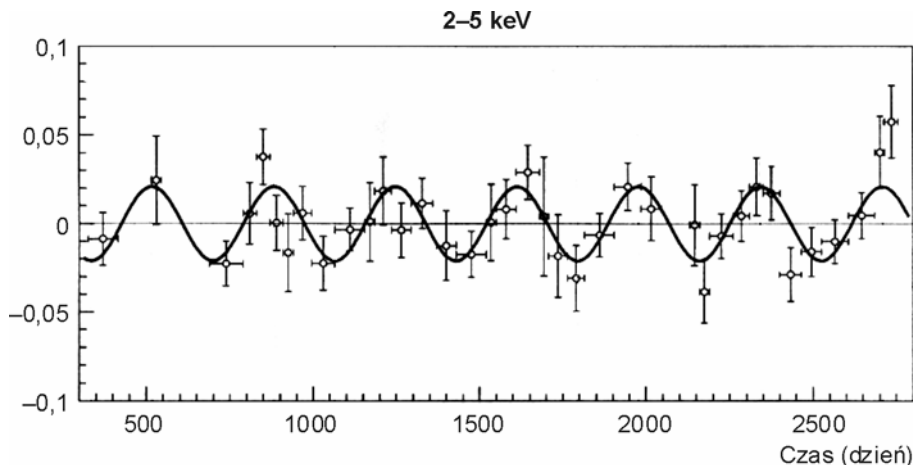
Przeciwnicy koncepcji istnienia „ciemnej materii”:

Brak obserwacyjnych (eksperymentalnych) dowodów istnienia „ciemnej materii”.

Zwolennicy koncepcji istnienia „ciemnej materii”:

Brak, jak na razie, eksperymentalnych dowodów na istnienie cząstek „ciemnej materii” nie jest argumentem. Fizyka zna przypadek cząstki, która oddziałuje grawitacyjnie, a niesłychanie słabo z materią. Jest nią neutrino, którego istnienia wymagał mechanizm rozpadu beta, a na którego eksperymentalne odkrycie musieliśmy czekać kilkadziesiąt lat.

W obecnej chwili pracuje na świecie kilka urządzeń, których celem jest wykrycie cząstek „ciemnej materii”. Przyjmuje się wprawdzie, że cząstki „ciemnej materii” oddziałują zasadniczo grawitacyjnie, może istnieć jednak pewne resztkowe oddziaływanie innego rodzaju, które umożliwia przekaz energii i pędu w wyniku kontaktu tych cząstek z atomami czy elektronami. Tak jest np. w oddziaływaniu neutrin z materią. Jednocześnie zakłada się, że nasza Galaktyka, Droga Mleczna, zanurzona jest w obłoku (halo) „ciemnej materii”, a planeta Ziemia w swym ruchu wokół Słońca porusza się przez pół roku z nieco większą, a przez pół roku z nieco mniejszą prędkością względem tego obłoku. Dzięki temu odpowiednio czuły detektor powinien w rytmie półrocznym zmieniać tempo swoich zliczeń. Wielkim problemem tego typu eksperymentów jest osłonięcie detektora od tła promieni kosmicznych i promieniotwórczości otoczenia, przy zachowaniu maksymalnej czułości (niskiego progu detekcji).



Rys. 10. Roczne cykle zmian zliczeń detektora DAMA

Rys. 10 pokazuje szybkość zliczeń detektora DAMA, który od siedmiu lat pracuje w tunelu pod przełęczą Gran Sasso w pobliżu Rzymu. Wprawdzie głębokość modulacji sygnału nie przekracza tutaj 5%, ale sugeruje dla okresu jej zmian wartość $(1,00 \pm 0,01)$ roku, jak można było oczekiwać.

ASTRONOMIA: *czym mogłyby być cząstki „ciemnej materii”?*

FIZYKA: *rozważane są różne możliwości*

Niestety nie wydaje się aby mogły to być *neutrino*, bo z uwagi na niemal zerową masę poruszają się praktycznie z prędkością światła i trudno by je było uwięzić w poszukiwanych obłokach „ciemnej materii”, czy w pierwotnych fluktuacji gęstości.

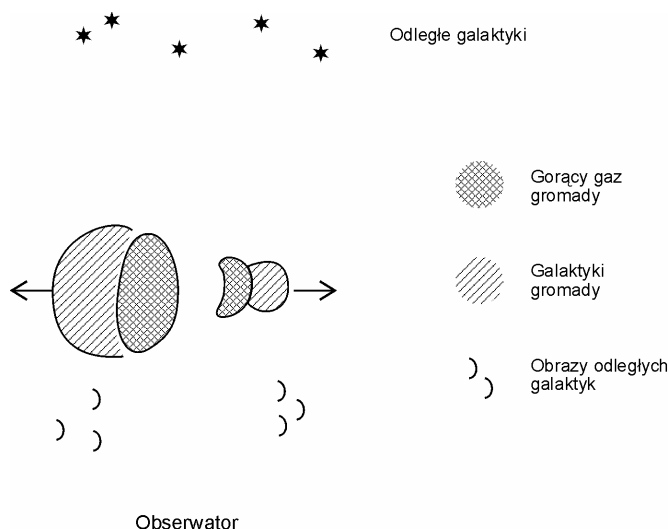
Lepszym kandydatem byłyby tutaj WIMPS-y (*weakly interacting massive particles*), które pojawiły się tuż po Wielkim Wybuchu. Fizyka cząstek elementarnych poszukuje mechanizmu, który mógłby być odpowiedzialny za ich narodziny.

Innymi kandydatami mogłyby być np. aksjony, cząstki supersymetryczne, czy też tzw. sterylne neutrino, których istnienie sugerują niestandardowe modele cząstek elementarnych. Dla ich znalezienia pracują: Axion Dark Matter Experiment (ADMX), Cryogenic Dark Matter Search (CDMS), EDELWEISS, ZEPLIN, czy Cryogenic Rare Event Search with Superconducting Thermometers (CRESST).

Wszystkie te eksperymenty nastawione są na wykrycie cząstek przewidywanych przez jakiś konkretny model cząstek elementarnych, który narzuca ich własności, np. masę. Jak na razie wyniki poszukiwań dają rezultat zerowy. Wyjątkiem jest eksperyment DAMA, który nie bazuje na żadnym modelu i który sugeruje istnienie jakichś cząstek o masie < 10 GeV.

ASTRONOMIA: wiadomość z ostatniej chwili!

A może to my dostarczymy pierwszego obserwacyjnego argumentu na istnienie obłoku „ciemnej materii”!!!



Rys.11. Zderzenie gromad galaktyk

Zderzenie gromad galaktyk: Pod koniec sierpnia 2006 ogłoszono wyniki obserwacji wielkiej gromady galaktyk 1E0656-558, oddalonej od nas o 3,5 miliarda lat świetlnych w kierunku gwiazdozbioru Kilu. Obserwowano ją zarówno w świetle widzialnym (zespół **Douglasa Clowe**) jak i w paśmie rentgenowskim (zespół **Maxima Markevitcha**). Okazuje się, że gromada 1E0656-558 jest w rzeczywistości wynikiem zderzenia z prędkością 4700 km/s dwóch gromad galaktyk, które zaszło ok. 100 mln lat temu i które obserwujemy w kierunku prostopadłym do linii zderzenia. Widoczne w świetle widzialnym galaktyki obu gromad minęły się swobodnie, bo indywidualne zderzenia gwiazd są mało prawdopodobne. Inaczej wygląda sprawa z wypełniającym gromady gazem, który jest tutaj wyjątkowo gorący (ponad 200 mln kelwinów) i bardzo wyraźnie świeci w paśmie rentgenowskim. Na obrazie wyraźnie widać falę uderzeniową, która spowalnia gaz i silnie go rozgrzewa. Tak więc galaktyki obu gromad i wypełniające go obłoki gazu przesunęły się względem siebie. Galaktyki są bardziej na zewnątrz, obłoki gazu pomiędzy nimi. I tutaj nadchodzi sensacyjna część obserwacji! Posługując się kosmicznym teleskopem Hubble’a i czterema ośmiometrowymi teleskopami Europejskiego obserwatorium w Chile, zauważono na tle galaktyk gromady 1E0656-558 charakterystyczne łuki, będące zniekształconymi obrazami galaktyk leżących w stosunku do obserwatora daleko poza gromadą 1E0656-558 i będące wynikiem ogniskowania grawitacyjnego.

Gromada 1E0656-558 odgrywa tutaj rolę *soczewki grawitacyjnej*. Łuków tych nie widać na tle obłoków gorącego gazu, mimo że tam, jak wiemy, powinna być skupiona większość materii gromady. A więc obłoki „ciemnej materii”, które głównie odpowiadają za efekty grawitacyjne w gromadzie galaktyk, podobnie jak galaktyki obu gromad minęły się swobodnie, zostawiając za sobą obłoki gorącego gazu reprezentujące większość materii barionowej gromad. Tę obserwację można uważać za pierwszy obserwacyjny dowód istnienia „ciemnej materii”. Oczywiście, oczekuje się teraz kolejnych obserwacji astronomicznych, prowadzących do podobnych wniosków.

ASTRONOMIA do FIZYKI: *Eksperymentalne potwierdzenie istnienia „ciemnej materii” nie rozwiąże niestety waszych trudności z wytłumaczeniem praktycznie płaskiej geometrii Wszechświata. Różnego typu oszacowania wskazują, że dla materii M, zarówno barionowej B, jak i „ciemnej” C, mamy tylko:*

$$\Omega_M = \Omega_C + \Omega_B \approx 0,3$$

Na domiar złego, obserwacja eksplozji supernowych typu Ia, służących jako standardowe świece, pokazuje ostatnio, że wbrew siłom grawitacji ekspansja Wszechświata zaczęła przyspieszać około 5 miliardów lat temu!!! Co wy na to?

FIZYKA: *A może Albert Einstein miał rację i należy zrobić użytek z proponowanej przez niego stałej kosmologicznej Λ ?*

Jeśli przyjąć $k > 0$ i odpowiednio dobraną wartość Λ otrzymamy kosmiczny czynnik skali $R(t) = \text{const}$, a więc statyczny Wszechświat, tak jak chciał wówczas Einstein.

Ale jeśli położymy $\Lambda \neq 0$ to w równaniach Friedmann’a-Lemaître’a pojawi się nowy człon.

Np. równanie dla kosmicznego czynnika skali przybierze postać:

$$\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 + kc^2 = \left(\frac{8}{3}\pi G\rho + \frac{1}{3}\Lambda c^2\right)R^2, \quad (9)$$

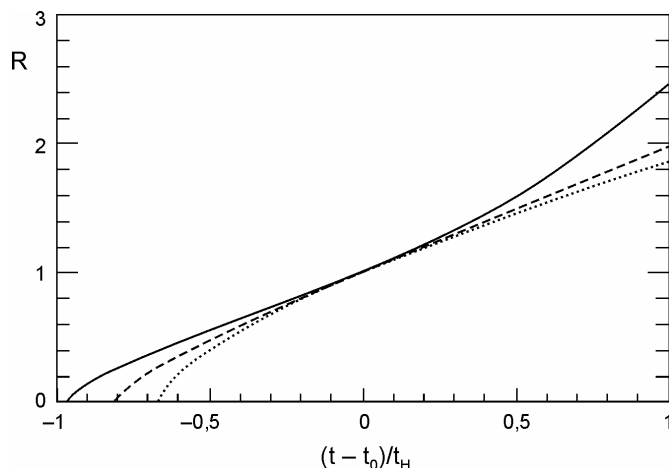
a równanie deceleracji:

$$\frac{1}{R} \frac{d^2R}{dt^2} = -\frac{4\pi G}{3c}(\rho c^2 + 3p) + \frac{1}{3}\Lambda c^2 \quad (10)$$

Teraz o geometrii (krzywiznie) Wszechświata będzie decydować:

$$\Omega_R \equiv 1 - (\Omega_0 + \Omega_\Lambda), \text{ gdzie } \Omega_\Lambda = \frac{\Lambda}{3H_0^2}.$$

Mamy teraz: Wszechświat otwarty dla $\Omega_R > 0$, płaski dla $\Omega_R = 0$ i zamknięty dla $\Omega_R < 0$.



Rys. 12. Różne drogi ewolucji Wszechświata i ich zależność od stałej kosmologicznej i gęstości materii. $\Omega_0 = 1, \Omega_\Lambda = 0$ – kropki; $\Omega_0 = 0,3, \Omega_\Lambda = 0$ – linia przerywana; $\Omega_0 = 0,3, \Omega_\Lambda = 0,7$ – linia ciągła

Rysunek 12 pokazuje jak to wpłynie na zmianę w czasie czynnika kosmicznej skali. Czas podany jest tutaj we względnych jednostkach, gdzie $t_H = (H_0)^{-1}$ jest tzw. czasem Hubble'a. Widzimy, że $\Omega_0 = 1, \Omega_\Lambda = 0$ daje płaską, euklidesową geometrię Wszechświata, $\Omega_0 = 0,3, \Omega_\Lambda = 0$ daje Wszechświat o krzywiznie ujemnej, natomiast $\Omega_0 = 0,3, \Omega_\Lambda = 0,7$ kreuje Wszechświat z geometrią euklidesową i wartością Ω_0 zgodną z obserwacjami.

Stałej kosmologicznej Λ można przypisać sens fizyczny związany ze stałą energią próżni, która generuje odpychanie na zasadzie ujemnego ciśnienia (równania 9 i 10). Zaczyna dominować gdy w rozszerzającym się Wszechświecie grawitacja odpowiednio osłabnie. W statycznym Wszechświecie gęstość energii, związanej z Λ jest 2 razy mniejsza niż gęstość materii. Aby wytłumaczyć tempo przyspieszenia ekspansji Wszechświata gęstość ta musiałaby być około 2 razy większa od gęstości materii. Nie znamy, jak na razie, źródła takiej ciemnej energii.

Tak jak to bywało dawniej, powyższe rozwiązanie ma swoich zwolenników i przeciwników. Są też inne propozycje:

Kwintesencja → pojawienie się pola, podobnego do pola inflatonowego, które zwiastuje nową epokę (stosunkowo łagodnej) inflacji.

Modyfikacje ogólnej teorii względności → teoria strun → dodatkowe wymiary które powodują osłabienie oddziaływania grawitacyjnego na dużych odległościach i zamianę w odpychanie???

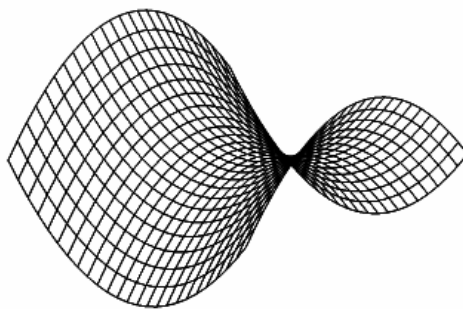
Na tym kończymy omawianie dyskusji, która od stuleci toczy się pomiędzy środowiskami astronomów i fizyków. Jak widać, jej rezultaty były i są jak naj-

bardziej pozytywne, otwierając nowe kierunki poznawania Wszechświata i rządzących nim praw. Ten proces nie jest bynajmniej zakończony. **Oto lista niektórych, stawianych przez astronomię pytań, które czekają na odpowiedź:**

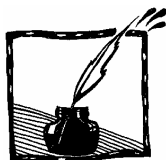
1. Dlaczego nastąpił Wielki Wybuch?
2. Problem początkowej osobliwości, sugerowanej przez ogólną teorię względności?
3. Jaki jest naprawdę scenariusz i mechanizm inflacji?
4. Czym jest „ciemna materia”?
5. Czym jest „ciemna energia”?
6. Dlaczego około 5 mld lat temu Wszechświat zaczął przyspieszać ekspansję?
7. Jaki będzie przyszły scenariusz ewolucji Wszechświata?
.....?

Polecana literatura

- [1] A.H. Guth, *Wszechświat Inflacyjny*, Prószyński i S-ka 2000.
- [2] A. Liddle, *An Introduction to Modern Cosmology, Second Edition*, Wiley 2003 (jest polskie tłumaczenie pierwszego wydania).
- [3] L.M. Sokołowski, *Elementy Kosmologii*, ZamKor 2005.
- [4] M. Wójcik, *Poszukiwanie Cząstek Ciemnej, Zimnej Materii*, Polska Akademia Umiejętności, Prace Komisji Astrofizyki, Nr 11, 2007.



Powierzchnia siodłowa



Czy istnieje ciemna materia? – pytanie intrygujące uczennicę Monikę Storman

Co to jest ciemna materia i czy ona istnieje, to jedno z częściej zadawanych przez uczniów pytań. Wzbudza ono wyobraźnię, rozpala ciekawość.

Różne konkursy fizyczne (np. „Fizyczne ścieżki”, konkurs „Kwarków”) zaowocowały wysypem prac uczniowskich dotyczących astrofizyki i kosmologii. Obfitość literatury popularnonaukowej i materiałów w Internecie pozwala uczniom nie tylko zadawać pytania, ale i poszukiwać na nie odpowiedzi.

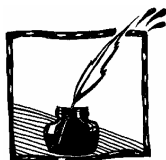
Uczennica, Monika Storman, nadesłała do redakcji *Fotonu* artykuł, w którym już w tytule zadaje pytanie „czy istnieje ciemna materia?”, a następnie próbuje odpowiedzieć na nie w sposób dostępny dla swoich koleżanek i kolegów. Wyjaśnia czytelnikom, że klucz do odpowiedzi na to pytanie leży w rozpoznaniu budowy i ewolucji Wszechświata. Okazuje się, że już dużo wiemy na ten temat, a nawet są dostępne dane doświadczalne.

Aczkolwiek wywód przeprowadzony przez autorkę brzmi bardzo przystępnie i ciekawie, wychwycone są w nim istotne punkty, to jednak Redakcja nie zdecydowała się na druk tego artykułu. Zawiera on bowiem nieścisłości, które mogłyby być powielane przez kolejnych, niezających bliżej tematu, czytelników.

Aby dostarczyć czytelnikom rzetelnych informacji na intrygujący ich temat zamówiliśmy obszerny artykuł u profesora Grotowskiego.

Specjalnie dedykujemy go Monice S. i wszystkim młodocianym kosmologom. Monika napisała bardzo dobry esej, należy jej się piątka. Może kiedyś zostanie ekspertem w astrofizyce.

Z.G.-M.



Żagle i fizyka

Sławomir Brzezowski

Instytut Fizyki UJ

1. Czy żaglówki pływają pod wiatr?

W zasadzie nie. Gdyby jednak sformułować to samo pytanie inaczej:

Niech wiatr wieje od punktu A do punktu B, a pomiędzy tymi punktami niech rozciąga się dostatecznie głęboka woda. Czy w tych warunkach da się dopłynąć żaglówką z punktu B do punktu A, nie opływając Ziemi dookoła?

to odpowiedź jest pozytywna – da się, ale trzeba płynąć zygzakiem.

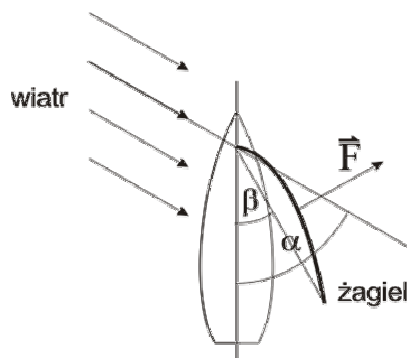
Zanim zrozumiemy, dlaczego statek napędzany żaglem potrafi „zdobywać wysokość na wiatr”, musimy rozważyć niektóre siły działające na żaglowiec w ruchu.

Z punktu widzenia fizyki statek żaglowy jest obiektem stałym znajdującym się na granicy dwóch ośrodków (wody i powietrza), zwykle pozostających we względnym ruchu, i zanurzony częściowo w każdym z tych ośrodków. Względny ruch ośrodków może mieć kilka przyczyn. Główną przyczyną jest oczywiście wiatr.

Nieco upraszczając założmy więc, że w układzie Ziemi woda jest nieruchoma a powietrze się przemieszcza. Przesiadźmy się teraz na jacht.

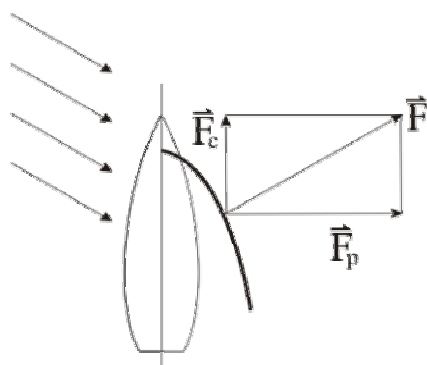
Kadłub jachtu jest tak ukształtowany, że względnie łatwo przesuwa się w wodzie do przodu i do tyłu, ale stawia duży opór przy próbie przesunięcia jachtu w bok.

Nad głowami mamy rozpięte żagle. Znowu nieco upraszczając możemy przyjąć, że są to pionowe powierzchnie (założymy dla uproszczenia, że maszt jest pionowy), ustawione pod pewnym kątem β do osi jachtu. Z perspektywy wierzchołka masztu narysowalibyśmy następujący szkic:



Powstawanie siły na żaglu

Zwróćmy uwagę na kierunek wiatru i kąt, pod jakim ustawiono żagiel. Oś jachtu i kierunek wiatru tworzą kąt α , a żagiel ustawiony jest w dwusiecznej tego kąta. Przy takim bowiem ustawieniu na żagiel będzie ze strony wiatru działała siła \vec{F} , prawie dokładnie prostopadła do powierzchni żagla. Tarcie powietrza o żagiel sprawi, że ta siła będzie przyłożona pod nieco innym kątem (na naszym rysunku symbol tej siły byłby skręcony nieco w prawo), ale o tym możemy zapomnieć – im gładszy żagiel, tym to skręcenie będzie mniejsze.



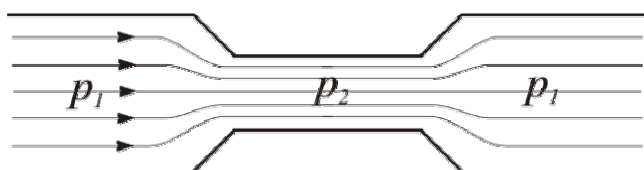
Rozkład siły działającej na żagiel na siłę ciągnącą i przechylającą

Przyjrzyjmy się sile \vec{F} . Jak każdą poziomą siłę, możemy ją rozłożyć na dowolne dwa nierównoległe poziome kierunki. Wybierzmy jeden z nich wzdłuż osi jachtu, a drugi prostopadły do niej. Możemy teraz zapomnieć o sile \vec{F} i zamiast niej mamy dwie równocześnie działające siły \vec{F}_c i \vec{F}_p .

Siła \vec{F}_c ciągnie jacht do przodu, zaś siła \vec{F}_p próbuje przesunąć jacht w bok. Pod wpływem pierwszej siły jacht płynie w pożądanym kierunku (małe opory ruchu – patrz wyżej), a pod wpływem drugiej kadłub powoli przesunę się w bok – tym wolniej, im większe są opory boczne. Ten drugi ruch nazywamy dryfem i jest to oczywiście zjawisko niekorzystne. Jeżeli jednak dryf nie jest za duży, to ostateczny kierunek przesuwania się jachtu pozwala „zdobywać wysokość na wiatr”. Płynąc zygzakiem (halsując) możemy odbyć podróż z portu B do portu A.

Wróćmy jeszcze na chwilę do siły \vec{F} powstającej na żaglu pod wpływem wiatru. Zauważmy, że wypełniony wiatrem żagiel, jako wykonany z tkaniny, nigdy nie jest płaski. Warto wiedzieć, że to jego wygięcie jest zjawiskiem korzystnym, zwiększającym siłę \vec{F} . Aby to zrozumieć, musimy na pozór odejść od tematu i wyobrazić sobie dowolny ośrodek gazowy lub ciekły, znajdujący się w ruchu (jak powietrze wokół żagla). W takim ośrodku, jeżeli znajduje się on

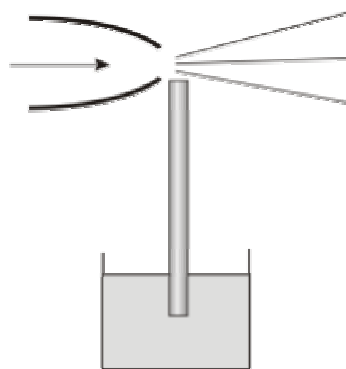
w stabilnym ruchu, można wskazać stabilne linie, wzdłuż których poruszają się cząsteczki ośrodka. Linie te zbliżają się do siebie, gdy ośrodek przeciska się przez jakieś zwężenia i oddalają się od siebie, gdy „ma więcej miejsca”. Wyobraźmy sobie na przykład zwężenie strumienia: linie prądu wody w takim zwężeniu ułożone są ciaśniej i... woda płynie tam szybciej.



$$p_1 > p_2$$

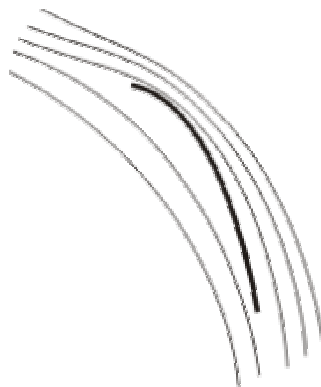
Tam, gdzie ośrodek przyspiesza – maleje ciśnienie

Wyobraźmy sobie porcję wody lub gazu poruszającą się w rurze o zmiennej średnicy: wchodząc w zwężenie ośrodek ten musi przyspieszyć, a jedyną przyczyną tego przyspieszenia może być różnica ciśnień: ośrodek przyspiesza przechodząc od miejsca o wyższym ciśnieniu do miejsca o niższym ciśnieniu, a gdy zwalnia, to jego ciśnienie musi rosnąć (prawo Bernoulli'ego). Na tej zasadzie działa zwykły rozpylacz: w przewężeniu nad rurką ciśnienie jest na tyle niskie w porównaniu z ciśnieniem w otoczeniu, że następuje zasysanie cieczy ze zbiornika.



Rozpylacz

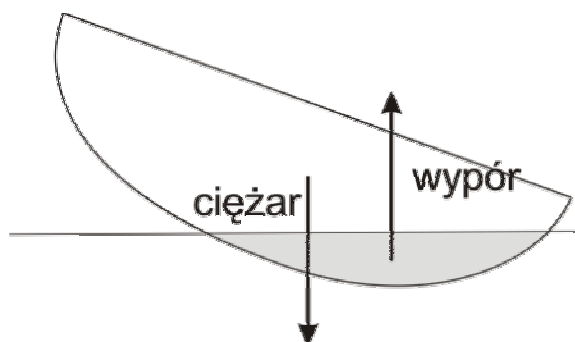
Wracamy na jacht. Strugi powietrza opływającego żagiel są z konieczności zagęszczone na jego wybrzuszonej, zawietrznej stronie. Oznacza to, że powietrze porusza się tam nieco szybciej, niż w innych miejscach i dlatego za żaglem rozciąga się strefa obniżonego ciśnienia: żagiel jest zasysany na stronę zawietrzną, co zwiększa siłę \vec{F} .



Strumienie powietrza opływającego żagiel

2. Czy jacht może się wywrócić?

Oczywiście może, ale jego skłonność do wywrotek może być różna. Wszystko zależy od konstrukcji kadłuba.



Para sił przeciwstawia się przechylaniu łódki

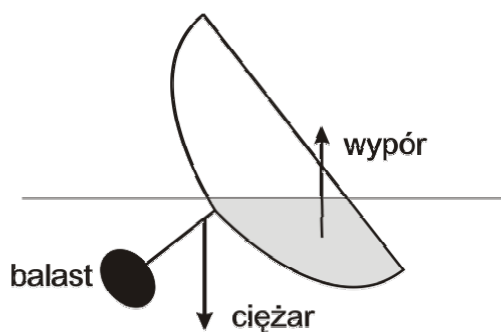
Zacznijmy od małych, lekkich żaglówek, pływających na jeziorach. Rysunek pokazuje przekrój kadłuba takiej łódki: widzimy szeroki, płaskodenny kształt, częściowo zanurzony w wodzie. Co dzieje się, gdy taka żaglówka, pod naporem wiatru, przechyla się? Wyjaśnia to rysunek: część zanurzona kadłuba przesuwa się na stronę zawietrzną i tam wędruje też punkt przyłożenia siły wyporu. Siła wyporu, „współdziałając” z siłą ciężkości, przeciwstawia się dalszemu przechylaniu łódki. Opisany mechanizm nie zabezpiecza oczywiście łódki przed wywrotką: dostatecznie duża siła przechylająca w końcu ją wywróci, ale po ew. wywrotce, dzięki swojej lekkości, łódka, nawet wypełniona wodą, może zachować pływalność.

Ten rodzaj stateczności mają w szczególności katamarany: łódki dwukadłubowe. Tylko bardzo silny wiatr potrafi unieść nawietrzny kadłub i wywrócić katamaran.



Katamaran na granicy wywrotki (fot. Wikipedia)

Inny mechanizm uzyskiwania stateczności opiera się na działaniu balastu i jest wykorzystywany głównie w jachtach morskich. Z dna takich jachtów wystaje w dół silna, płaska konstrukcja, na końcu której umieszcza się ołowiany lub stalowy balast – bardzo ciężki, sięgający niekiedy 1/3 ciężaru całego jachtu.



Stateczność jachtu z balastem

Spójrzmy na rysunek. Dodanie balastu sprawia, że siła ciężkości przyłożona jest teraz znacznie niżej, niż w przypadku lekkich, płaskodennych żaglówek:

jest przyłożona poniżej punktu przyłożenia siły wyporu. Zmienia to całkowicie zachowanie jachtu, jeżeli próbujemy go przechylić: nawet położony na burtę jacht (gdy maszt leży wtedy na wodzie) potrafi samodzielnie wstać.



Ten jacht, uderzony podmuchem wiatru, wstanie o własnych siłach (fot. Rick Tomlinson)

Za tę stateczność płacimy jednak wysoką cenę: po przebicciu kadłuba, lub zalaniu jego wnętrza wodą przez otwory pokładowe, jacht tonie. Teoretycznie – można by rozmieścić w kadłubie puste szczelne blaszane zbiorniki wypornościowe, ale wtedy zabrakłoby miejsca dla załogi i wyposażenia.

3. Czy żagiel pozwala się rozpędzić do prędkości większej, niż prędkość wiatru?

Odpowiedź jest zaskakująca: pozwala. Ta sztuka udaje się pod warunkiem, że w dostatecznym stopniu zmniejszymy opory ruchu.

Najpierw – trochę teorii. Wrócimy do żagla i działającej na żagiel siły. Kąty α i β zdefiniowaliśmy wcześniej. Pod wpływem składowej siły \vec{F} skierowanej do przodu jacht się rozpędza. Ma to ten skutek, że na ruchomym jachcie halsującym „pod wiatr” wzmacnia się i skręca tak, że zaczyna wiać bardziej od dziobu, czyli kąt α maleje. Musimy więc zmniejszyć kąt β , aby utrzymać żagiel w dwusiecznej kąta α . Po tej operacji siła \vec{F} też skręca, ale jej składowa ciągnąca jacht niekoniecznie musi maleć, bo wartość siły \vec{F} rośnie (silniejszy

wiatr wiejący względem jachtu). Zauważmy, że niezależnie od prędkości jachtu składowa ciągnąca siły \vec{F} będzie wciąż różna od zera i (teoretycznie) będzie mogła nadal rozpędzać jacht. Dopiero zrównoważenie rosnących wraz prędkością oporów ruchu i składowej ciągnącej sprawi, że prędkość przestanie rosnąć. Bez tych oporów prędkość mogłaby rosnać nieograniczenie i przekroczyć prędkość wiejącego nad wodą wiatru. Ta sztuka łatwo udaje się bojerowcom i windsurferom.



Jacht w ruchu, uwięziony w dolinie własnej fali (<http://www.spinnaker-yachts.com/photos.htm>)

Skoro jesteśmy przy oporach ruchu. Spójrzmy na fotografię. Widać na niej płynący jacht. Patrząc wzdłuż burty zauważymy, że w okolicach dziobu i rufy woda jest wypiętrzona, a wzdłuż jachtu rozciąga się „dolina” fali. Ta fala sama powstaje wokół jachtu, wędruje wraz z nim i więzi jacht w dołku wodnym. Jej długość równa jest długości jachtu.

Nietrudno zauważyć, że krótka fala porusza się po wodzie wolniej, niż długa (porównaj prędkość drobnych zmarszczek na wodzie z prędkością dużych fal). Tak więc prędkość fali o długości równej długości jachtu jest zarazem maksymalną prędkością, z jaką jacht może płynąć „w zwykły sposób” (czyli im dłuższy jacht, tym szybciej może płynąć). Czy jacht może się wyrwać z dołka wodnego, w którym się porusza, i popłynąć szybciej? Może, ale pod wpływem szczególnie dużej siły (silny wiatr, duża powierzchnia żagla). Jeżeli mu się to

uda, to dziób jachtu wspina się na przednią falę, przechodzi w ślizg i wtedy... opory ruchu gwałtownie maleją. Zaczyna się „prawdziwa jazda”. Ta sztuka udaje się na lekkich regatowych żaglówkach, a ostatnio, wobec rozwoju technologii materiałowych pozwalających budować wielkie, ale lekkie kadłuby, także na oceanicznych jachtach regatowych.



Duży oceaniczny jacht regatowy w pełnym ślizgu (fot. Rick Tomlinson)



Kropki z nieba

Na podstawie: L.J.F. (Jo) Hermans,
Europhysics News (37/5 2006, str. 26)

Europhysics News, biuletyn Europejskiego Towarzystwa Fizycznego zamieszcza ostatnio krótkie felietoniki L.J.F. (Jo) Hermansa z Holandii. Omawia on zwykle jakiś mały problemik z życia codziennego, tłumacząc zjawiska za pomocą elementarnych zasad fizyki. W 5 zeszytce 37 tomu z 2006 roku Hermans rozważa zależność szybkości opadania kropelek deszczu od ich wielkości. Jak wiadomo, maksymalna szybkość poruszania się opadającej kropli (szybkość graniczna) odpowiada sytuacji, gdy siła ciężkości równoważona jest przez siłę oporu powietrza:

$$mg = F_{op}$$

Ruch małych kropelek (np. mgły) możemy uważać za laminarny. Liczba Reynoldsa (patrz ramka) charakteryzująca taki przepływ jest w tym wypadku niewielka i mamy wówczas do czynienia z siłą oporu Stokesa:

$$F_{op} = 6 \pi \varepsilon v r$$

gdzie r jest promieniem kropelki, v – jej szybkością, a ε – współczynnikiem lepkości. Można łatwo wyliczyć podczas zajęć szkolnych, że maksymalna szybkość osiągana przez kropelki o promieniu 0,01 mm wynosi około 1 cm/s. Szybkość graniczna rośnie jednak gwałtownie wraz ze wzrostem rozmiarów kropli. Dzieje się tak, ponieważ masa kropli rośnie jak r^3 , podczas gdy siła oporu wzrasta liniowo z r . Porównując wartość siły ciężkości $mg = V\rho_w g$ z siłą oporu, otrzymujemy:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_w g = 6 \pi \varepsilon v_{\max} r$$

gdzie ρ_w oznacza gęstość wody.

Tak więc graniczna szybkość spadania kropli jest związana z jej promieniem zależnością:

$$v_{\max} = \frac{1}{9} r^2 \frac{\rho_w g}{\varepsilon}$$

Powyższe rozumowanie dotyczy ruchu laminarnego, w trakcie którego nie tworzą się wiry. Hermans wyszukał w dziele Ludwiga Prandtla z Getyngi – starej biblii hydrodynamiki – że powyższy wzór stosuje się dla kropelek o rozmiarach nieprzekraczających około 0,1 mm.

Dla kropli deszczu ($r \approx 1 \text{ mm}$) dominuje ruch turbulentny. Siła oporu jest wówczas proporcjonalna do kwadratu szybkości:

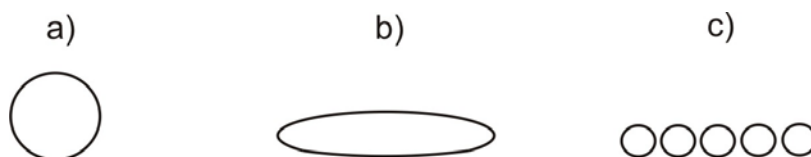
$$F_{op} = \frac{C\pi r^2 \rho_p v^2}{2}$$

gdzie $S = \pi r^2$ jest tzw. powierzchnią natarcia, ρ_p oznacza gęstość powietrza, a C jest współczynnikiem oporu i wynosi około 0,5 dla kulistej kropli.

W tym wypadku maksymalna szybkość kropli jest już proporcjonalna tylko do pierwiastka z promienia:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{8}{3} \frac{\rho_w}{\rho_p} gr}$$

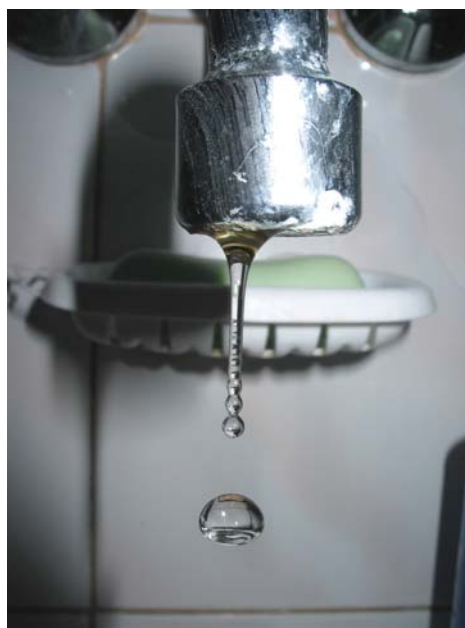
Dla kropli deszczu szybkość graniczna wyznaczona z powyższego wzoru wynosi około 16 km/h. Z kolei krople o promieniu 3 mm osiągają szybkość około 28 km/h. Czy wzór ten można stosować dla dowolnie dużych kropli? Okazuje się, że nie. Słynny fizyk niemiecki, Philipp Lenard (*Foton 91*, zima 2005) zaobserwował, że krople o promieniu większym niż około 3 mm ulegają deformacji. Początkowo sferyczna kropla (rys. a) przyjmuje kształt elipsoidy o spłaszczonym spodzie (rys. b). W wyniku wzrostu powierzchni natarcia, siła oporu dla zdeformowanej kropli jest większa niż dla kropli sferycznej o tej samej masie. W związku z tym szybkość graniczna kropli rośnie coraz wolniej z ich wielkością. Krople o rozmiarach około 4–5 mm osiągają maksymalną szybkość około 29 km/h. W miarę wzrostu rozmiarów, krople stopniowo ulegają coraz silniejszemu spłaszczeniu. W momencie, gdy siła oporu osiąga wartość większą niż siła napięcia powierzchniowego, następuje rozpad kropli na szereg mniejszych kropelek (rys. c). Na skutek tego rozmiar kropli deszczu ograniczony jest do około 5,5 mm.



Liczba Reynoldsa (Re) charakteryzuje przepływ cieczy. Służy ona do oszacowania stosunku sił bezwładności do sił lepkości płynu. Przepływowi laminarnemu (uporządkowanemu) odpowiadają małe wartości liczby Reynoldsa. Powyżej pewnej wartości granicznej, przepływ staje się turbulentny (burzliwy). Wyróżnia się również zakres pośredni wartości Re , w którym przepływ jest częściowo turbulentny. W zależności od opisywanego zjawiska wartości graniczne zakresów liczby Reynoldsa mogą się znacznie różnić.



Zdjęcie wykonał profesor Jan Rafelski (wykładowca na „Przedszkolu” 2006)



Zdjęcie wykonał Andrzej Cieślak

Czekamy na tłumaczenia powyższych zjawisk.



Wspomnienia fizyka w dziewięćdziesiątym roku życia, w sześćdziesięciolecie promocji doktorskiej

Z Profesorem Bronisławem Średniawą rozmawia Zofia Gołąb-Meyer

Kiedy pan Profesor zainteresował się fizyką?

Naukami przyrodniczymi, zwłaszcza fizyką i astronomią zacząłem się interesować, gdy byłem uczniem gimnazjum w Bielsku. Do gimnazjum trafiłem po czterech latach szkoły powszechnej. Wówczas gimnazjum było ośmioletnie i kończyło się maturą. W silnie wówczas zniemczonym Bielsku istniało gimnazjum niemieckie.

Moje zainteresowania fizyką i astronomią pojawiły się podczas obserwacji nieba gwiazdzistego i podczas czytania książek popularnych o astronomii i fizyce, z których wymienię tłumaczenia książek Jeansa i Eddingtona. W gimnazjum bielskim uczyli nas doskonali pedagodzy, wśród których wymienię fizyka Tadeusza Bermera, matematyka Włodzimierza Mykitę, germanistę Antoniego Nikiela, późniejszego lektora UJ, Mariana Bielawkę, nauczyciela łaciny i kultury klasycznej, Zygmunta Lubertowicza, poetę i literata. Gabinet fizyczny był dobrze wyposażony. Nauczyciele przygotowali nas wszechstronnie do studiów. Szkoła była nowoczesna i w założeniu miała być lepsza od gimnazjum niemieckiego.

Przed maturą przeczytałem książkę Leopolda Infelda *Nowe drogi nauki*, popularyzującą idee powstającej w tamtych latach mechaniki kwantowej. Pod wpływem lektury tej książki postanowiłem studiować fizykę w Krakowie.

Egzamin dojrzałości złożyłem w 1935 roku. Obowiązywały wtedy wszystkich abiturientów egzaminy z historii i literatury polskiej i do wyboru z łaciny lub języka niemieckiego, matematyki lub fizyki. Wybrałem fizykę i język niemiecki.

Proszę opowiedzieć o swoich studiach na Uniwersytecie Jagiellońskim

Na studia fizyki w Uniwersytecie Jagiellońskim wstąpiłem w 1935 roku. Całe moje późniejsze życie było ściśle związane z tym Uniwersytetem. Równocześnie studiowałem też matematykę. Słuchałem wykładów matematyki profesorów Witolda Wilkosza, Tadeusza Ważewskiego i Franciszka Leji. Uczęszczałem na seminaria profesorów: Wilkosza, Leji i Stanisława Gołąba. Słuchałem wykładów z fizyki doświadczalnej profesora Konstantego Zakrzewskiego. Na wyższych latach słuchałem wykładów fizyki teoretycznej, zarówno klasycznej, jak i teorii względności i mechaniki kwantowej przybyłego z Wilna profesora

Jana Weysenhoffa. Zainteresowałem się szczególnie tymi wykładami i zagadnieniami fizyki teoretycznej.

Profesor Weysenhoff zajmował się w tych latach teorią względności. W roku 1937 zainteresował się pracami warszawskiego fizyka, docenta Myrona Mathissona, który zajmował się wyprowadzeniem równań ruchu cząstki w polu grawitacyjnym z równań tego pola teoretycznego ogólnej teorii względności. Profesor Weysenhoff zaprosił docenta Mathissona do współpracy. Myron Mathisson przeniósł się do Krakowa i Weysenhoff z Mathissonem i doktorem Adamem Bieleckim oraz Józefem Kazimierzem Lubańskim pracowali nad wyprowadzeniem równań ruchu cząstki z równań pola grawitacyjnego. Ich współpraca trwała dwa lata. Na wiosnę 1939 roku Mathisson wyjechał do Francji i Anglii, a Lubański do Holandii. Mathisson zmarł w 1940 roku, a Lubański w 1948 roku.

W 1939 roku, po złożeniu wymaganych egzaminów na studiach fizyki i matematyki otrzymałem absolutorium z obu kierunków studiów.

Czy miał pan inne zainteresowania oprócz fizyki?

Miałem inne zainteresowania; niektóre z nich były długotrwałe. Przed maturą i podczas studiów interesowałem się historią nauki, a zwłaszcza historią fizyki. Zainteresowania te zaowocowały w późniejszych latach pracą badawczą nad historią fizyki i prowadzeniem przez wiele lat wykładów tej historii.

Interesowałem się narciarstwem. Uprawiałem czynnie narciarstwo w Tatrach i Alpach.

Prawdziwą pasją mojego życia było też żeglarstwo morskie. Zacząłem ją realizować w 1938 roku w ośrodku żeglarskim Akademickiego Związku Morskiego w Jastarni. Po wojnie uprawiałem żeglarstwo morskie, najpierw zdobywając stopień instruktora żeglarstwa, a po przepływaniu w rejsach morskich wymaganej liczby mil morskich i złożeniu przepisanych egzaminów, otrzymałem w 1962 roku stopień jachtowego kapitana żeglugi wielkiej, co pozwoliło mi prowadzić rejsy morskie po Bałtyku, Morzu Północnym i Adriatyku. Do początku lat dziewięćdziesiątych brałem jako instruktor udział w 15 kursach żeglarstwa morskiego i w rejsach przepływałem około 13 500 mil morskich. Niestety nie spełniło się moje marzenie żeglugi po oceanie; nie wziąłem udziału w dalekim rejsie.

Jak przeżył pan Profesor wojnę i okupację? Czy w latach okupacji zajmował się pan fizyką?

Studia przerwał wybuch wojny we wrześniu 1939 roku. Wskutek działań wojennych po kilkunastu dniach znalazłem się we Lwowie. Spotkałem tam profesora Weysenhoffa i kolegę ze studiów Jerzego Rayskiego. Do Krakowa powróciłem po dwóch miesiącach, w grudniu 1939 roku.

W chwili mojego powrotu do Krakowa rozpoczął się czwarty miesiąc okupacji niemieckiej, która trwała tu do stycznia 1945 roku. Niemcy zamknęły szkoły wyższe i średnie na okupowanym przez siebie terytorium Polski. W listopadzie 1939 roku aresztowano w „Sonderaktion Krakau” i wywieziono do obozu koncentracyjnego w Sachsenhausen większość profesorów i asystentów Uniwersytetu Jagiellońskiego i wyższych uczelni krakowskich. Studia i pracę naukową można było podjąć tylko w trybie tajnym. Trwał okres terroru.

Po powrocie do Krakowa nawiązałem kontakt z profesorem matematyki Witoldem Wilkoszem. Napisałem w ciągu paru miesięcy pracę magisterską pt. *Metoda izoklin dla równań różniczkowych zwyczajnych*. Profesor Wilkosz zmarł w 1941 roku.

W lecie 1941 roku wrócił ze Lwowa profesor Weyssenhoff. Wraz z nim przyjechał do Krakowa młody warszawski fizyk teoretyk Antoni Raabe. Wkrótce profesor Weyssenhoff wraz z Raabem rozpoczęli pracę nad teorią relatywistycznej cząstki spinowej, będącej kontynuacją prac Mathissona i Weyssenhoffa. Niestety, w lecie 1942 Raabe został zaaresztowany i wywieziony do obozu koncentracyjnego w Oświęcimiu, gdzie wkrótce zmarł.

W roku 1943, pod kierunkiem profesora Weyssenhoffa, napisałem pracę magisterską z fizyki teoretycznej *O momentorze Henriota* i wkrótce złożyłem dwa tajne egzaminy magisterskie z fizyki przed profesorami Weyssenhoffem i Konstantym Zakrzewskim oraz z matematyki przed profesorem Tadeuszem Ważewskim.

Jesienią otrzymałem od profesora Weyssenhoffa temat pracy doktorskiej, nad którą pracowałem do 1946 roku. Jesienią 1944 roku powierzono mi tajne wykłady z fizyki dla kompletu studentów medycyny, biorących udział, w zorganizowanych o rok wcześniej przez profesora Mieczysława Małeckiego, studiach tajnego uniwersytetu.

Jak organizowano pracę naukową i dydaktyczną po wojnie?

W styczniu 1945 roku Kraków został wyzwolony spod okupacji niemieckiej. W kilka dni później Uniwersytet wznowił jawną działalność. Reaktywowano katedrę fizyki doświadczalnej profesora Zakrzewskiego z zespołem przedwojennych asystentów, katedrę fizyki teoretycznej profesora Weyssenhoffa, do której jako asystentów powołano Jerzego Rayskiego i mnie. Jerzy Rayski przeniósł się wkrótce do Uniwersytetu Warszawskiego i następnie do Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Utworzono dwie nowe katedry: Fizyki Doświadczalnej pod kierownictwem przybyłego z Wilna profesora Henryka Niedwodniczańskiego, w której skład weszli jego młodzi współpracownicy z Wilna oraz katedrę Mechaniki Teoretycznej, którą objął profesor Jan Błaton. Asystentami była Halina Pidekówna (później Łopuszańska) i Wiesław Czyż. Rozpoczęto działalność dydaktyczną i naukową. SeminaRIA były poświęcone powstającej w tych latach kwantowej teorii pola i elektrodynamice kwantowej.

W którym roku odbyła się promocja doktorska pana Profesora?

W 1946 roku zakończyłem pracę doktorską pt. *Relatywistyczne równania ruchu cząstki dipolowej i kwadrupolowej*. Promotorem był profesor Weyssenhoff. W pracy zostały wyprowadzone równania ruchu cząstki o nieznikającej masie i momencie dipolowym (rozpatrywanej przez I. Hönl'a i A. Papapetrou'a), cząstki określonej przez biwektor spinu (rozpatrywanej przez Mathissona) i cząstki o momencie kwadrupolowym. Zbadałem też własności rozwiązań równań ruchu. Egzamin z fizyki u profesorów Weyssenhoffa i Blatona oraz z matematyki u profesora Ważewskiego oraz promocja doktorska odbyły się w czerwcu 1947 roku.

Od tego czasu minęło sześćdziesiąt lat.

Czym zajmował się pan jako fizyk przez te lata?

W następnych latach po promocji zajmowałem się teorią względności, mechaniką kwantową i tworzącą się w tych latach elektrodynamiką kwantową.

W roku 1948 zginął w Tatrach profesor Jan Blaton. Rada Wydział Filozoficznego poleciła mi prowadzenie wykładów fizyki teoretycznej, jako drugiemu wykładowcy obok profesora Weyssenhoffa.

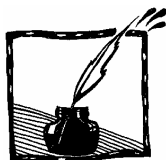
W latach 1957–1959 pracowałem u profesora Waltera Heitlera na Uniwersytecie w Zürichu. Po powrocie przeżyłem niespokojne dla wyższych uczelni lata, scharakteryzowane przez „list 34” i wydarzenia marcowe. W latach 1965–1967, 1976–1978 i 1982–1984 pracowałem w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej w Laboratorium Fizyki Teoretycznej i w Laboratorium Wysokich Energii. W pozostałych latach przebywałem w Krakowie. Prowadziłem wtedy badania nad historią fizyki polskiej i krakowskiej. Te badania prowadziłem oczywiście równocześnie z pracą dydaktyczną. W roku 1962 otrzymałem nominację na profesora nadzwyczajnego, profesorem zwyczajnym zostałem w 1969 roku.

Na emeryturę przeszedłem w roku 1987 w wieku 70 lat. Nie zaprzestałem pracy. Prowadziłem i prowadzę badania nad historią fizyki i wykładam historię fizyki dla studentów.

Dodam, iż pan Profesor jest co roku prelegentem dla uczestników Przedszkoli Fizyki, czyli uczniów szkół średnich (na zdjęciu obok), którzy dzięki spotkaniom z panem Profesorem mają okazję poznania historii ostatniego stulecia fizyki z pierwszej ręki.

Dziękujemy za wspomnienia i składamy życzenia kolejnych lat pracy.





Wspomnienia z wykładów i egzaminów u profesora Średniawy

Krzysztof Fiałkowski

Instytut Fizyki UJ

Z profesorem Średniawą spotkałem się przed ponad 40 laty. Na trzecim roku studiów, w zimowym semestrze 1963 roku, słuchaliśmy jego wykładu z elektrodynamiki klasycznej. Wykład odbywał się w małej sali wykładowej na parterze Collegium Witkowskiego, a że frekwencja była niezła, pod koniec trzygodzinnego wykładu brakowało z reguły tlenu. Nie pomagało nawet otwieranie okien podczas przerw. Niektórzy słuchacze zaczęli więc ziewać, co strasznie irytowało wykładowcę, który zjadliwym szeptem oświadczał: „Niektórzy z Państwa zdaje się nudzą się, więc ja mogę wyklądać znacznie szybciej!”. Nie znalazł się niestety odważny, który wytłumaczyłby profesorowi, że śledzenie przepisanych przez niego na tablicę wzorów było wystarczająco trudne już przy zwykłym tempie jego wykładu.

Profesor Średniawa miał zasłużoną sławę bardzo wymagającego egzaminatora i osoby dbającej o staranne przestrzeganie obyczajów i przepisów. Zostaliśmy jednak całkiem zaskoczeni, kiedy w kilka tygodni po rozpoczęciu semestru, po przerwie w wykładzie, zamiast kontynuować temat, oświadczył: „Dowiedziałem się od asystentów, że niektórzy z Państwa nie chodzą na ćwiczenia. Sprawdźmy więc, czy rzeczywiście wszystko umieją i nie muszą dbać o frekwencję.” Następnie wyjął z teczek listę nazwisk (była to chyba lista osób nieobecnych więcej niż raz na ćwiczeniach) i zaczął wywoływać kolejno przed tablicę i przepytować osoby z listy. W błyskawicznym tempie wykazał pierwszym kilku wywołanym nieznajomość definicji rotacji, dywergencji i gradientu i odesłał ich na miejsce z komentarzami typu „to niewiarygodna ignorancja”, „to się kwalifikuje do natychmiastowego skierowania na powtarzanie roku” itp.

Nieszczęśników uratował Rafał Dymarz, który spokojnie i bezbłędnie odpowiedział na pierwsze pytania, a na kolejne (chyba o drugie prawo elektrostatyki) równie spokojnie oświadczył „Nie wiem.” Na zdumione pytanie profesora „Dlaczego?” odparł prosto: „Bo byłem chory i nie chodziłem przez dwa tygodnie na zajęcia, a na najbliższe ćwiczenia nie zdążyłem się jeszcze przygotować.” Profesor był wymagający, ale sprawiedliwy, uznał więc ten argument, a potem zapewne pomyślał, że i inni mają jakieś usprawiedliwienia, bo obeszło się i dla nich bez dalszych konsekwencji.

Ćwiczenia były zresztą bardzo miłe, przynajmniej dla naszej grupy, którą prowadził niewiele od nas starszy Jacek Irlik. Był on nałogowym palaczem i po paru tygodniach zaproponował: „jeśli komuś z Państwa trudno myśleć bez papierosa, to proszę się nie krępować, to i ja sobie zapalę”. Oczywiście, znaleźli

się złośliwcy (Jurek Golczewski i ja), którzy wykorzystali to do happeningu: kupiliśmy pudełko polskich cygar „Wisła”, a po rozpoczęciu ćwiczeń zapaliliśmy je sami i poczęstowali paru sąsiadów. Chmura dymu zasłoniła skutecznie połowę sali, a Jacek oświadczył krytycznie: „Panowie, może jednak nie przesadzajcie, bo niedługo otworzycie tu palarnię opium!”

Ale łatwe zaliczenie ćwiczeń nie oznaczało końca kłopotów, bo egzamin był znacznie trudniejszy. Po pierwszej szóstce zdających wynik był cztery do dwóch dla profesora! Potem na szczęście sytuacja się zmieniła, ale jeszcze wielu lepiej zdających musiało wysłuchać wygłaszanego z prawdziwą zgrozą oświadczenia: „No, z Panem/Panią to całkiem inaczej, ale wie Pan/Pani, tu była taka pani X i podała mi skalarną definicję rotacji!” Warto wyjaśnić, że chodziło tu o całkowitą definicję rotacji, w której przechodzi się do granicy małego obwodu z wielkością niewątpliwie skalarną, a kierunek wektora „dodaje” przez żądanie maksymalizacji tej wielkości, więc błąd nie był tak strasznie dyskwalifikujący. Pani X ukończyła zresztą studia w terminie, a potem uzyskała nawet doktorat z fizyki teoretycznej.

Ja wszedłem już po „wyrównaniu stanu meczu” i profesor był w dość dobrym humorze, a na pytania z elektrostatyki i magnetostatyki odpowiedziałem bezbłędnie, więc całkiem się zrelaksowałem. Zapewne dlatego na pytanie o transformację Lorentza składowych pól odpowiedziałem częściowo. Napisałem wzory z pustymi miejscami między członami dla składowych poprzecznych, a potem oświadczyłem: „A tu w dwu wzorach jest plus, a w dwu minus, ale mnie się zawsze myli, czy w tym pierwszym ma być minus?” – i popatrzyłem wyczekująco na profesora. Ten zajął do notatek i powiedział „minus”, na co oświadczyłem „dziękuję bardzo” i uzupełniłem pozostałe znaki. Niestety nikt z kolegów nie uwierzył, że byłem tak odważny (czy też bezczelny). Ciekawe, czy profesor zapamiętał tę scenkę...

Kolejnego wykładu profesora Średniawy (z klasycznej teorii elektronu) wysłuchałem już na czwartym roku, ale w sesji profesor musiał gdzieś wyjechać i zastępował go doktor Borelowski. Na egzaminie odtwarzałem mozolnie przeliczenia z wykładu, kiedy nagle zdałem sobie sprawę, że w notatkach jest błąd i nie wyjdzie mi właściwy znak. Na szczęście egzaminator zwiędziony płynnością mojej wypowiedzi i wypisywania wzorów zaczął już wpisywać ocenę bardzo dobrą, więc beztrąsko zmieniłem znak kolejnej linijki, co przeszło niezauważone. Brakło mi potem czasu i ochoty, aby sprawdzić notatki z kolegami, nie wiem więc do dziś, czy to ja się pomyliłem, czy profesor.

Nie wiem, czy wynikało to wówczas z przepisów, ale w mojej komisji egzaminu magisterskiego nie było opiekuna pracy. Wszystkich absolwentów specjalizacji teoretycznej egzaminowała jednego dnia komisja w składzie: profesor Bronisław Średniawa, docent Jan Olszewski i duch Dziekana (którym był matematyk, profesor Stanisław Gołąb).

Docent Olszewski prowadził dla nas na piątym roku wykład z teoretycznej fizyki jądrowej, po którym nie mógł (czy też nie chciał) zorganizować egzaminu i zapowiedział nam, że zaliczymy ten przedmiot odpowiadając na jedno pytanie podczas egzaminu magisterskiego. Kiedy więc po wejściu usłyszałem od niego pytanie o izospin, odtworzyłem pracowicie teorię Heisenberga i zamilkłem, na co zdziwiony docent Olszewski zapytał „a nie słyssał Pan o zastosowaniu izospinu w fizyce cząstek?”. Okazało się, że zapomniał zupełnie o swojej zapowiedzi, a zaliczenie teoretycznej fizyki jądrowej mam i tak w indeksie, choć bez daty. Profesor Średniawa zaskoczył mnie jeszcze bardziej, zadając pytanie o doświadczalne dowody istnienia spinu. Nie wypadłem tu najlepiej, bo pamiętałem tylko o rozszczepieniu linii widmowych i dopiero po intensywnym zachęcaniu przypomniałem sobie o doświadczeniu Einsteina–de Haasa. W sumie jednak dostałem ocenę bardzo dobrą i jako pierwszy z mojego rocznika zostałem magistrem fizyki.

Nie był to jednak ostatni mój egzamin u profesora Średniawy, bo został on recenzentem mojej pracy doktorskiej, dotyczącej tzw. symetrii odwrócenia linii w procesach dwuciałowych. Egzamin doktorski zdawało się wówczas zwykle bezpośrednio przed publiczną obroną pracy. W moim przypadku drugi recenzent, docent Namysłowski, miał przyjechać z Warszawy, więc na wszelki wypadek termin egzaminu wyznaczono na dwie godziny przed terminem obrony. Ale plany są zawodne: w przeddzień obrony nagle zadzwonił u mnie telefon i profesor Średniawa zapytał, czy nie mógłbym pojawić się zaraz u niego na połowę egzaminu, bo przyjeżdża do niego gość z Dublina, profesor O’Raifertaigh, i wolalby przyjść do Instytutu tylko na obronę. Oczywiście, takiej sugestii nie wypadało odrzucić i już po chwili siedziałem na moim skuterze marki „Osa” w drodze na Dębniki.

Egzamin poszedł dość gładko, profesor wpisał mi na protokole pytanie (niestety już nie pamiętam jakie) i ocenę bardzo dobrą, więc następnego dnia stawiałem się o dziesiątej całkiem pewny siebie. Oczywiście był to błąd: najpierw Namysłowski spóźnił się o godzinę, a potem zadał mi pytanie z materiału, z którego mnie przedtem zwolnił, bo drugiego tomu Bjorkena i Drella nie było jeszcze w Krakowie. Na szczęście, pytając o formalizm redukcyjny Lehmana, Symanzika i Zimmermanna najpierw wyjaśnił, na czym to polega, więc umiejętnie powtarzając to co powiedział i dodając moje bardzo skromne wiadomości z kwantowej teorii pola jakoś się wybroniłem. Obrona była jeszcze bardziej emocjonująca, ale z całkiem innych przyczyn: nad Krakowem przeszła jedna z najsilniejszych burz stulecia, która pociągnęła za sobą nawet ofiarę śmiertelną, a w Instytucie zalała wiele pokoi, nawet przez zamknięte (ale niezbyt szczelne) okna. Profesor Średniawa nie miał już dalszych pytań, za co byłem mu głęboko wdzięczny...



Jak to było, gdy Profesor Średniawa nauczał na UJ

Zofia Gołąb-Meyer

Są profesorowie, którzy swoją oryginalną osobowością niesłychanie ubarwiają studia. Postacie takie nieraz nabierają jeszcze dodatkowego kolorytu w opowiadaniach i we wspomnieniach. Anegdota wypełniają spotkania absolwentów po latach. Do tego typu osób niewątpliwie należy profesor Bronisław Średniawa. Studenci wspominają, jak to przy spotkaniu z Profesorem ulegali paraliżującemu strachowi, nasłuchawszy się uprzednio straszliwych historii. Profesor był wielkim obrońcą ciszy i niejeden z nas wysłuchiwał reprimendy wypowiedzianej niejako szeptem, lecz dosadnie.

Studentów, jak to studentów, często siedemnastolatków, trzymały się głupie pomysły np. by sobie potoczyć po kamiennej posadzce (jeszcze na Gołębiej) ogromny miedziany walec! Proszę sobie wyobrazić ten metaliczny łoskot, jaki przy tym powstawał. Tego Profesorowi było za wiele!

Stukot piłeczki pingpongowej spowodował, iż ping pong poszedł w niebyt, by po wielu latach na Reymonta odżyć w przyziomiu.

Matematycy na V piętrze musieli obić filcem swoje krzesła. Specjalnie izolowany przedpokój miał chronić Profesora przed hałasem z korytarza. Nieskutecznie! Profesor Henryk Arodź wspomina, jak to kiedyś z grupą studentów zaśmiewali się zarażeni rechem zabawki-głupawki przyniesionej przez Marka Błęszyńskiego. Profesor wypadł z gabinetu, potoczył srogim wzrokiem dokoła, studenci zastygli w bezruchu, a Marek stał ze schowaną za plecami i niewyłączoną zabawką. Rechet dalej wypełniał korytarz. Profesor skonsternowany na chwilę zamarł, by po chwili też się roześmiać. Jednak to nie tylko hałasy irytowały Profesora. Dźwięki muzyki też mu nie były miłe. Na końcu zachodniego skrzydła IV piętra była II pracownia. To z niej czasami dochodziła muzyczka. Redaktor *Fotonu*, profesor Jerzy Karczmarczuk wspomina:

„Jak wiecie, druga pracownia mieściła się na czwartym piętrze i czasami zdarzało nam się, gdy szły jakieś dłuższe eksperymenty, grać na fujarkach w korytarzu, gdzie akustyka była znakomita. Profesor Średniawa urządził dwa czy trzy razy naloty, żeby wykryć sprawców. Ale myśmy byli czujni, a nikomu z asystentów nie przyszło do głowy, żeby donosić...

Raz byłem świadkiem rozmowy Profesora Średniawy z panem Kornalewskim, opodał pokoju, w którym mieściła się aparatura próżniowa (pompa dyfuzyjna i mostek do pomiaru ciśnienia poprzez oporność/straty termiczne).

Prof. Średniawa: „Mówię panu, że to gdzieś stąd!”

Kornalewski: „Tu jest urządzenie próżniowe, z dużą pompą, panie profesore, ona robi rzeczywiście sporo hałasu.”

Średniawa wzrusza ramiona swoim charakterystycznym gestem i odchodzi burcząc: „tak, i będzie mi pan wmawiał, że to ta próżnia tak piszczy te melodyjki!!”

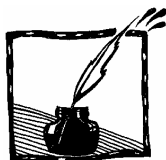
Osobiście rozmijałam się z Profesorem na studiach, za to później dostałam się pod Jego skrzydła jako doktorantka prowadząca ćwiczenia z kwantów do Jego wykładów. Profesor miał w zwyczaju wpadać sobie zniecka na zajęcia.

Błady strach był tak obezwładniający, iż nawet studenci, którzy byli przygotowani i znali odpowiedź na pytania zadawane przez Profesora, zapominali języka w gębie. Takim nieszczęśnikom Profesor nie szczędził ostrych słów.

Solidaryzowałam się z „moimi” studentami, pocieszałam co nieco po wyjściu Profesora, zwłaszcza, że znałam ich dobrze i wiedziałam, że dużo umieją. Pracowali solidnie. Tygodniowa dawka zadań była duża, myślę teraz, że nieraz zbyt duża. Profesor był jednak innego zdania i czasami dostarczał na kartkach spis zagadnień do przerobienia. To były już drugie kwanty, przerabialiśmy metody przybliżone i nikt się nie obijał. Materiał dostarczany na kartkach przez Profesora wymagał poświęcenia się chyba wyłącznie kwantom!

Kiedyś po latach, gdy Profesor już zaczął raczej przypominać łagodnego baranka i uważał asystentów za zbyt ostrych, wyciągnęłam jakąś starą kartkę z zadaniami i delikatnie przypomniałam Profesorowi, jaki to sam był kiedyś wymagający. Nie wiem, czy uwierzył. Profesor chyba nie zdawał sobie sprawy, iż dla wielu był istnym postrachem. W istocie traktował nauczanie, jako ważną misję, której był bardzo oddany. Jak trzeba było (choroba), to egzaminował studentów w domu, o czym przypomniał Profesor Andrzej Warczak. W wypadku choroby studentki nie wahał się pożyczyć jej swoich notatek, o czym z kolei przypomniał profesor Jerzy Blicharski.

Profesor wykładał kwanty na zmianę z profesorem Rayskim. Tak więc można spokojnie założyć, iż połowa starszej populacji fizyków krakowskich jest przez Niego, przynajmniej jeśli chodzi o mechanikę kwantową, wykształcona. Jakoś wszystkim trochę strachu i duże wymagania wyszły na zdrowie.



Bohdan Paczyński nie żyje

Krzysztof Roszkowski

Instytut Fizyki UJ

19 kwietnia zmarł w Princeton profesor Bohdan Paczyński. Był on najślynniejszym polskim astrofizykiem, autorem ponad 250 publikacji, członkiem PAN, przez 25 lat zajmował prestiżowe stanowisko profesora Princeton University, jednego z ośmiu najlepszych, i cieszących się najstarszymi tradycjami, uniwersytetów w USA.

Profesor Paczyński urodził się 8 lutego 1940 roku w Wilnie. Tytuł magistra astronomii zdobył na Uniwersytecie Warszawskim, w wieku zaledwie 22 lat. Doktoryzował się dwa lata później, a w wieku lat 27 – habilitował. W 36 roku życia był już członkiem korespondentem Polskiej Akademii Nauk, najmłodszym w jej dziejach.

Jednym z jego największych sukcesów było prawidłowe przewidzenie natury tzw. błysków gamma. Są to niezwykle silne, krótkie (nie dłuższe niż kilkadziesiąt minut) błyski promieniowania. Niosą one energię w zakresie fal o wysokiej częstotliwości, wyższej niż promieniowanie rentgenowskie, dlatego do ich zaobserwowania potrzebujemy specjalnych detektorów, umieszczanych na satelitach krążących wokół Ziemi. Energia dostarczana przez pojedynczy błysk jest niewyobrażalnie duża – jedno źródło promieniowania gamma potrafi świecić jaśniej niż duża galaktyka, złożona z setek miliardów gwiazd! Ta olbrzymia moc może być wytłumaczona na dwa sposoby: źródła błysków znajdują się blisko Ziemi, są dosyć słabe, ale ponieważ obserwujemy je z małej odległości – wydają się silne; albo też – obserwujemy źródła, których natury jeszcze nie rozumiemy, a które potrafią wyprodukować tak potężne ilości energii, że obserwujemy je na Ziemi, choć są położone w odległych zakątkach Wszechświata. Gdy w 1986 roku Bohdan Paczyński zaproponował to drugie wyjaśnienie, spotkała go krytyka większości astrofizyków. Jednakże budowa dokładnych detektorów gamma i rozwój technik obserwacyjnych pozwoliły na przeprowadzenie obserwacji pozostałości po wybuchach i potwierdzenie tej śmiałej hipotezy. Od kilku lat nikt nie ma wątpliwości, że profesor Paczyński miał rację, a jego nazwisko było co roku wymieniane wśród kandydatów do Nagrody Nobla.



Również w roku 1986 Bohdan Paczyński przedstawił koncepcję obserwacyjnego wykorzystania mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Zjawisko to powoduje wyjaśnienie obserwowanego obiektu, przed którym przechodzi ciemne, ale masywne ciało. Zgodnie z ogólną teorią względności tor promieni świetlnych ulega zakrzywieniu w pobliżu ciężkiego ciała, które działa jak soczewka skupiająca. Charakterystyczna postać zmiany jasności zasłanianej gwiazdy pozwala określić masę przechodzącego przed jej tarczą obiektu. Powstały na Uniwersytecie Warszawskim zespół OGLE wykorzystuje tę technikę do wykrywania kandydatów na planety pozasłoneczne (znaleziono już ponad 200 takich ciał, kilka z nich zostało już za planety formalnie uznane). Zespół ten, którego powstanie i pracę wspierał Bohdan Paczyński, opracował też, niejako „przy okazji”, technikę masowego wykrywania gwiazd zmiennych – do tej pory znaleziono ich już ponad 300 tysięcy! Obserwacje takie, zwłaszcza dotyczące Obłoków Magellana, są niezwykle cenne, umożliwiają one pomiar odległości do najbliższych galaktyk, a pośrednio pozwalają na dokładniejszą ocenę rozmiarów Wszechświata.

Nie sposób skrótkowo nawet przedstawić pozostałych osiągnięć profesora Paczyńskiego, wspomnijmy tylko o polskich pączkach – modelach grubych dysków akrecyjnych i niezbyt szeroko znanej pracy (powstałej w 1981 roku, kiedy to po wprowadzeniu stanu wojennego Paczyński zdecydował się wyemigrować do USA), dotyczącej pośredniego wykrywania fal grawitacyjnych, wypromieniowywanych przez zacieśniający się układ podwójny. Za przeprowadzenie obserwacji układu dwóch pulsarów Russel Hulse i Joseph Taylor Jr otrzymali w 1993 roku Nagrodę Nobla (swoją drogą do tej pory nie udało się przeprowadzić bezpośredniej detekcji fal grawitacyjnych przy użyciu detektorów znajdujących się na powierzchni Ziemi).

Oprócz wyjątkowej pracy, będącej przyczyną licznych sukcesów naukowych, Bohdana Paczyńskiego cechowała też umiejętność bycia wspaniałym organizatorem. Jednym z największych jego sukcesów było stworzenie Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika w Warszawie, którego następnie był dyrektorem.

Szeroko doceniana działalność profesora Paczyńskiego: otrzymywał tytuły doktora honoris causa, kilkadziesiąt medali towarzystw fizycznych i astronomicznych, nagrody państwowe, był członkiem angielskich, amerykańskich, polskich i niemieckich Akademii Umiejętności, w tym słynnego Royal Astronomical Society. Jego odejście powoduje, że tracimy nie tylko jednego z najwybitniejszych polskich fizyków, ale także najbardziej znanego i docenianego.



FIZYKA W INTERNECIE

Ten fantastyczny lot

Bogusz Kinasiewicz

Instytut Fizyki UJ

Na początku maja bieżącego roku Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (ang. *National Aeronautics and Space Administration*) NASA opublikowała bardzo dobrej jakości zdjęcia Jowisza i jego czterech największych księżyców: Io, Europy, Ganimedesa i Kallisto, wykonane przez sondę New Horizons (polska nazwa to Nowe Horyzonty).

Celem misji New Horizons, nie są jednak badania największej planety Układu Słonecznego, a obserwacje Plutona i jego księżyców: Charona, Nixa i Hydry. Sonda dotrze tam w lipcu 2015 r. i po zbadaniu tych ciał uda się w dalszą podróż w rejon pasa Kuipera, w którym zaobserwowano obiekty podobne do Plutona.

W momencie, kiedy sonda opuściła Ziemię w styczniu 2006 roku, Plutona traktowano jako ostatnią planetę Układu Słonecznego. Jednak w sierpniu zeszłego roku astronomowie obecni na kongresie w Pradze zdecydowali, że za orbitą Neptuna istnieje zbyt dużo podobnych do niego obiektów i w konsekwencji Pluton utracił status planety. Tym samym Międzynarodowa Unia Astronomiczna wprowadziła nową kategorię ciał niebieskich, którą nazwano „planety karłowate” i do tych obiektów zaliczamy teraz Plutona. Zatem liczba planet w Układzie Słonecznym zmalała z dziewięciu do ośmiu, a ostatnią według odległości od Słońca jest Neptun.

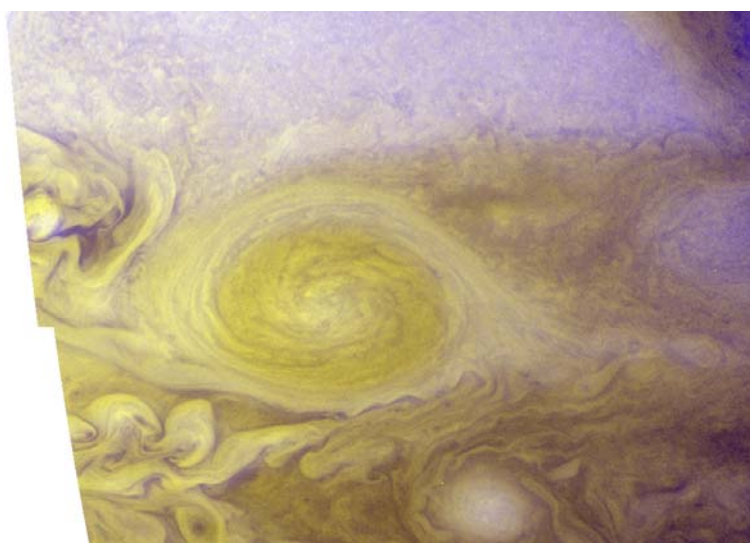
Spotkanie New Horizons z Jowiszem miało na celu przyspieszenie sondy, która wykorzystwała do tego jego pole grawitacyjne. Dzięki temu czas trwania lotu do Plutona zmniejszy się aż o trzy lata. Zresztą warto tutaj podkreślić, że dotarcie do Jowisza zajęło jej jedynie 13 miesięcy, co jest absolutnym rekordem i stawia New Horizons w glorii najszybszej sondy, jaka kiedykolwiek została wystrzelona w przestrzeń kosmiczną.

Poza tym przelot w pobliżu Jowisza był również świetną okazją do sprawdzenia aparatury naukowej znajdującej się na statku. Sonda, której rozmiary nie przewyższają rozmiarów pianina, została wyposażona w siedem nowoczesnych kamer i detektorów.

New Horizons przesłała jak dotąd 70% z 34 GB danych. Wśród nadesłanych materiałów znajdują się bodaj najlepsze kolorowe zdjęcia „Małej Czerwonej Plamy” (ang. *Little Red Spot*) – huraganu szalejącego w wyższych partiach atmosfery Jowisza, którego średnica stanowi aż 70% średnicy Ziemi. Jest ona

o połowę mniejsza od słynnej Wielkiej Czerwonej Plamy, obserwowanej już przez Roberta Hooka w 1664 roku, ale wiatry tam wiejące są równie silne.

Potężne burze nie są niczym niezwykłym wśród gazowych olbrzymów. Mała Czerwona Plama uformowała się pod koniec lat 90., kiedy to trzy mniejsze huragany w wyniku zderzenia połączyły się ze sobą. Na początku burza ta przybrała kolor biały, by rok temu stopniowo zmienić go na czerwony. Dane z New Horizons z całą pewnością pomogą naukowcom w znalezieniu odpowiedzi na fundamentalne pytania: jak ten ogromny system burz się uformował i przede wszystkim, dlaczego zmienił kolor.



Fot. 1. Mała Czerwona Plama na Jowiszu (źródło: NASA/New Horizons)

Na fotografiach wykonanych przez New Horizons, podczas blisko 700 obserwacji okolic Jowisza, widoczne są również niezwykle cienkie pierścienie planety, które jak dotąd są słabo znaną strukturą. Układ pierścieni Jowisza składa się z cząsteczek pyłu prawdopodobnie wyrwanych przez meteoryty z księżyców Adrastea'y i Metisa. Okazuje się, że pierścienie Jowisza mogą szybko ewoluować, a zmiany są widoczne nawet w krótkim czasie rzędu tygodni czy miesięcy. Podobny proces obserwuje się w dużo bardziej znanych i lepiej widocznych pierścieniach Saturna.

Z czterech największych księżyców Jowisza, zespół naukowców skupił się głównie na wulkanicznej Io. Pod względem geologicznym jest to najbardziej aktywne ciało w obrębie Układu Słonecznego.

Kamery New Horizons zdołały uchwycić trzy erupcje wulkaniczne na Io. Wybuchy wulkanów na tym księżycu Jowisza obserwowały już wcześniejsze sondy: Voyager 1 i Voyager 2 w 1979 roku.

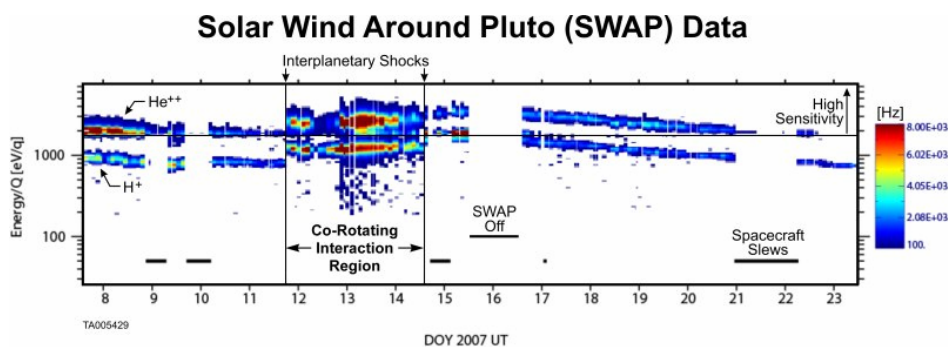


Fot. 2. Wybuchy trzech wulkanów na Io. Zdjęcie wykonane przez sondę New Horizons 1.03.2007r. z odległości 2,3 mln km od księżyca (źródło: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute)

Erupcja wulkanu Tvashtar jest widoczna na górze zdjęcia. Wyrzucony materiał wznosi się na wysokość 330 km i jest oświetlany przez Słońce oraz światło odbite od Jowisza. Na powyższym zdjęciu można zaobserwować wybuch wulkanu Masubi w prawym dolnym rogu fotografii.

Na podstawie danych dostarczonych z Voyagerów sądzono, że lava na Io składa się głównie ze stopionej siarki. Późniejsze badania pokazały, że jest na to zbyt gorąca. Możliwe, zatem że są to stopione skały krzemianowe. Obserwacje z Teleskopu Hubble'a wskazują, że materiał może zawierać dużo sodu.

Ponadto New Horizons, a konkretnie detektor cząstek SWAP (Solar Wind Around Pluto - Wiatr Słoneczny Koło Plutona), rozpoczął badania wiatru słonecznego. Być może zebrane przez niego dane pozwolą na lepsze zrozumienie sposobu, w jaki cząstki wiatru słonecznego oddziałują z magnetosferą Jowisza.



Wykres 1. Pierwsze wyniki obserwacji wiatru słonecznego przez instrument Solar Wind Around Pluto (SWAP) sondy New Horizons, z odległości 60 milionów km od Jowisza

Sonda bada ogromny strumień gęstego, gorącego i zjonizowanego gazu. Szybkie i wolne strumienie wiatru słonecznego poruszają się od Słońca, ale na

skutek obrotu naszej gwiazdy, kierunki ruchu strumieni mogą być różne. Gdy szybki strumień napotyka na swej drodze powolny gaz, powoduje jego ściśnięcie. Taki obszar charakteryzuje się większą gęstością oraz ciśnieniem i mogą w nim powstawać różne zaburzenia i fale uderzeniowe. Tego typu struktury wiatru słonecznego zderzają się z magnetosferami planet i prawdopodobnie powodują w nich spore zmiany. Ponieważ Jowisz ma największą magnetosferę w Układzie Słonecznym, efekty jej oddziaływania z wiatrem słonecznym mogą mieć obserwowalne skutki dla pozostałych planet.

Przed dotarciem do Plutona przelot obok Jowisza był dużym wyzwaniem i bardzo ważnym sprawdzianem zarówno dla całego zespołu jak i dla samego statku. W opinii badaczy z NASA wszyscy zdali go znakomicie. Przez najbliższe miesiące nadesłane dane będą wnikliwie analizowane. Wiedza, jaką astronomowie zdobyli badając gazowego olbrzyma i jego „podwórko”, na pewno zostanie wykorzystana przy obserwacji odległych rejonów Układu Słonecznego.

http://science.nasa.gov/headlines/y2007/01may_fantasticflyby.htm



KĄCIK DOŚWIADCZALNY

Rakieta wodna

Grzegorz Brzezinka

Student fizyki IF UJ

W kuchni z pewnością zalega jakaś plastikowa butelka po napoju, z piwnicy lub garażu na pewno wygrzebiemy stare dętki, a na deser zawsze znajdzie się trochę czasu! To w zupełności wystarczy do zbudowania prostej, a zarazem niezwykle efektownej zabawki fizycznej – rakiety wodnej¹.



Co będzie potrzebne?

- 0,5 l plastikowa butelka PET,
- kilka zakrętek z butelek,
- dwa wentyle np. z dętek rowerowych,
- długi metalowy gwóźdź (powinien pasować średnicą do wewnętrznej części wentyla),
- kawałek deszczułki,

¹Polecam stronę http://en.wikipedia.org/wiki/water_rockets – znajdą tam Państwo wiele zdjęć, wskazówek i odnośników do innych witryn poświęconych tematyce rakiet wodnych.

- kilka pasków gumy do uszczelnienia – można użyć kawałków dętki,
- pompka rowerowa.

Jak to zbudować?

1. Wywieramy dziurę na środku denka butelki i na środku zakrętki. Średnica wiertła powinna być dopasowana do użytych wentyli.
2. Wetknijmy wentyle, w wywiercone otwory, (dokręcając je nakrętkami), a następnie przykręćmy zakrętkę do butelki.



3. Wykręćmy wewnętrzny zaworek z wentyla w zakrętce, tak aby wyglądał on jak mała rurka, przez którą możemy popatrzeć na wylot.



4. Teraz przygotujemy platformę startową: przebijmy gwóźdź przez prostopadłościenny kawałek drewna tak, aby ostry koniec wystawał po jego przeciwnej stronie.
5. W razie potrzeby na gwóźdź nabijmy kilka zakrętek, tak aby jedynie ok. 2–3 cm gwóźdźa pozostały odkryte.
6. W końcu nałożmy kawałki gumy na gwóźdź, aby uszczelnić połączenie między gwóździem i wentylem.



Uwaga! W krokach 1. i 4. konieczna jest asysta osoby dorosłej.

Instrukcja obsługi

1. Wypełnijmy zadaną część butelki wodą (na początek proponuję ok. 1/3).
2. Umieścimy butelkę na platformie startowej – gwóźdź powinien przechodzić przez wentyl w zakrętce.
3. Przyciśniemy butelkę do platformy tak, aby guma uszczelniła połączenie i nie wyciekała woda.
4. Używając pompki rowerowej wpompujemy zadaną ilość powietrza przez wentyl znajdujący się w denku butelki.
5. Ostrożnie zdejmijmy pompkę przytrzymując butelkę drugą ręką i... uwolnijmy rakiety – bądźmy uważni, aby w nas nie trafiła!

Zabawę czas zacząć!

Rakieta wodna jest przeznaczona do użytku zewnętrznego – wbrew pozorom może latać na prawdę wysoko! Została nawet założona Organizacja Światowych Osiągnięć Raket Wodnych - obecny rekord wysokości wynosi... 582 m!

Co zrobić, aby butelka poleciała tak wysoko? Dzieci jak zwykle zaskakują nas tutaj swoją inwencją, pozwólmy im eksperymentować, a przy okazji przeżyjemy cenne fizyczne treści.

Przedstawię tutaj pokrótce moje doświadczenia podczas zabawy z uczniem szkoły podstawowej. Jego pierwszą sugestią było: „Żeby butelka poleciała wysoko, powinna być lekka – po co więc obciążać ją wodą?” W ten oto sposób doszliśmy do tajemnicy działania zabawki – zasady odrzutu. Na formalne wprowadzenie zasady zachowania pędu było za wcześnie, ale poprosiłem ucznia, aby założył łyżworolki. Następnie, stojąc na równym podłożu, odrzucał on od siebie piłki – odrzucanie piłek o różnej masie zasugerowało, iż odrzut piłki o większej masie nadaje chłopcu większą szybkość – w efekcie poruszał się w przeciwną stronę. Podobnie w naszej rakiecie: im więcej powietrza wpompujemy do butelki, tym bardziej naciska ono na wodę i ścianki butelki (co

możemy zaobserwować „namacalnie” jako twardnienie ścianek). Woda jest potrzebna – podobnie jak rzucając cięższą piłką uczeń poruszył się dalej w tył, tak wyrzucając cięższą (od powietrza) wodę „łatwiej” wzniesić się butelce. „No dobrze... To wypełnię całą butelkę wodą i na pewno polecą bardzo wysoko!”. Po sprawdzeniu eksperymentalnym: „Aha! Czyli jednak za ciężka... i poza tym nie zmieści się w niej powietrze”.

I tak na zabawie, wlewając różne ilości wody oraz wpompowując różne objętości powietrza, a przy okazji ucząc się, czas upłynął szybko i przyjemnie, jak na deser przystało – czego życzę również Państwu!

gbrzezinka@gmail.com



KĄCIK ZADAŃ

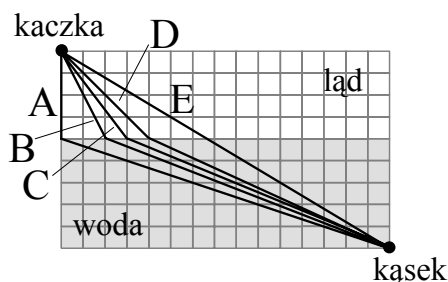
Odgłosy z jaskini (5) – Pechowe zwierzątka

Adam Smólski

I Społeczne LO w Warszawie

Stało się już tradycją, że ostatnie, trzydzieste zadanie lwiatkowych zestawów jest o zwierzątkach. W 2004 roku było o małpie, rok później o koniku i osiołku, potem o zajęczku. Ktoś na naszym „forum” w Internecie zażyczył sobie, aby w 2007 roku było o kaczkach. Życzenie spełniliśmy. Klasy licealne dostały prawie to samo zadanie w nieco różnych wersjach – oto ta dla pierwszej licealnej:

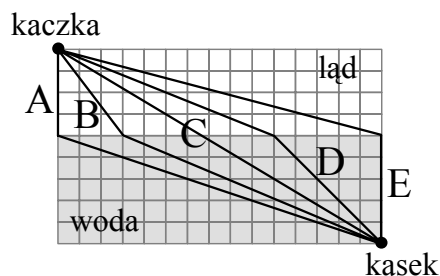
W przeciwieństwie do ludzi, kaczki szybciej pływają niż chodzą. Pewnej kaczce znajdującej się na łądzie przyjaciel zwierząt wrzucił do wody smaczny kąsek (rysunek pokazuje widok z góry). Kaczka ta na łądzie porusza się z prędkością 13 m/min, a w wodzie 20 m/min. Jedna kratka na rysunku to 1 m. Aby najszybciej dotrzeć do przysmaku po jednej z pokazanych na rysunku tras, kaczka powinna biec, a następnie płynąć po trasie.



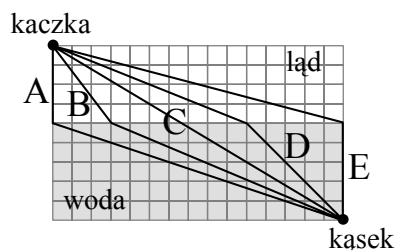
Kto „chwycił” analogię z optyką, miał łatwiej, bo sinusy kątów „padania i załamania kaczki” można dość szybko odczytać z rysunku, zwłaszcza że dla poprawnej odpowiedzi C są one liczbami wymiernymi. Nasz pomysł był zresztą niezbyt oryginalny, bo przecież w wersji z ratownikiem i topielcem ta mechaniczna analogia zjawiska załamania należy do dydaktycznego kanonu.

Mamy jednak pecha do naszych zwierzątek. W 2004 roku zadanie z małpą trzeba było anulować wskutek nieostrożnego przeskalowania przeze mnie danych i odpowiedzi tuż przed drukiem zadań, błędnego, jak się okazało po fakcie. W tym roku wpadka zdarzyła się właśnie z kaczką, w gimnazjalnym wariancie zadania. Nie będę może tłumaczył, w czym rzecz, tylko proszę o porównanie dwóch wersji – tej nieudanej z konkursu i poprawionej, niestety już po konkursie:

30. W przeciwieństwie do ludzi, kaczki szybciej pływają niż chodzą. Pewnej kaczce znajdującej się na łądzie przyjaciel zwierząt wrzucił do wody smaczny kąsek (rysunek przedstawia widok z góry). Aby najszybciej dotrzeć do przysmaku po jednej z pokazanych na rysunku tras, kaczka powinna biec, a następnie płynąć po trasie.



30. W przeciwieństwie do ludzi, kaczki szybciej pływają niż chodzą. Pewnej kaczce znajdującej się na łodzi przyjaciel zwierząt wrzucił do wody smaczny kąsek (rysunek przedstawia widok z góry). Trasa, po której kaczka powinna biec, a następnie pływać, by dotrzeć do przysmaku możliwie najszybciej, jest jedną z tras pokazanych na rysunku. Którą?



Lwiątkowe zestawy mają czterech zewnętrznych recenzentów, co razem z trójką przygotowującą zadania daje siedem osób i tych siedmiu dorosłych fizyków przegapiło błąd! Olśniło nas w dzień po konkursie. Zadanie anulowaliśmy, przyznając każdemu automatycznie należne za to zadanie punkty. Nie koniec pecha – parę dni później zwrócono nam uwagę na poważną nieścisłość w innym zadaniu (23 w zestawie dla 3 klasy gimnazjum) i to zadanie też wypadło anulować.

Cóż, możemy jedynie przeprosić i bardziej pilnować się w przyszłości. Ale też nie sposób ustrzec się wpadek całkowicie – wie o tym każdy autor, a przykładów nie brakuje i w podręcznikach, i w zbiorach zadań, i w arkuszach maturalnych. Myślę, że dla uczniów doświadczenie omyłności nauczyciela może być nawet budujące. Pod warunkiem, że trzymamy się zasady (także na egzaminach!), by wadliwe zadania „bez szemrania” anulować.



KĄCIK ZADAŃ

Zadanie na lato

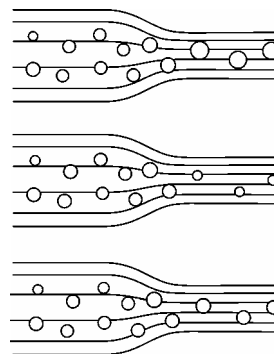
W naszym wakacyjnym „Kąciku zadań” podajemy jedno z trudniejszych zadań Paula Hewitta, z kolekcji zamieszczonej od lat w TPT (*The Physics Teacher*).

Przypominamy też o wielce inspirującym podręczniku *Fizyka wokół nas* (PWN), który warto mieć na półce.

A oto zadanie:

Woda z bąbelkami powietrza przepływa przez rurę, która w pewnym miejscu zwęża się. W przewężeniu woda porusza się szybciej, a bąbelki stają się:

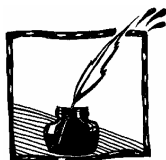
- a) większe,
- b) mniejsze,
- c) pozostają tej samej wielkości.



Odpowiedź:

W naszym przypadku można zastosować prawo Bernoulliego, które mówi, iż naszej strudze wody, gdy zwiększy się szybkość przepływu, ciśnienie spada; a skoro ciśnienie spada, to pęcherzyki powietrza się powiększają.

To jest zupełnie inny przypadek niż np. tłumu ludzi wychodzących przez wąską bramę z kościoła. Już prędzej można by się doszukać analogii przy wychodzeniu kibiców ze stadionu tunelem. Żeby nie było zastoju (ciągłość) – ludzie w tunelach biegną – nie mają „ochoty” tłoczyć się na ściany. Jest to bardzo ułomna analogia, raczej tylko jako podpórka pamięciowa.



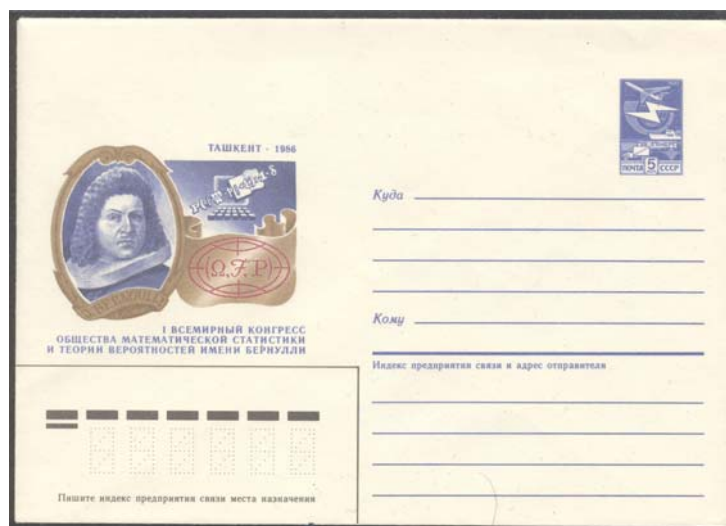
Bernoulli w filatelistyce

Jerzy Bartke

Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków

Ród Bernoullich, wywodzący się z Antwerpii i osiedlony w Szwajcarii, wydał na świat kilku znakomitych uczonych. Katedrę matematyki na uniwersytecie w Bazylei zajmowali kolejno: Jakob (1654–1705), jego młodszy brat Johann (1667–1748) i syn Johanna – Daniel (1700–1782). Zajmowali się oni analizą matematyczną (Jakob wprowadził pojęcie całki), rachunkiem prawdopodobieństwa (tzw. twierdzenie Bernoulliego) i równaniami różniczkowymi. Daniel Bernoulli zajął się także hydrodynamiką, konkurując zresztą w tej dziedzinie ze swoim ojcem. W wydanym w 1738 roku dziele zatytułowanym *Hydrodynamica* podał równanie opisujące przepływ cieczy, zwane obecnie prawem Bernoulliego.

W filatelistyce uwieczniono Jakoba Bernoulliego, jego podobizna znajduje się na znaczku szwajcarskim wydanym w 1994 r. z okazji międzynarodowego kongresu matematycznego w Zurychu, oraz na radzieckiej kopercie-całostce.



CZYTAMY PO ANGIELSKU**Fantastic Flyby
new images of Jupiter and its moons**

Today NASA released stunning new images of Jupiter and its moons taken by the New Horizons spacecraft. Views include a movie of a volcanic eruption on Jupiter's moon Io; a nighttime shot of auroras and lava on Io; a color photo of the „Little Red Spot” churning in Jupiter's cloudtops; images of small moons herding dust and boulders through Jupiter's faint rings – and much more.

[...]

A highlight of the flyby was the first close-up color scan of the Little Red Spot:

This storm is about half the size of Jupiter's larger Great Red Spot and about 70 percent of Earth's diameter. It formed in the late 1990s when three smaller storms collided and merged. The combined storm started out white, but began turning red about a year ago. Using New Horizons data, scientists will be able to search for clues about how these great storm systems form and why they change colors.

„This is our best look ever at a storm like this in its infancy”, said Hal Weaver, New Horizons project scientist from the Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (APL), Laurel, Md. APL built and operates the New Horizons spacecraft.

http://science.nasa.gov/headlines/y2007/01may_fantasticflyby.htm

Dictionary:

stunning – zadziwiający, szokujący

space – przestrzeń, przestrzeń kosmiczna

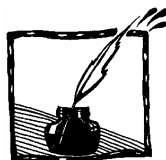
spacecraft – statek kosmiczny

churn – zakipieć, spienić się, wprawić w wir

collide – zderzyć się

merge – połączyć, połączyć się

infancy – niemowlęctwo, początek



Inauguracja Uniwersytetu Dzieci

Dagmara Sokołowska

Instytut Fizyki UJ

Wiosna tego roku obfituje w Krakowie w wydarzenia otwierające nowe perspektywy nauczania najmłodszych. W *Fotonie 96* pisaliśmy o Ogrodzie Doświadczeń im. Stanisława Lema, który 1 czerwca otwiera swoje podwoje dla wszystkich zainteresowanych nauką przez doświadczenie, ze szczególnym uwzględnieniem dzieci w wieku szkolnym. Dzisiaj – nieco szerzej o Uniwersytecie Dzieci, który zainaugurował swoją działalność 26 maja.

U podstaw powstania pomysłu organizacji tego rodzaju zajęć leży inspiracja ciekawością i entuzjazmem poznawczym dzieci oraz przekonanie, że nowoczesny rodzic ma pełną świadomość tego, jak ważna jest dobra edukacja. Organizatorzy pierwszego w Polsce Uniwersytetu Dzieci czerpią swą inspirację z sukcesów podobnych uniwersytetów działających na świecie.

Inicjatywa jest stosunkowo młoda. Pierwszy uniwersytet dzieci (Kinderuni) powstał w Tybindze. Inicjatorem otwarcia starych murów tybińskiej uczelni przed dziećmi było dwoje dziennikarzy lokalnego dziennika. 4 czerwca 2002 roku na Uniwersytecie w Tybindze profesor Gregor Markl dał pierwszy wykład dla dzieci zatytułowany „Dlaczego wulkany zieją ogniem?”. Wysłuchało go 400 dzieci, a na następny, tydzień później, przyszło ich już aż 900. Dzieci oblegały sale wykładowe, szczęśliwe, że mogą brać udział w prawdziwych studiach, traktowani jak prawdziwi studenci. Tematy zajęć były współtworzone przez dzieci, a wykładowcy chętnie odpowiadali na szczegółowe pytania, których nie brakuje na każdych zajęciach. Każdy mały student otrzymał indeks, gdzie gromadził pieczątki po wykładach. Dziecięcy Uniwersytet spotkał się z olbrzymim zainteresowaniem. Nastąpił „Kinderuni boom”. Jak grzyby po deszczu, w Niemczech zaczęły powstawać kolejne uniwersytety. Szybko dołączyły do nich też inne ośrodki – w Szwajcarii, Austrii, Lichtensteinie. Obecnie uniwersytet dzieci działa w ponad 70 ośrodkach uniwersyteckich w samych tylko Niemczech.

Bardzo prężnym ośrodkiem Kinderuni jest Wiedeń. W tym roku wiedeński uniwersytet dzieci będzie hucznie obchodzić pięciolecie działalności. W stolicy Austrii dzieci zapraszane są do udziału w wykładach, warsztatach, seminariach i zajęciach plenerowych w okresie letnim. Dzieci, jak prawdziwi studenci, mogą wybrać sobie kierunek studiów: nauki medyczne, nauki ścisłe, sztukę lub studia techniczne. Przez dwa tygodnie lipca 2006 roku w wiedeńskich zajęciach uniwersyteckich dla dzieci uczestniczyła rekordowa liczba 3500 dzieci w wieku 8–14 lat. Na uroczystym zakończeniu zajęć dzieci otrzymały dyplomy magistra

uniwersytetu dziecięcego. W zeszłym roku ruszył „Kinderuni Express” – specjalny ekspresowy pociąg uniwersytecki, wiozący dzieci z różnych zakątków Austrii na stołeczny uniwersytet. W pociągu zorganizowano zajęcia dla małych studentów, którzy podczas jazdy mogli przeprowadzać eksperymenty i uczestniczyć w warsztatach.

Uniwersytet Dzieci działa też u naszych południowych sąsiadów. Uniwersytet w Bratysławie ściśle współpracuje z wiedeńskim – obie uczelnie prowadzą szereg dwujęzycznych zajęć, dostępnych dla dzieci słowackich i austriackich. W Żylinie uniwersytet przyznaje dzieciom-absolwentom dyplomy bakalarka. Uniwersytet Dzieci funkcjonuje również na Wyspach Kanaryjskich i w dalekiej Kolumbii. W nieco innej formie działa Birmingham Children’s University w Wielkiej Brytanii, gdzie uniwersytet współpracuje ściśle ze szkołami, oraz w USA. Na University of California, Berkeley, specjalnie wydzielone wydziały zapraszają dzieci już od pierwszego roku życia.

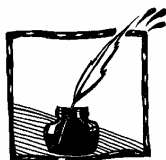
Uniwersytet Dzieci rozpoczął swą działalność w Polsce w najstarszym ośrodku akademickim – w Krakowie we współpracy z Uniwersytetem Jagiellońskim. Pełną parą zajęcia ruszą w przyszłym roku akademickim w cyklu jednego lub dwóch wykładów w miesiącu dla młodych słuchaczy w wieku 7–12 lat. Dzieci skorzystają z najlepszych sal wykładowych. Zasiadą na miejscach na co dzień zajmowanych przez studentów. Będą miały możliwość wysłuchania wykładów najlepszych nauczycieli akademickich, a następnie – rozmowy z nimi. Program studiów układają same dzieci, wykłady powstają bowiem w oparciu o pytania, które dzieci zadały wcześniej w ankiecie przeprowadzonej w kilku wybranych krakowskich szkołach podstawowych. Tematem wykładów będą wszelkie dziedziny wiedzy: od historii po biotechnologię, od medycyny po ekonomię, od prawa po filozofię. Wszystkie zagadnienia prezentowane będą w sposób przystępny i atrakcyjny dla dzieci. W następnej kolejności organizowane będą różnorodne zajęcia umożliwiające dużą aktywność uczestników: warsztaty, zajęcia laboratoryjne, wycieczki poznawcze. Poprzez nie dzieci będą bezpośrednio, w działaniu, odkrywać poznawaną dziedzinę wiedzy.

Pierwsze zajęcia zostały przygotowane dzięki wsparciu wielu osób i organizacji. Obok Uniwersytetu Jagiellońskiego były to: Wszechnica, Obserwatorium Astronomiczne UJ, OTE Kangur, OTR Aletheia, Pracownia Ceramiki Artystycznej. Dzięki wzmożonym wysiłkom wielu osób, w tym także wolontariuszy i straży, inauguracja była nie tylko interesująca, ale także profesjonalnie bezpieczna, co nie jest bez znaczenia wobec faktu ogromnego zainteresowania rodziców i dzieci. Wykład inauguracyjny **Zwierzęta mówią nie tylko w Wigilię** wygłoszony przez dra hab. Bartłomieja Dobroczyńskiego z Instytutu Psychologii Uniwersytetu Jagiellońskiego zgromadził w sali wykładowej około 300 dzieci. W tym samym czasie w innym miejscu około 100 rodziców wysłuchało wykładu dr Iwony Sikorskiej z Instytutu Psychologii Stosowanej UJ: **Czy warto dziecku pokazywać świat?** Po południu, mimo deszczu, ponad 500 osób

przybyło do Obserwatorium na Majówkę Astronomiczną. Przedszkolaki i starsze dzieci wraz z rodzicami brały udział w specjalnie dla nich przygotowanych wykładach i warsztatach. Po zmroku, gdy rozchmurzyło się niebo, przez największy teleskop w Krakowie można było obserwować Księżyc.

Więcej informacji na temat Uniwersytetu Dzieci znajduje się na stronie internetowej www.ud.edu.pl (stamtąd też autorka czerpała informacje). Organizatorzy proszą także zainteresowanych rodziców o wpisywanie się pod adresem info@ud.edu.pl na listę mailingową, dzięki której będą mogli otrzymywać bezpośrednio aktualne informacje dotyczące działalności uniwersytetu.





O kółku fizycznym w V LO w Krakowie

Michał P. Heller i Jan Kaczmarczyk

Studenci fizyki IF UJ

Autorzy, studenci ostatniego roku fizyki na Uniwersytecie Jagiellońskim i jednocześnie absolwenci V LO¹ oraz uczestnicy Przedszkoli Fizycznych organizowanych przez Instytut Fizyki UJ, przeprowadzili w swoim byłym liceum – począwszy od września aż do końca marca – 136 godzin lekcyjnych kółka. Uczestniczyło w nich w sumie 86 uczniów, przeciętnie 16 osób na każde spotkanie. W części teoretycznej II etapu olimpiady fizycznej znalazło się aż 38 osób z V LO. Do części doświadczalnej awansowało 18 uczniów, zaś w finale wzięło udział 10 osób, przy czym 9 uczęszczało na kółko. Autorzy wierzą w dużą rolę kółka w motywowaniu i przygotowaniu olimpijczyków.

Zajęcia prowadzone w V LO miały charakter warsztatowy. Ze względu na wyposażenie pracowni i ograniczenia czasowe kółko prowadzone było głównie pod kątem teoretycznej części zawodów. Uczniowie pracowali w 3–6 osobowych grupach nad rozwiązaniem przygotowanych przez autorów zestawów zadaniowych. Dobór tematów sugerowały wyniki ankiet. Ta forma komunikacji z uczniami pozwoliła uzyskać informacje o odbiorze przeprowadzonych zajęć (w tym określić ich stopień trudności), celach stawianych sobie przez uczestników kółka (okazało się, że dla ponad 10 z nich był to awans do finału) oraz tematach, które należy w pierwszej kolejności wyjaśnić.

Zestawy zadaniowe przygotowywano korzystając z wydanych zbiorów olimpijskich, a także materiałów zamieszczonych w Internecie. Niektóre problemy zaczerpnięto z podręczników akademickich, inne zostały wymyślone przez autorów. W trakcie prowadzenia kółka starano się ograniczyć wykłady teoretyczne na korzyść problemów ilustrujących wprowadzony materiał.

Odpowiedni dobór zadań miał na celu ukazanie nadrzędnej roli symetrii, zasad zachowania oraz pewnych ogólnie sprawdzających się schematów rozumowań w rozwiązywaniu problemów fizycznych (w myśl Feynmana – „podobne równania mają podobne rozwiązania”). Rozumowania wykorzystujące wszystkie symetrie oraz zasady zachowania są przeważnie o wiele krótsze od sposobów czysto rachunkowych. Niestety, uczniowie zamiast porządnie przeanalizować fizykę układu przed rozpoczęciem obliczeń (poczynić odpowiednie przybliżenia, znaleźć symetrie, wypisać zasady zachowania), mieli tendencję do wypisywania wszystkich możliwych równań, a następnie bezmyślnej manipulacji wzorami. Rolą autorów było wyrobienie wśród uczniów dobrych przyzwy-

¹ V LO w Krakowie od lat przyciąga uczniów zainteresowanych matematyką, fizyką i informatyką. Wybija się ono na czoło w rankingach polskich szkół. W V LO prowadzone są od lat klasy uniwersyteckie.

czajeń w analizowaniu problemów olimpijskich w myśl andersonowskiego „first think, than do the calculations” (Philip W. Anderson, fizyk teoretyk, laureat Nagrody Nobla za rok 1977).

Oprócz zestawów o charakterze olimpijskim, autorzy starali się urozmaicić zajęcia zadaniami wybiegającymi ponad program, niewymagającymi jednak zaawansowanej matematyki. Tematy takie jak analiza wymiarowa (poświęcono jej cały zestaw zadań), elementarne równania różniczkowe czy też liczby zespolone, mimo że raczej niepotrzebne w kontekście Olimpiady, okazały się i tak przydatne na etapie studiów, a uczniom dają posmak bardziej zaawansowanej fizyki.

W trakcie kółka przygotowywano uczniów także do części doświadczalnej Olimpiady Fizycznej. W tym celu omówiono analizę błędów pomiarowych i przeprowadzono kilka doświadczeń z mechaniki i prądu stałego. Przerobiono również dużo zadań bez wykonywania samego eksperymentu, co jest mniej czasochłonnym i niekiedy jedynym możliwym sposobem rozwiązywania zadań w warunkach szkolnych.

Autorzy uważają, że kółka fizyczne są bardzo potrzebne, zwłaszcza w czasach okaleczenia normalnego programu nauczania fizyki. Przygotowując uczniów do Olimpiady Fizycznej rozwija się potencjalnych studentów kierunków matematyczno-przyrodniczych oraz technicznych.



Autorzy artykułu – Michał P. Heller i Jan Kaczmarczyk



CO CZYTAĆ

Polecamy prace z XIV edycji konkursu dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych „First Step to Nobel Prize in Physics” (2005/2006). Książka dostępna u organizatora konkursu Waldemara Gorzkowskiego: gorzk@ifpan.edu.pl.

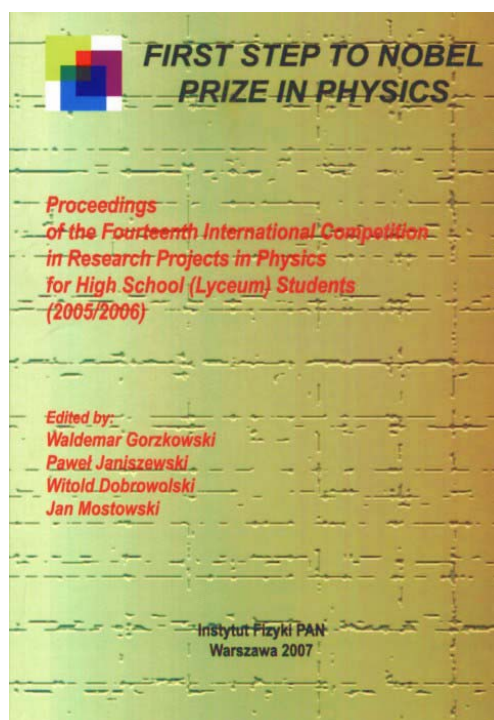
- a) „First Step to Nobel Prize in Physics”
<http://info.ifpan.edu.pl/firststep>
 lub
www.ifpan.edu.pl/firststep
 b) International Physics Olympiads:
www.jyu.fi/iph

Proszę zobaczyć, jakie tematy wybierają „orły” i z jakich krajów pochodzą. Oto trójka nagrodzonych:

Sonya Atanasova Hadzhiya (Bulgaria) – *Mechanics of Superbouncing*

Zahra Aminnayeri (Iran) – *Analysis of Movement of Ink in Water — an Experimental Study*

Alexander Pavlovich Kamantsev (Russia) – *Measuring the Temperature Dependence of the Air Thermal Conductivity under Constant Pressure*



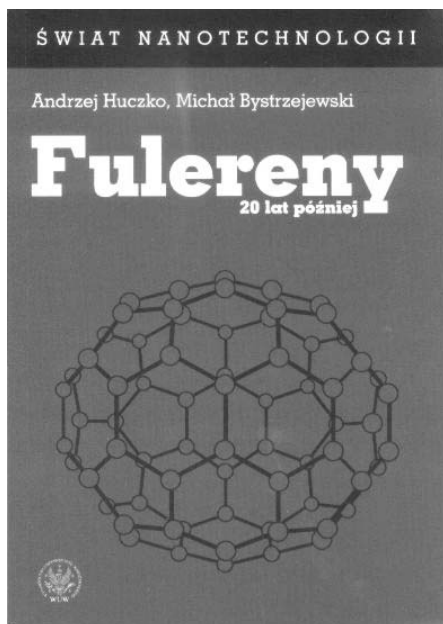
Polecamy uczniom i nauczycielom, a także studentom rozmaitych kierunków, na których fizyka sprawia na początku trudności.

Nie bój się pochodnej Jerzego Ginera proponujemy na przystawkę przed dogłębniejszym studiowaniem.



Książka nadesłana

Fulereny 20 lat później, Andrzej Huczko, Michał Bystrzejewski, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2007.



Książka stanowi obszerne podsumowanie dotychczasowego stanu wiedzy na temat nowych nanostruktur węglowych oraz perspektyw rozwoju nanotechnologii. Adresowana głównie do studentów uniwersytetów i uczelni politechnicznych na kierunkach fizycznych, chemicznych, elektronicznych oraz inżynierii materiałowej, a także pracowników wyższych uczelni oraz instytutów naukowo-badawczych, z pewnością zainteresuje również osoby śledzące najnowsze trendy w fizykochemii ciała stałego, elektronice i inżynierii materiałowej.

KOMUNIKAT**XXXIX Zjazd Fizyków Polskich
9–14 września 2007, Szczecin****XXXIX ZJAZD FIZYKÓW POLSKICH**

Termin: 9–14 września 2007

Miejsce: Centrum Konferencyjne Uniwersytetu Szczecińskiego
ul. Krakowska 71-79, Szczecin

<http://zjazdptf.ps.pl/>

Organizatorzy:

Oddział Szczeciński Polskiego Towarzystwa Fizycznego
Uniwersytet Szczeciński
Politechnika Szczecińska
Akademia Morska w Szczecinie

Niektóre sesje specjalistyczne:

Poniedziałek, 10 września, godz. 15:00

Dydaktyka fizyki – *Czy fizyka w szkołach i fizycy wyginą?*

Animatorzy: **Zofia Gołąb-Meyer** i **Tadeusz Molenda**

Środa, czwartek, 12 i 13 września, godz. 15:00 (sesje równoległe):

Fizyka i społeczeństwo – Animator: **Ludwik Dobrzyński**

Popularyzacja fizyki – Animator: **Wojciech Nawrocik**

Zakwaterowanie możliwe m.in. w Domu Studenta Uniwersytetu Szczecińskiego „Kordecki”, ul. Kordeckiego 15 (48 pokoi jednoosobowych i 176 pokoi dwuosobowych), koszt noclegu: 25 zł brutto/osoba/noc.



12 Międzynarodowa konferencja „Multimedia in Physics Teaching and Learning” („Multimedia w nauczaniu i uczeniu się fizyki”)

Zakład Nauczania Fizyki w Instytucie Fizyki Doświadczalnej jest organizatorem 12 Międzynarodowej konferencji „Multimedia in Physics Teaching and Learning” („Multimedia w nauczaniu i uczeniu się fizyki”), która odbędzie się we Wrocławiu w dniach 13– 15 września 2007. W przeddzień konferencji, tzn. 12 września Zakład Nauczania Fizyki wraz z Centrum Edukacji Nauczycielskiej Uniwersytetu Wrocławskiego organizują **całodzienne warsztaty „Modelowanie procesów fizycznych za pomocą *Easy Java Simulations*” dla nauczycieli fizyki** zainteresowanych tematyką modelowania i chcących poznać otwarte środowisko programowania *EJS*.

Prowadzącymi warsztaty są: Wolfgang Christian (Davidson College, NC USA) i Francisco Esquembre (Universidad de Murcia, Hiszpania). Obaj będą posługiwać się w czasie zajęć językiem angielskim. Pytania będzie jednak można zadawać także w języku polskim.

Uczestnictwo w warsztatach jest bezpłatne. Koszty obiadu pokrywają organizatorzy.

Wszystkich chętnych prosimy o zgłoszenie swojego uczestnictwa na adres internetowy dra Zygmunta Mazura: zmazur@ifd.uni.wroc.pl lub zwykłą pocztą: dr Zygmunt Mazur

Instytut Fizyki Doświadczalnej
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław
tel.: (71) 3759 346, fax: (71) 328 73 65

Ze względu na ograniczoną liczbę osób mogących wziąć udział w warsztatach preferowane będą te osoby, które znają podstawy programowania (w Javie, C lub w jakimkolwiek języku) oraz potrafią komunikować się w języku angielskim. **Na zgłoszenia czekamy do końca czerwca 2007.** O zakwalifikowaniu i szczegółach programu zawiadomimy każdego indywidualnie.

prof. Ewa Dębowska
e-mail: ewa@ifd.uni.wroc.pl

O programie *Easy Java Simulations*.

Środowisko *Easy Java Simulations (EJS)* jest narzędziem do modelowania i tworzenia aplikacji w języku Java, które pomagają nauczycielom i uczniom tworzyć interaktywne symulacje zjawisk fizycznych. Pakiet *EJS* nie tylko dostarcza gotowych programów do biernej obserwacji działających symulacji, ale

stwarza możliwość aktywnego udziału uczniów w procesie tworzenia modeli oraz w projektowaniu interfejsu użytkownika. *EJS* zaprojektowano specjalnie dla osób, które nie posiadają zaawansowanych umiejętności programowania. Dlatego szczególną uwagę poświęcono uproszczeniu wszystkich czynności technicznych. Niemniej jednak użytkownicy programu muszą zdefiniować model badanego zjawiska, zaprojektować sposób jego wizualizacji oraz sposób wprowadzania danych. Znaczy to, że od użytkownika wymaga się pewnej wiedzy i umiejętności zapisu algorytmów w języku Java. Program *EJS* zawiera dość szczegółowy pakiet pomocy (w języku angielskim), który sprawia, że programowanie jest łatwiejsze niż w tradycyjnych środowiskach programowania. Efektem pracy jest symulacja, wykorzystująca duże możliwości graficzne oraz możliwości interakcji, którą łatwo umieścić w Internecie.

Easy Java Simulation jest oprogramowaniem z wolnym dostępem do kodu źródłowego, jest bezpłatne i może być swobodnie przekazywane uczniom i kolegom.

Program *EJS* i przykłady modeli będą dostępne na płycie CD. Z modelami *EJS*, dokumentacją oraz przykładowymi materiałami można się zapoznać na stronach internetowych Open Source Physics oraz Easy Java Simulations:

<http://www.opensourcephysics.org>

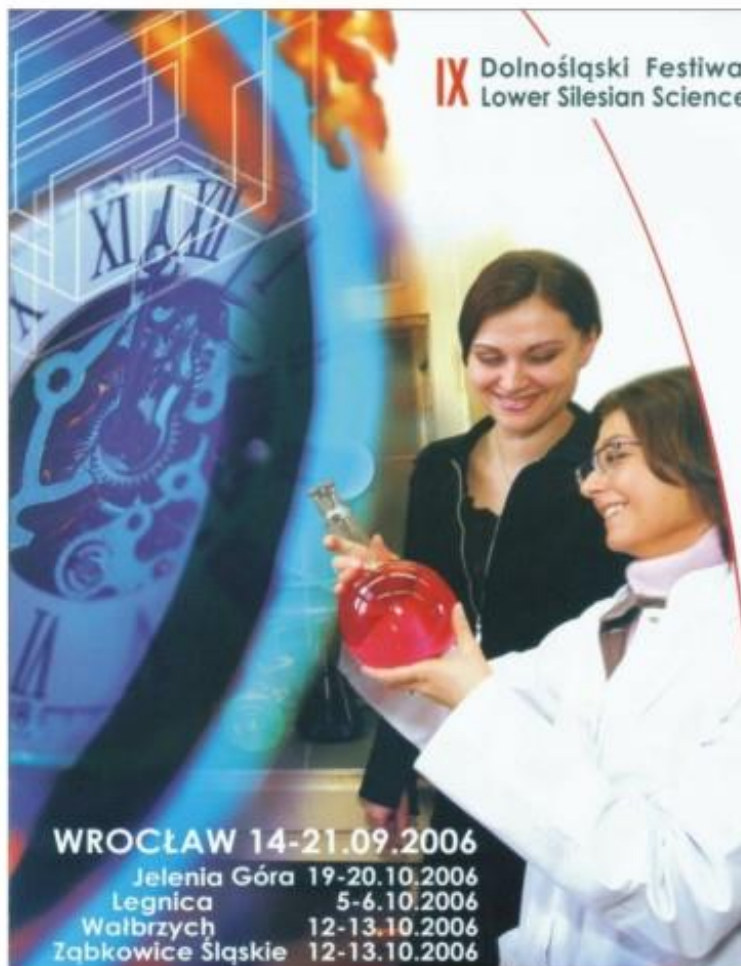
<http://www.um.es/fem/Ejs>

O warsztacie

Warszaty mają na celu szybkie wprowadzenie to korzystania z *EJS*. Składają się na nie zajęcia pokazowe dla małych grup oraz zajęcia praktyczne. Uczestnicy pracują po dwie osoby przy komputerze. W czasie zajęć praktycznych uczestnicy analizują krok po kroku proste przykłady symulacji tak, aby zrozumieć, w jaki sposób zostały one wykonane przez Autorów, następnie modyfikują je zgodnie z własnymi potrzebami. W czasie warsztatów mogą liczyć na pomoc prowadzącego.

Interfejs *EJS* jest napisany w kilku językach. Domyślnym językiem jest angielski, ale staramy się o to, aby był dostępny także w języku polskim. Pliki pomocy i pliki przykładowe są wyłącznie w języku angielskim.

IX Dolnośląski Festiwal Nauki
Lower Silesian Science Festival



WROCLAW 14-21.09.2006

Jelenia Góra 19-20.10.2006
Legnica 5-6.10.2006
Wałbrzych 12-13.10.2006
Ząbkowice Śląskie 12-13.10.2006

Bądź odważny - nie bój się wiedzy

Be brave - do not be afraid of knowledge



SPONSOR GŁÓWNY

MINISTERSTWO
NAUKI I SZKOŁNICTWA WYŻSZEGO



WŁÓCIWY



Urząd Województwa
Dolnośląskiego

