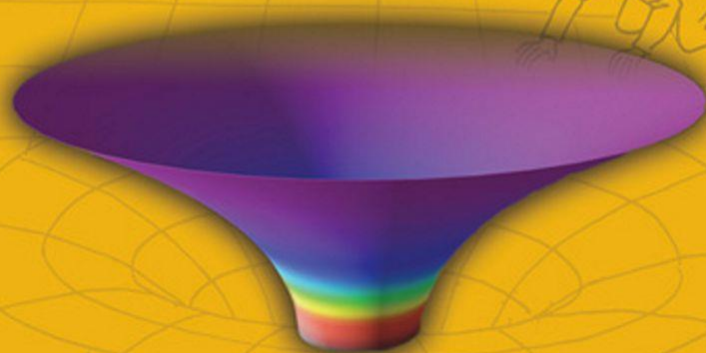


# Foton 84

WIOSNA  
2004

Pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów

INSTYTUT FIZYKI X UNIwersYTETU JAGIELLOŃSKIEGO  
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



Czarne dziury  
Michelson – noblista ze Strzelna  
Wirująca Ziemia  
Matury 2005



*A. Michelson*

Albert Abraham Michelson jako kadet akademii morskiej  
(1852–1931)

Na okładce:  
wizje czarnych dziur z Internetu (black holes), tło z komiksu Jean-Pierre'a Petita, *Les aventures d'Anselme Lanturlu: La trou noir*, Editions Belin.



## Prestiż fizyka-nauczyciela

Nie oszukujmy się. Obecnie jest znacznie trudniej uczyć fizyki niż 100, a nawet 20 lat temu. I tak jest pomimo tego, iż otrzymaliśmy prezenty w postaci prostych i tanich demonstracji i doświadczeń, gadżetów technicznych, filmów, zasobów Internetu i TV. Konsumujemy dobrodziejstwo nauczania powszechnego i efekty wmawiania uczniom i rodzicom, że fizyka jest łatwa. Zmalał dramatycznie autorytet fizyki i fizyka – w tym nauczyciela. Fizyka dała się ustawić w roli zbliżonej do astrologii, w roli ciekawostek z tabloidów lub ambitniej, wiedzy z encyklopedii.

Fizyka straciła pozycję arystokratki z wszystkimi tego konsekwencjami. A przecież nadal w towarzystwie nauk przyrodniczych jest arystokratką. Byłoby naiwnością oczekiwanie, iż działaniami typu „Fizyka na Scenie” ten autorytet się odbuduje. „Fizyka na Scenie” to fantastyczna nowość w monotonnym i rutynowym nauczaniu. Ale prestiż fizyki mogą budować tylko mądrzy i kompetentni nauczyciele przez rzucanie młodzieży trudnych wyzwań, wyzwań na miarę ich możliwości i intelektu; przez umiejętne zachęcanie młodzieży do sprawdzania się; imponowanie innym głęboką wiedzą. Trudność polega na tym, że na ogół mamy do czynienia z klasami „bez środka”, to jest składającymi się z tych bardzo obojętnych i niechętnych i tych zapalonych, skorych do wyczerpanego wysiłku.

Jak w jednej klasie usatysfakcjonować wszystkich, bez naruszania interesów żadnej grupy? W jaki sposób motywować najlepszych, nie deprymując i nie zniechęcając słabszych i mniej zdolnych? Jak i jakie rzucać wyzwania, by każdy mógł się w czymś sprawdzić? Jak rozgrywać naturalne chęci współzawodnictwa, nie zmieniając konkurowania w wyścig szczurów? A wreszcie najważniejsze, jak wprowadzać i tłumaczyć pojęcia z fizyki, by i słaby uczeń skorzystał, i najzdolniejszy parł ostro do przodu? Co robić, by ucząc przeciętnego ucznia, nie wpaść w pułapkę uczenia nikogo? Podział na klasy ogólne i z programem poszerzonym miał temu zaradzić. Panuje opinia, że trzeba te grupy uczyć zupełnie czego innego i inaczej, a nie jedynie w skromniejszym i szerszym zakresie. Te opinie znajdują odbicie zarówno w samych podręcznikach dla obu typów klas, jak i często w recenzjach. Żywię głęboką nadzieję, że burzliwe dyskusje o podręcznikach, o zadaniach i wymaganiach maturalnych doprowadzą do udoskonalenia podręczników.

W odbudowaniu prestiżu fizyki trzeba zacząć od siebie, wiele rzeczy przemysleć dogłębnie, samemu dobrze zrozumieć. Trzeba ustalić, stosowną do swoich uczniów, hierarchię ważności nauczanych problemów i możliwy poziom rozumienia. Życzę Państwu zapału w doksztalcaniu się. *Foton* ma ambicję towarzyszyć Państwu w realizacji tego zadania.

ZG-M



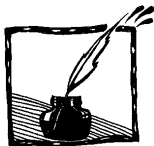
## Contents

Prestige of a physics teacher <i>Zofia Gołqb-Meyer</i> .....	1
How do we know that what we see is a black hole? <i>Bogusz Kinasiewicz</i> .....	4
We live on Earth – a rotating system <i>Aneta Szczygielska, Jerzy Jarosz</i> .....	13
The Nobel Prize winner from Strzelno <i>Szymon Kardaś, Tomasz Kardaś</i> .....	25
Nobel Prize winner Pierre-Gilles de Gennes on education (from <i>Physics World</i> ).....	37
Simulation of dendrite creation through diffusion-limited aggregation <i>Jerzy Karczmarczuk</i> .....	39
Computer based experiments for science teaching at school <i>Henryk Szydłowski</i> .....	44
Women in Science: UNESCO and L’Oreal Prizes <i>Ewa Gudowska-Nowak</i> .....	49
Final secondary school examination (matura) <i>Zofia Gołqb-Meyer</i> .....	52
Problems. From TPT Boris Korsunsky column. Oscillations.....	54
After dinner experiment a model of lungs <i>Krystyna Raczowska-Tomczak</i> .....	56
Reading in English. 50 cycle hum from <i>Ian Jacobs textbook</i> .....	58
Open University for Senior Citizens <i>Jerzy Jarosz</i> .....	60
127 th AAPT National Meeting „Physics of form and function” <i>Rafał Jakubowski</i> .....	61
High school student’s visit in Dubna Joint Institute for Nuclear Research <i>Ewa Pater</i> .....	64
Competition of the Editor WSiP.....	65
Competition. Computer aided school experiments.....	67
Physics on the Web: „My physics” <i>Wojciech Dindorf</i> .....	68
Communication. Venus Transit. European Programme VT-2004 <i>Paweł Rudawy, Barbara Cader-Sroka</i> .....	69
What to read.....	70
Editorial News.....	71



## Spis treści

Prestiż fizyka-nauczyciela	
<i>Zofia Gołqb-Meyer</i> .....	1
Skąd wiadomo, że to, co widzimy, jest czarną dziurą?	
<i>Bogusz Kinasiewicz</i> .....	4
Mieszkamy na Ziemi – wirującej planecie	
<i>Aneta Szczygielska, Jerzy Jarosz</i> .....	13
Albert Abraham Michelson – noblista ze Strzelna	
<i>Szymon Kardaś, Tomasz Kardaś</i> .....	25
Noblista Pierre-Gilles de Gennes o nauczaniu. Na podstawie wywiadu George'a Morrisona i Etienne Guyon .....	37
Dyfuzja i tworzenie się dendrytów	
<i>Jerzy Karczmarczuk</i> .....	39
Minilaboratoria	
<i>Henryk Szydłowski</i> .....	44
Nagrody Kobiety w Nauce UNESCO i L'Oreal	
<i>Ewa Gudowska-Nowak</i> .....	49
Matura z fizyki w 2005	
<i>Zofia Gołqb-Meyer</i> .....	52
Kącik zadań. Drgania	
<i>Z rubryki Borisa Korsunsky'ego</i> .....	54
Doświadczenie na deser. Model płuc	
<i>Krzyszyna Rączkowska-Tomczak</i> .....	56
Czytamy po angielsku. 50 cycle hum	
<i>Z podręcznika Iana Jacobsa</i> .....	58
Wykłady z fizyki na Uniwersytecie Trzeciego Wieku	
<i>Jerzy Jarosz</i> .....	60
Wspomnienia ze 127 Konferencji Amerykańskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Fizyki w Madison	
<i>Rafał Jakubowski</i> .....	61
Wycieczka do Dubnej	
<i>Ewa Pater</i> .....	64
Konkurs WSiP .....	65
Konkurs. Komputerowo wspomagany eksperyment szkolny.....	67
Fizyka w Internecie. Moja Fizyka	
<i>Wojciech Dindorf</i> .....	68
Komunikat. Przejście Wenus na tle tarczy Słońca. Europejski Program VT-2004	
<i>Paweł Rudawy, Barbara Cader-Sroka</i> .....	69
Co czytać.....	70
Komunikaty Redakcji .....	71



## Skąd wiadomo, że to, co widzimy, jest czarną dziurą?

*Bogusz Kinasiewicz  
Instytut Fizyki UJ*

A black hole is perhaps the most fantastic of all  
conceptions of the human mind.

*Igor Novikov*

### 1. Wprowadzenie

Obecnie, na początku XXI wieku, potrafimy zobaczyć znacznie więcej aniżeli nasi przodkowie kilkadziesiąt lat temu. Zawdzięczamy to głównie dynamicznemu rozwojowi techniki. Przed wynalezieniem teleskopu gwiazdy i inne ciała niebieskie obserwowano gołym okiem. Kiedy stwierdzamy, że coś widzimy, chcemy przez to powiedzieć, że do naszych oczu docierają fale świetlne, wysłane lub odbijane przez obiekty znajdujące się wokół nas. Tak naprawdę dostrzegamy jedynie nikły ułamek tego, co dociera do nas pod postacią fal elektromagnetycznych. Wokół nas są inne fale, z których obecności w ogóle nie zdajemy sobie sprawy. Oko ludzkie jest czułe tylko na wąski zakres widma elektromagnetycznego – zakres optyczny ( $\lambda_{opt} \in (4 \cdot 10^{-7}, 8 \cdot 10^{-7})$  [m]).

Jednak nawet teraz, wyposażeni w najnowsze teleskopy, badające Wszechświat w każdym zakresie widma elektromagnetycznego, z powierzchni Ziemi czy z orbity, ciągle nie widzimy wszystkiego, o czym skądinąd wiemy, że istnieje.

Nikt nie widział czarnej dziury i zapewne nikt jej nie zobaczy. Do niedawna nikt nie posiadał przekonujących obserwacyjnych dowodów na istnienie takich obiektów w przyrodzie, badanych od dawna przy użyciu fizyki teoretycznej.

Pomysł, że mogą istnieć obiekty o tak silnej grawitacji, iż nic nie jest w stanie ich opuścić (nawet światło), nie zrodził się w XX wieku. Pochodzi on od filozofa Johna Michella (1783), jednak o idei tej dość szybko zapomniano. Zainteresowano się nią ponownie, kiedy Albert Einstein (1915) lepiej zrozumiał grawitację, aniżeli uczynił to Izaak Newton (1687).

Dzisiaj dysponujemy już przekonującymi dowodami obserwacyjnymi na istnienie kilkudziesięciu czarnych dziur i mamy dobre podstawy, aby przypuszczać, że jest ich bardzo dużo [1]. Czarne dziury mogą być obserwowane tylko pośrednio. Oddziałują one z otoczeniem za pomocą pola grawitacyjnego. I właśnie obserwując, jak zachowuje się ich otoczenie, staramy się stwierdzić co jest przyczyną tego zachowania. Nim jednak zastanowimy się nad tym, jak „zobaczyć” czarną dziurę, powiedzmy sobie coś więcej o tych obiektach. We Wszechświecie można spotkać dwa rodzaje czarnych dziur:

1. Gwiazdowe czarne dziury, będące końcowym etapem ewolucji masywnej gwiazdy.
2. Gigantyczne czarne dziury<sup>1</sup>, występujące w jądrach galaktyk. Ich masy są miliony razy większe od mas gwiazdowych czarnych dziur. Przypuszcza się, że powstały one na skutek kolapsu grawitacyjnego materii w jądrze galaktyki, gdy ta się formowała.

Warto dodać, że mogą istnieć tzw. mikro czarne dziury (o rozmiarach znacznie mniejszych od rozmiarów jąder atomowych i masach mniejszych niż masa gwiazdy), o ile doprowadzi się do ściśnięcia materii w bardzo małej objętości. Niektórzy sądzą, że gdy akcelerator LHC<sup>2</sup> zostanie uruchomiony, wśród produktów zderzeń cząstek elementarnych pojawią się również mikro czarne dziury.

Powtórzmy, że czarna dziura jest obszarem czasoprzestrzeni, z którego nie można wysłać żadnej informacji (zaniedbujemy tutaj efekty kwantowo-mechaniczne, takie jak promieniowanie Hawkinga) ani cząstki na zewnątrz, do pozostałych obszarów przestrzeni, gdzie wzajemna komunikacja jest na ogół możliwa. Granicę czarnej dziury stanowi tzw. **horyzont zdarzeń**. Możliwość istnienia czarnych dziur w przyrodzie została przewidziana przez Ogólną Teorię Względności.

Pierwsze ściśle rozwiązanie równań tej teorii (równań Einsteina) podał Karl Schwarzschild. Poszukiwał on pola grawitacyjnego statycznego i izotropowego obiektu o dużej masie. Dla nierotującej czarnej dziury o masie  $M$ , promień horyzontu zdarzeń dany jest wzorem otrzymanym właśnie przez Schwarzschilda:

$$R_S = \frac{2GM}{c^2} = 2,95 (M/M_\odot) \text{ [km]}$$

gdzie  $M_\odot$  – masa Słońca.

## 2. Układy podwójne gwiazd – wyznaczenie masy składników

Wiele gwiazd występuje w układach złożonych z co najmniej dwóch gwiazd<sup>3</sup>. Oddziałują one ze sobą grawitacyjnie i w wyniku tego oddziaływania okrążają się lub, mówiąc bardziej precyzyjnie, poruszają się wokół wspólnego środka masy. Jeżeli znamy ich okresy obrotu i prędkości radialne oraz dodatkowo wiemy, pod jakim kątem są nachylone orbity względem obserwatora, to korzystając z praw Keplera, potrafimy wyznaczyć ich masy. Jednak kiedy w widmie układu spektroskopowo podwójnego występują tylko linie jednego składnika, wówczas możemy wyliczyć tzw. funkcję masy:

<sup>1</sup> Niedawno dwa kosmiczne obserwatoria rentgenowskie (XMM Newton oraz Chandra) zaobserwowały rozerwanie gwiazdy przez czarną dziurę, znajdującą się w centrum galaktyki RXJ1242-11.

<sup>2</sup> LHC (ang. *Large Hadron Collider*) – Wielki Zderzacz Hadronów, znajdujący się w CERN w Genewie.

<sup>3</sup> Szacuje się, że około 60% gwiazd wchodzi w skład układów wielokrotnych [2].

$$f(M) \equiv \frac{\sin^3 i}{(1 + M_2/M_1)^2} M_1 = \frac{P_{orb} K_2^3}{2\pi G} \quad (1)$$

gdzie:  $M_1$  i  $M_2$  – masy składników układu podwójnego,

$P_{orb}$  – okres obrotu drugiego składnika,

$K_2$  – połowa amplitudy zmian prędkości radialnej drugiego składnika,

$i$  – inklinacja, tzn. nachylenie orbity względem obserwatora.

Zauważmy, że jeżeli dodatkowo znamy masę drugiego składnika, wówczas za pomocą funkcji masy potrafimy wyliczyć masę pierwszego składnika. Rozpatrzmy dwa typy układów podwójnych, w których nie występują linie widmowe pierwszego składnika:

1. lekki widzialny towarzysz – ciężki niewidzialny
2. ciężki widzialny towarzysz – lekki niewidzialny

W pierwszym typie układów możemy założyć, że  $M_2 \ll M_1$ . Wtedy z (1):

$$M_1 \sin^3 i = \frac{P_{orb} K_2^3}{2\pi G} = const \quad (2)$$

Dodatkowo przyjmując, że  $i = \frac{\pi}{2}$ , otrzymujemy minimalną wartość masy pierwszego składnika. W drugim typie układów jest trudniej. Widzialny towarzysz jest ciężki, a zatem wyznaczenie jego masy jest obarczone większym błędem, co powoduje większą niedokładność wyznaczenia masy niewidocznego składnika.

### 2.1. Układy przejściowe miękkiego promieniowania X<sup>4</sup>

Wiele doskonałych kandydatów na czarne dziury zostało odkrytych w rentgenowskich układach podwójnych (ang. *X-ray binaries*). Jest to układ złożony z dwóch gwiazd: zwartej obiektu (gwiazda neutronowa, czarna dziura) i normalnej gwiazdy, której materia spada w procesie akrecji (patrz 3.) na zwarty obiekt, powodując świecenie dysku akrecyjnego (uformowanego wokół zwartej obiektu) w zakresie promieniowania X, ultrafiolecie i optycznym.

Bardzo pomocne w „polowaniu” na czarne dziury okazały się klasy obiektów zwane SXT (układy przejściowe miękkiego promieniowania X). W tych układach tempo akrecji zmienia się w czasie. Większość czasu SXT spędzają w stanie charakteryzującym się słabą jasnością  $L_{acc} \approx (10^{-6} \div 10^{-8})L_{Edd}$ .

---

<sup>4</sup> Angielska nazwa to *Soft X-ray Transient*. W dalszej części artykułu będę używał skrótu SXT.



Jasność Eddingtona – graniczna wartość, przy której ciśnienie promieniowania byłoby w stanie nie dopuścić do akrecji.

$$L_{Edd} = 1,3 \times 10^{38} M/M_{\odot} \left[ \frac{\text{erg}}{\text{s}} \right] \quad \text{gdzie: } M \text{ jest masą zwartego obiektu.}$$

Co jakiś czas układ przechodzi fazę wybuchów, stając się bardzo jasny, osiągając niemalże jasność Eddingtona, po czym wraca do stanu spokojnego po czasie około 7 miesięcy. Obserwacje wskazują, że typowe masy czarnych dziur w SXT wynoszą od  $5 M_{\odot}$  do  $15 M_{\odot}$ .

## 2.2. Czy wyznaczenie masy jest wystarczającym dowodem?

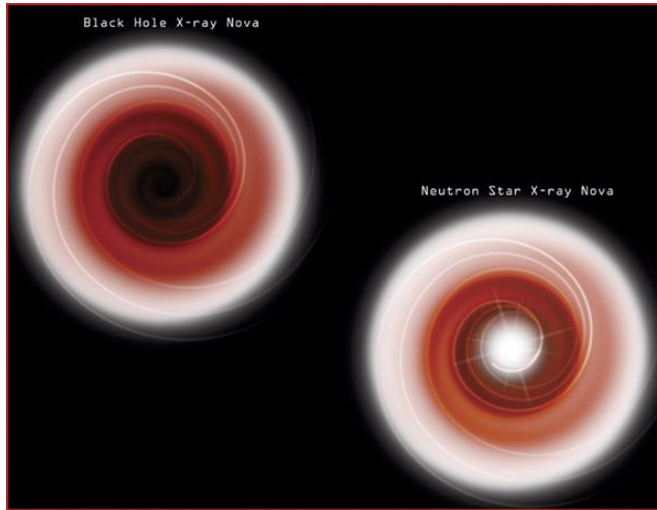
Astronomowie odkryli dużo zwartych obiektów, które są zbyt masywne na to, aby mogły być gwiazdami neutronowymi. *Czy zatem możemy ogłosić zwycięstwo w poszukiwaniu czarnych dziur?* Zdaniem wielu astrofizyków to byłoby przedwczesne!

To prawda, że zwarte objekty o masach  $M > 3 M_{\odot}$  nie mogą być gwiazdami neutronowymi, a zatem powinny być czarnymi dziurami. Niemniej powinniśmy wykonać niezależną obserwację, która by to potwierdziła. Zastanówmy się więc, co jest charakterystyczną cechą czarnych dziur. Jest nią oczywiście horyzont zdarzeń. To właśnie on czyni czarną dziurę takim wyjątkowym obiektem we Wszechświecie. Dlatego powinniśmy wcześniej sprawdzić, czy kandydaci na czarne dziury go mają.

*Jak należy dokonać takiej obserwacji?* W szczególności potrzebujemy zjawiska (lub jego braku), które pozwoliłoby jednoznacznie stwierdzić, że badany obiekt posiada horyzont zdarzeń. Właściwe wydaje się być porównanie dwóch układów podwójnych: jednego z kandydatem na czarną dziurę i drugiego z gwiazdą neutronową (o której wiemy, że ma powierzchnię). Powinniśmy pokazać, że pewne widoczne własności są wyraźnie różne w tych dwóch klasach obiektów i że te różnice są zgodne z poglądem, iż jedna klasa (kandydat na czarną dziurę) ma horyzont zdarzeń, a druga (gwiazda neutronowa) ma powierzchnię. Co więcej, owa różnica własności tych układów podwójnych nie powinna mieć żadnego innego prawdopodobnego wytłumaczenia.

Rentgenowskie układy podwójne są szczególnie dobre do takich badań, w końcu jedne zawierają czarne dziury, a inne – gwiazdy neutronowe. Ramesh Narayan wraz ze swoimi współpracownikami [3], porównując w stanie spokojnym rentgenowskie układy podwójne, jeden z gwiazdą neutronową i drugi z czarną dziurą, pokazał, że „światło” pochodzące z układów zawierających czarne dziury jest słabsze aniżeli z układów zawierających gwiazdy neutronowe (patrz poniższy rysunek, pobrany ze strony internetowej NASA<sup>5</sup>).

<sup>5</sup> <http://imagine.gsfc.nasa.gov>



Ta ogromna różnica jasności części centralnej jest naturalną konsekwencją tego, że kandydaci na czarna dziurę mają horyzont zdarzeń.

### 3. Akrecja gazu na zwarte obiekty

Akrecją nazywa się spadek materii w polu grawitacyjnym. Proces ten nie gwarantuje jednak wypromieniowania części energii. Na przykład akrecja nieoddziałujących cząstek zwiększa tylko masę obiektu centralnego, nie prowadząc w ogóle do promieniowania. W realnych sytuacjach zarówno gwiazda neutronowa, jak i czarna dziura, otoczona jest obłokiem gazu i pyłu. Problem **akrecji gazu** na sferycznie symetryczną gwiazdę w niutonowskiej teorii grawitacji badał Hermann Bondi (1952). Rozpatrywał on proces adiabaticznej akrecji gazu spełniającego równanie stanu:  $p = K\rho^\gamma$ . Następnie rozważania te zostały uogólnione na przypadek relatywistyczny. Jednak sferycznie symetryczny proces akrecji nie zapewnia wystarczającej efektywności zamiany energii spoczynkowej na energię promienistą. Uwzględnienie postępowego ruchu obłoku gazu względem centrum nie wpływa istotnie na zmianę sytuacji. Jeżeli prędkość ruchu gwiazdy neutronowej lub czarnej dziury będzie większa od prędkości dźwięku w gazie, przed gwiazdą może powstać fala uderzeniowa. Będzie to słaba fala uderzeniowa i efektywność zamiany energii kinetycznej cząstek na promieniowanie będzie bardzo niska [2]. Trzeba było opracować inny model akrecji, zapewniający znacznie większą efektywność. Zwrócono wówczas uwagę na układy podwójne. W takim układzie materia przenikająca przez punkt Lagrange'a będzie wychwytywana przez czarną dziurę. Proces akrecji przebiega teraz inaczej niż w przypadku sferycznie syme-

trycznym. Spadająca materia ma różny od zera moment pędu. Utworzy ona dysk, w wyniku procesów dysypacyjnych utraci stopniowo moment pędu i będzie przybliżać się do powierzchni horyzontu, ulegając w końcu wychwytowi przez czarną dziurę.

Punkt Lagrange'a – punkt, w którym siła przyciągania jednego ciała dokładnie równoważy siłę przyciągania drugiego.

W przypadku gwiazdy neutronowej spadająca materia będzie gromadziła się na powierzchni gwiazdy, stając się coraz gorętsza i gęstsza. Umożliwi to zajście reakcji termojądrowych, co obserwujemy w postaci charakterystycznych rozbłysków w zakresie promieniowania rentgenowskiego.

#### 4. Błyski promieniowania X (*X-ray bursts*)

Błyski promieniowania X, pochodzące z podwójnych układów rentgenowskich, zostały po raz pierwszy zaobserwowane przez Jonathana Grindlaya (1976) i natychmiast skojarzone z termojądrowymi wybuchami na powierzchni gwiazdy neutronowej. Te wybuchy znane są jako błyski I typu (dla odróżnienia ich od błysków II typu, które nie mają pochodzenia termojądrowego). W błyskach I typu jasność gwiazd neutronowych wzrasta, osiągając prawie granicę Eddingtona. Różnica czasu pomiędzy dwoma błyskami zwykle wynosi od kilku godzin do 1–2 dni. Są one bardzo powszechne i były obserwowane w wielu układach podwójnych, zawierających gwiazdę neutronową. Niemniej warto zauważyć, że u żadnego z kandydatów na czarną dziurę w rentgenowskich układach podwójnych nie zaobserwowano błysków. W pewnym sensie jest to oczywiste. Błyski I typu wymagają posiadania powierzchni, na której materia byłaby kompresowana i podgrzewana do czasu wywołania syntezy termojądrowej. Czarna dziura nie ma powierzchni w sensie materialnym. Gdy materia spada na nią, przechodzi przez horyzont zdarzeń i znika dla zewnętrznego obserwatora<sup>6</sup>. Dlatego czarna dziura nie może przejawiać błysków I typu. Czy zatem jeżeli obiekt nie przejawia błysków I typu, to jest to dowód na to, że posiada horyzont zdarzeń? Otóż nie!

Obiekt emitujący błyski I typu posiada powierzchnię, a zatem nie może być czarną dziurą. To stwierdzenie nie podlega dyskusji. Jednak obiekt nieemitujący

---

<sup>6</sup> Tak naprawdę ściśle rozwiązania pokazują, że zewnętrzny obserwator, znajdujący się w nieskończoności (tzn. tam, gdzie pole grawitacyjne czarnej dziury znika), nigdy nie zaobserwuje, że materia przeszła przez horyzont zdarzeń. Dlatego, że niosąca tę informację fala elektromagnetyczna dotrze do obserwatora po nieskończone długim czasie, a to w praktyce oznacza, że nigdy. Jednak w rzeczywistości obserwator znajduje się w skończonej odległości od czarnej dziury i materia przenikająca horyzont zdarzeń zniknie z jego pola widzenia.

błysków I typu niekoniecznie nie posiada powierzchni, więc niekoniecznie jest czarną dziurą. Nie obserwujemy na przykład pulsarów, mimo iż te obiekty mają powierzchnię.

### 5. Dlaczego kandydaci na czarną dziurę nie emitują błysków I typu?

Zastanówmy się [3] nad tym, co innego oprócz istnienia horyzontu zdarzeń, mogłoby powodować brak błysków.

1. *Czy szybka rotacja może w jakiś sposób wyeliminować powstawanie błysków?* Rotacja wpływa na zróżnicowanie przyspieszenia grawitacyjnego  $g$  w zależności od szerokości geograficznej. Nawet najszybciej obracający się zwarty obiekt może powodować wzrost  $g$  o czynnik 2 pomiędzy równikiem a biegunami. Taka skromna różnica nie wpływa poważnie na proces wybuchów.
2. *Czy kandydaci na czarną dziurę generują silne pole magnetyczne i tym samym unikają błysków?* Wówczas powinniśmy obserwować strumień promieniowania X modulowanego przez okres obrotu gwiazdy, za które odpowiedzialne jest pole magnetyczne (to zjawisko jest obserwowane w przypadku pulsarów rentgenowskich (ang. *X-ray pulsars*)). Zatem gdyby kandydaci na czarne dziury wytwarzali silne pole magnetyczne, powinni wykazywać pulsacje promieniowania rentgenowskiego. Nic takiego nie zostało dotychczas zaobserwowane u badanych kandydatów na czarne dziury.

#### 5.1. Science fiction: „egzotyczne gwiazdy”

Konwencjonalna fizyka mówi nam, że czarne dziury nie mogą być normalnymi zwartymi obiektami, takimi jak białe karły czy gwiazdy neutronowe. Dlatego rozsądne wydaje się przypuszczenie, że jeżeli obiekty, które uważamy za kandydatów na czarne dziury, nimi nie są, muszą być jakimiś egzotycznymi gwiazdami. Czy mogą być egzotyczne w taki sposób, aby tłumić błyski I typu, kiedy spada na nie gaz w procesie akrecji? Wnętrze gwiazdy neutronowej nie jest dobrze poznane.

*Czy kandydaci na czarne dziury mają jądra zbudowane z jakiejś egzotycznej materii, która powoduje tłumienie błysków?* Nie, ponieważ błyski I typu są zjawiskiem związanym z powierzchnią gwiazdy (o gęstości  $10^6 \text{ g cm}^{-3}$ ). Niezwykła materia, która jest tu przywoływana jako wypełnienie wnętrza gwiazdy neutronowej, pojawia się przy wysokim ciśnieniu, kiedy to gęstości są większe od gęstości materii jądrowej ( $> 10^{15} \text{ g cm}^{-3}$ ). Takie zmiany wnętrza nie mają wpływu na błyski zachodzące na powierzchni.

*Czy istnieje jakaś forma egzotycznej materii, która natychmiastowo zmienia spadającą materię barionową w egzotyczną materię, nawet w gęstościach  $< 10^6 \text{ g cm}^{-3}$ ?* Jeżeli gwiazda byłaby zbudowana z takiego materiału, wtedy mogłoby nie docho-

dzić do emisji błysków, nie byłoby na powierzchni gwiazdy jąder, a to uniemożliwiałyby zajście reakcji termojądrowych. Tymczasem jednak żadna taka substancja nie jest znana!

Na koniec możemy pokusić się o przypuszczenie, że niektórzy kandydaci na czarną dziurę mogą się składać z pewnego rodzaju ciemnej materii, która nie oddziałuje ze zwykłą (znaną nam) materią inaczej niż grawitacyjnie (tak jak ciemna materia we Wszechświecie). Wtedy taki zwarty obiekt byłby całkowicie przepuszczalny dla zwykłej materii. Gaz spadałby swobodnie przez ciemną materię, gromadząc się w centrum. Czy takie obiekty miałyby zdolność do produkowania błysków I typu? To należałoby sprawdzić!

### 5.1.1. Niedośzłe czarne dziury (Gravastary)

W 2001 roku Emil Mottola i Paweł Mazur zaproponowali model obiektów zbudowanych z bardzo gęstej i sztywnej materii. Czasoprzestrzeń na zewnątrz tych obiektów jest rozwiązaniem Schwarzschilda, z kolei jej wnętrze wypełnione jest materią spełniającą równanie stanu  $p = -\rho$  (faza de Sittera). Ich sztywna powierzchnia jest ulokowana trochę powyżej promienia Schwarzschilda:

$$R_* = R_S + 2\lambda_p$$

gdzie  $\lambda_p$  jest długością Plancka.

Długość Plancka – stała o wymiarze długości, będąca kombinacją uniwersalnych stałych fizycznych:  $\lambda_p = 1,6 \times 10^{-33}$  cm

To sprawia, że gravastary nie mają horyzontu ani osobliwości, a więc cech charakteryzujących czarne dziury. Niemniej nie ma obserwacyjnego sposobu rozróżnienia ich od czarnych dziur. Przyszłość pokaże, czy te egzotyczne obiekty istnieją w naszym Wszechświecie.

## 6. Fale grawitacyjne

*Czy istnieją zjawiska pozwalające na jednoznaczną identyfikację czarnych dziur?* Klasycznie czarna dziura nie promieniuje i oddziałuje z otaczającą ją materią tylko przez pole grawitacyjne. Zatem naturalne wydaje się poszukiwanie fal grawitacyjnych w przyrodzie [4]. Okazuje się, że czarne dziury mają zdolność do produkcji uniwersalnych sygnałów. Fala grawitacyjna, padająca na czarną dziurę bądź emitowana z pobliża jej horyzontu, zostanie „przetrawiona” i odległy obserwator może zauważyć pojawienie się charakterystycznych drgań kwazinormalnych. Okres tych drgań i współczynnik tłumienia zależą tylko od globalnych charakterystyk czarnej dziury (masy, ładunku elektrycznego i krętu). Zatem pojawianie się modów kwazinormalnych pozwala na jednoznaczną identyfikację czar-

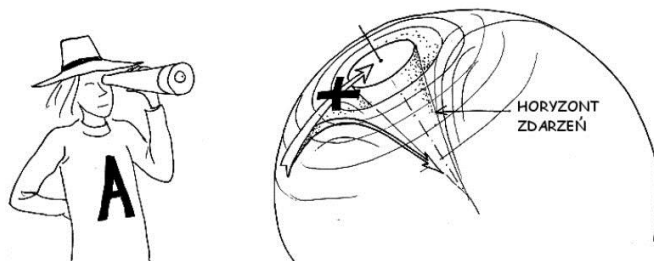
nych dziur, jednak dla niedoszłych czarnych dziur ten efekt będzie równie silny. Dlatego właśnie obserwator nie będzie w stanie rozstrzygnąć, czy „widzi” czarną dziurę, czy jej niedoszłą „siostrę”.

## 7. Podsumowanie

Brak błysków I typu dla kandydatów na czarne dziury w SXT jest istotną wskazówką przy badaniu natury zwartych obiektów. Jeśli obiekt posiada powierzchnię, to powinien przejawiać szeroką aktywność wybuchową. Dlaczego jej nie widzimy u kandydatów na czarne dziury? Najbardziej rozsądnym wytłumaczeniem [3] wydaje się brak powierzchni materialnej (istnienie horyzontu zdarzeń), a to, jak wiemy, jest cechą charakterystyczną czarnych dziur. Detekcja fal grawitacyjnych powinna jednoznacznie rozstrzygnąć problem, czy kandydaci na czarne dziury są nimi rzeczywiście.

## Bibliografia

- [1] K. Ferguson, *Czarne dziury, czyli uwięzione światło*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999
- [2] M. Demiański, *Astrofizyka relatywistyczna*, PWN, Warszawa 1978
- [3] R. Narayan, *Evidence for the black hole event horizon*, 2003 (astro-ph/0310692) i znajdujące się tam referencje
- [4] J. Stasielak, „Fale grawitacyjne i ich detekcja”, *Foton 77*, lato 2002, str. 58



Rysunek z polecanego, doskonałego, francuskiego komiksu o czarnych dziurach (istnieją wersje anglo- i niemieckojęzyczne) Jean-Pierre’a Petita, *Les aventures d’Anselme Lanturlu: La trou noir*, Editions Belin, 1980-1. (*Przygody ciekawskiego Anzelma: czarna dziura*).



## Mieszkamy na Ziemi – wirującej planecie

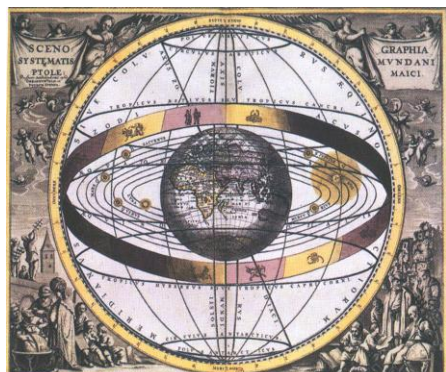
*Aneta Szczygielska, Jerzy Jarosz  
Uniwersytet Śląski, Katowice*

Patrząc w niebo przez tysiąclecia, wyobrażaliśmy sobie, że Słońce, Księżyc i sfera niebieska obracają się wokół Ziemi. Taki obraz Wszechświata harmonizował z przekonaniem o wyjątkowym miejscu w przyrodzie, przysługującym człowiekowi. Tymczasem ruch wirowy Ziemi ma decydujące znaczenie dla cyrkulacji atmosfery i hydrosfery, a tym samym wpływa na środowisko, w którym żyjemy. Dlaczego tak długo nie było to oczywiste?



Rys. 1. Ziemia i Księżyc widziane z kosmosu

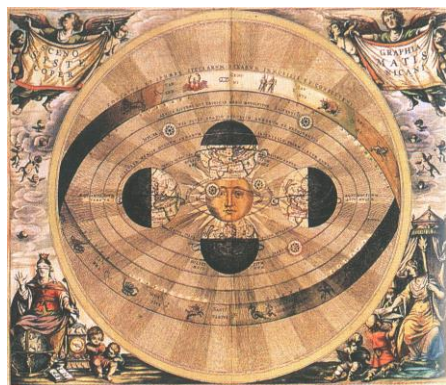
Jeszcze pięćset lat temu tylko pierwsza część stwierdzenia zawartego w tytule tego artykułu zostałaby uznana za prawdę. Powszechnie przyjęte poglądy umieszczały Ziemię w spoczynku, w centrum Wszechświata. Tym samym z definicji przyznawano Ziemi status układu inercyjnego. Układy takie pozostają w spoczynku lub poruszają się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Nie występują w nich siły bezwładności i wszystkie zachodzące zjawiska można opisać zgodnie z zasadami dynamiki Newtona. To była piękna koncepcja – byliśmy w centrum, a cały Wszechświat, dosłownie i w przenośni, obracał się wokół nas.



Rys. 2. Geocentryczny układ planetarny, zaproponowany przez Ptolemeusza. Ziemia w środku Wszechświata

W takim świecie nie byłoby cyklonów, pasaty wiałyby od zwrotników do równika, wzdłuż południków, a upuszczone kamienie, zgodnie z prawami grawitacji spadałyby pionowo w dół. Pewnym minusem takiego świata byłby natomiast fakt, że Prąd Zatokowy nie mógłby ogrzewać Europy.

Rzeczywistość, w którą tak trudno było uwierzyć, okazała się jednak inna. Wszelkie wątpliwości, co kręci się wokół czego, zostały rozwiane przez Mikołaja Kopernika po wydaniu, niespełna pięćset lat temu, traktatu *O obrotach ciał niebieskich*. Kopernik „wprawił” Ziemię w bardzo złożony ruch wirowy wokół jej własnej osi obrotu (1 obrót na dobę), wokół wspólnego z Księżycem środka masy (1 obrót na miesiąc) i wreszcie wokół Słońca (1 obrót w roku).

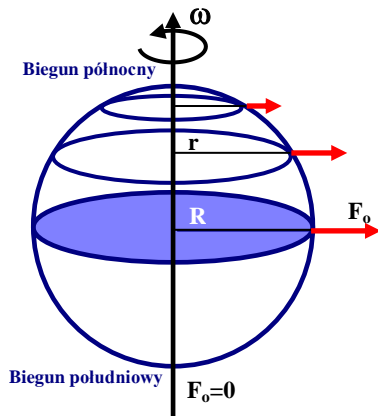


Rys. 3. Heliocentryczny układ planetarny zaproponowany przez Kopernika. Słońce w środku Wszechświata



Już dużo wcześniej, nie zdając sobie sprawy z prawdziwych przyczyn, zauważono cykliczność pewnych zjawisk w przyrodzie i zaczęto stosować okresy tych obrotów do odmierzania upływającego czasu. Oczywiście okres obiegu Układu Słonecznego wokół środka Galaktyki jest już zbyt długi w stosunku do naszego życia, aby stosować go jako przydatną miarę czasu. Dzisiaj wiedza o Układzie Słonecznym należy do podstawowych elementów światopoglądu każdego człowieka, jednak na co dzień nie uświadamiamy sobie, że podróżujemy przez kosmos w nieznaną, mieszkając na powierzchni cienkiej warstwy twardej skały, unoszącej się na stopionej lawie, wirującej z prędkością liniową przekraczającą na równiku prędkość dźwięku i pędzącej wokół Słońca z zawrotną prędkością ponad 100 000 km/h.

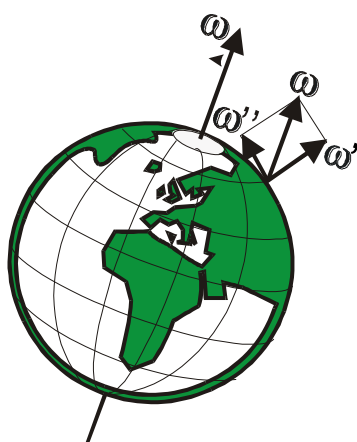
Ziemia jest więc układem nieinercyjnym, poruszającym się w dość skomplikowany sposób. Aby stosować w takim układzie prawa dynamiki Newtona, do opisu zjawisk należy wprowadzić tzw. *siły bezwładności*, pojawiające się w układach podlegających przyspieszeniu. Siły bezwładności są nam dobrze znane z takich sytuacji w życiu codziennym, w których mamy okazję poruszać się z pewnym przyspieszeniem, to znaczy zmieniając wartość lub kierunek prędkości. Na przykład w czasie jazdy autobusem, podczas przyspieszania lub hamowania doznajemy właśnie działania takich sił, zwróconych odpowiednio do tyłu lub do przodu, ale zawsze przeciwnie niż rzeczywiste zmiany prędkości. Podobnie dzieje się, gdy autobus zakręca – doznajemy wówczas, tak jak na karuzeli, działania *siły odśrodkowej*, skierowanej na zewnątrz od osi obrotu. Wartość tej siły działającej na nasze ciało zależy od wartości prędkości kątowej układu oraz od odległości ciała od osi obrotu. Im szybciej wiruje układ i im dalej znajdujemy się od osi obrotu, tym większa siła na nas działa.



Rys. 4. Siła odśrodkowa – rys. schematyczny.

Wartość siły odśrodkowej  $F_o$  działającej na ciała poruszające się po okręgu zależy od prędkości kątowej ruchu  $\omega$  i od odległości  $r$  od środka obrotu

W układach wirujących oprócz wspomnianej już, dobrze znanej siły odśrodkowej występuje również druga siła bezwładności, znacznie mniej znana, lecz bez wątpienia nie mniej istotna – siła Coriolisa (nazwana tak od nazwiska odkrywcy – Gasparda Gustawa Coriolisa, francuskiego matematyka, 1792–1843). Działa ona wyłącznie na obiekty znajdujące się w ruchu i zależy od prędkości kątowej wirującego układu oraz od prędkości liniowej poruszającego się obiektu. Wielkość efektu związana jest z wzajemnym ułożeniem tych dwu wektorów. Kierunek działania siły Coriolisa jest zawsze prostopadły do kierunku wektora prędkości poruszającego się ciała, tak więc siła ta powoduje odchylenie toru ruchu ciała od linii prostej.



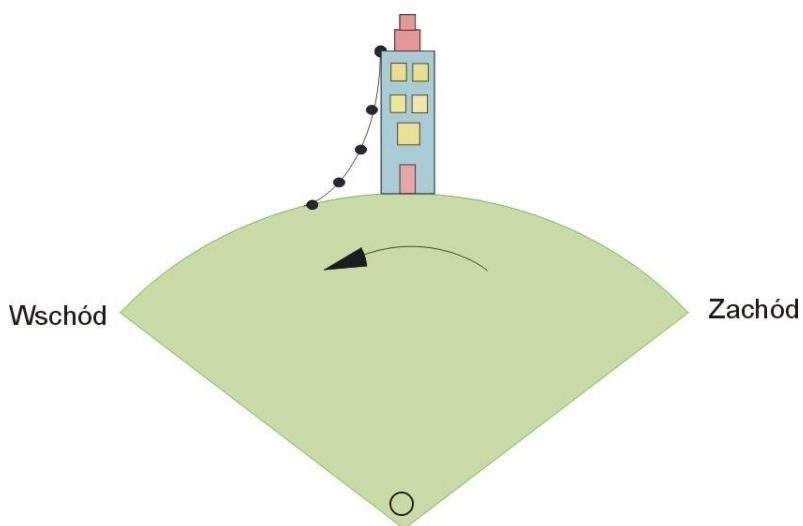
$$\vec{F}_{Coriolisa} = 2m (\vec{v} \times \vec{\omega})$$

Rys. 5. Rozkład wektora prędkości kątowej Ziemi.

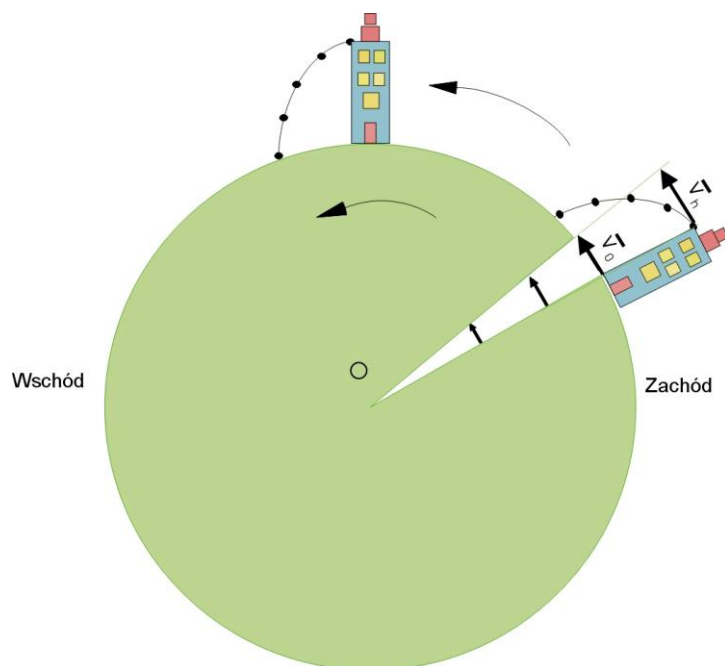
Siła Coriolisa zależy od masy i prędkości liniowej ciała oraz od prędkości kątowej układu

Na kuli ziemskiej różnica w orientacji wektora prędkości kątowej Ziemi i wektora prędkości ułożonego w płaszczyźnie stycznej do powierzchni Ziemi na półkuli północnej i południowej powoduje, że na półkuli północnej siły Coriolisa niezależnie od kierunku ruchu ciała odchylają jego tor zawsze w prawo w stosunku do wektora prędkości, natomiast na półkuli południowej zawsze w lewo. Odchylenia od prostoliniowego kierunku ruchu mogą być całkiem znaczne. Pewne wyobrażenie o wielkości efektu dają podręcznikowe przykłady. Na przykład w czasie II wojny światowej okazało się, że rakiety V2, wystrzeliwane na Londyn z odległości 300 km, lecące z prędkością 1400 km/h, odchylały się od zamierzonego celu o około 3,7 km w prawo! Przyczyną były oczywiście siły Coriolisa. Siły te,

działając na piechura idącego z prędkością 6,5 km/h, w okolicach Warszawy ( $52^{\circ}18'$  szerokości geograficznej północnej) spowodowałyby odchylenie jego toru ruchu od linii prostej o 32 m (!) na każdym przebytym kilometrze drogi, gdyby nie tarcie, które pozwala mu zachować wybrany kierunek. Lokomotywa jadąca po torach nie może zmienić kierunku, ale jeśli dzieje się to na półkuli północnej, to mając masę 500 ton i jadąc z prędkością 100 km/h, na szerokości geograficznej Warszawy wywiera boczny nacisk na prawą szynę równy 164 kG. (Dlaczego więc właściwie szyny zużywają się równomiernie...?) Siły Coriolisa dają o sobie znać również wtedy, gdy wektor prędkości skierowany jest pionowo. To właśnie za ich przyczyną kamienie prawie nigdzie nie spadają pionowo w dół! Z wyjątkiem biegunów ziemskich wszędzie spadają nieco na wschód od miejsca, które wskazałby pion. Na naszej szerokości geograficznej przy upadku z wysokości 100 m odchylenie to wynosi około 2 cm.

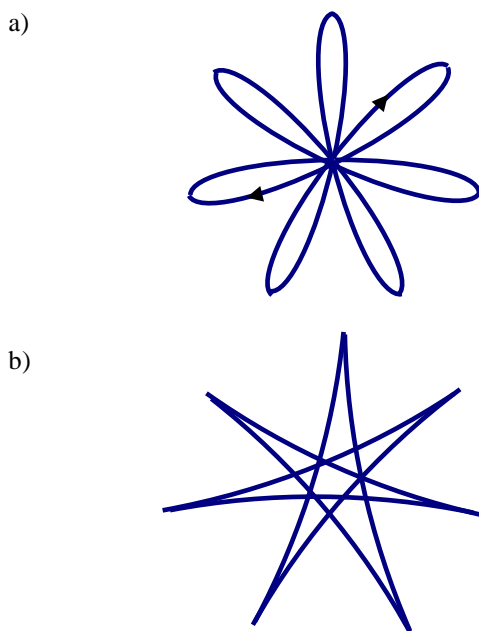


Rys. 6. Kształt toru ruchu spadającego z wieży kamienia, obserwowany z układu wirującego (nieinercyjnego)



Rys. 7. Ten sam kamień obserwowany przez obserwatora będącego w kosmosie – w układzie niezwiązanym z ruchem obrotowym Ziemi (inercjalnym)

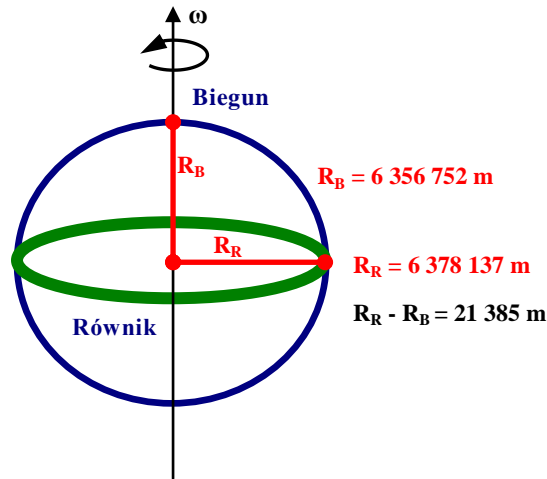
Od czasów Newtona uważano, że występowanie sił bezwładności jest bezwzględ- nym dowodem zmiennego ruchu układu. Pięknym, bezpośrednim dowodem na ruch obrotowy Ziemi stało się więc słynne doświadczenie z wahadłem, przepro- wadzone w paryskim Panteonie w 1852 r. przez francuskiego fizyka Leona Jeana Foucaulta (1819–1868). Wahadło o długości 67 m wprawiono w ruch z amplitudą 3 m i okazało się, że płaszczyzna wahań obraca się i kula wahadła za każdym wahnięciem trafia w miejsce przesunięte na obwodzie koła o 2,7 mm w stosunku do poprzedniego. Czas pełnego obrotu płaszczyzny wahadła wynosił 31 h i 47 min. Paryż leży na  $48^{\circ}50'$  szerokości geograficznej północnej, na biegunie okres obrotu wynosiłby oczywiście 24 h. Co więcej, gdy dokładnie przyjrzeć się rucho- wi wahadła okazuje się, że w ogóle nie porusza się ono w płaszczyźnie, ale za- kreśla stosunkowo skomplikowane rozety, których kształt zależy w dodatku od sposobu wprawienia wahadła w ruch. Ruch tego samego wahadła znacznie proś- ciej wygląda w przypadku obserwatora umieszczonego w kosmosie (w układzie inercjalnym) – wahadło oscyluje w stałej płaszczyźnie wahań, a Ziemia obraca się pod nim.



Rys. 8. Wahadło Foucaulta – tor ruchu – rozety.

Wahadło umieszczone w wirującym układzie nieinercyjnym zakreśla w czasie swojego ruchu rozety. W zależności od sposobu uruchomienia wahadła ((b) punkt startowy nieruchomy w stosunku do układu wirującego lub (a) nieruchomy w zewnętrznym układzie inercyjnym) kształt listków rozety jest ostry i wahadło omija środek wahań (b) lub też listki są zaokrąglone i wahadło przechodzi przez środek wahań (a)

Obie siły bezwładności, związane z ruchem obrotowym Ziemi, mają duży wpływ zarówno na samą Ziemię jak i na jej hydro- i atmosferę. Pierwszym widocznym efektem działania siły odśrodkowej jest kształt Ziemi, zbliżony do elipsoidy obrotowej. Gdyby o kształcie Ziemi decydowały wyłącznie siły grawitacji, musiałaby ona być kulą. Odległość od środka Ziemi do równika wynosi 6 378 137 m, podczas gdy odległość do bieguna tylko 6 356 752 m. Oznacza to spłaszczenie Ziemi w okolicach biegunów o ponad 20 km w stosunku do średnicy na równiku. W rezultacie waga sprężynowa, na której zawiesimy 1 kilogram cukru, pokaże na biegunie większy ciężar (1,002 kG) niż na równiku (tylko 0,997 kG). Na tę różnicę składa się zarówno większa siła grawitacji na biegunie (bliżej do środka Ziemi), jak i brak siły odśrodkowej, zmniejszającej ciężar ciał na równiku.



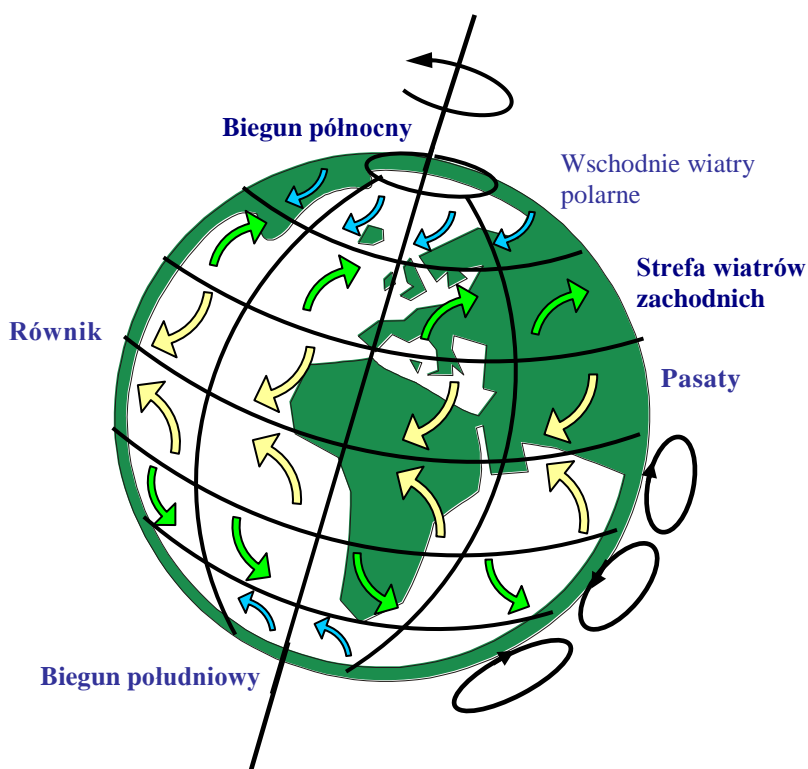
Rys. 9. Kształt Ziemi – elipsoida

Drugim, bardzo wyraźnie odczuwanym zjawiskiem związanym z działaniem sił odśrodkowych są przyływy i odpływy oceanów, powtarzające się dwukrotnie w ciągu doby. Za powstawanie pływów odpowiedzialne są siły odśrodkowe, powstające na skutek ruchu obrotowego Ziemi i Księżycy wokół wspólnego środka masy (znajduje się on we wnętrzu Ziemi, w odległości 0,73 promienia od jej środka), oraz siła przyciągania grawitacyjnego Księżycy. Przeważająca nad siłą odśrodkową grawitacja Księżycy tworzy od jego strony falę przyływu na linii łączącej środki mas Ziemi i Księżycy, podczas gdy po przeciwnej stronie kuli ziemskiej powstaje druga fala przyływu na skutek dominacji siły odśrodkowej nad siłą grawitacji Księżycy. Obrót Ziemi wokół własnej osi powoduje, że każdy punkt dwukrotnie w ciągu doby znajduje się w strefie przyływu. Przemieszczanie olbrzymich mas wody pochłania sporą ilość energii, co z kolei powoduje stopniowe zwalnianie ruchu obrotowego Ziemi.

Dużo większe znaczenie w kształtowaniu klimatu na Ziemi mają jednak zjawiska związane z siłami Coriolisa. W strefie równikowej nasłonecznienie jest największe i obszary położone w pobliżu równika otrzymują więcej energii słonecznej niż inne. Ogrzane powietrze unosi się i przesuwa w stronę biegunów. Na szerokościach około  $30^\circ$  ochładza się ono i opada, tworząc strefy wysokiego ciśnienia, z których wiatry zwane pasatami powracają w stronę równika, a część ochłodzonego powietrza kieruje się w stronę biegunów. Pasaty, ulegając działaniu siły Coriolisa odchylają się na półkuli północnej w prawo, a na półkuli południowej w lewo. W rezultacie wiatry te wieją odpowiednio z północnego i z południowego

wschodu. Jako wiatry stałe wiejące w określonym kierunku, pasaty już od dawna miały duże znaczenie praktyczne dla żeglarzy. Wykorzystywano je między innymi w czasie wypraw handlowych do Nowego Świata czy na Wyspy Karaibskie.

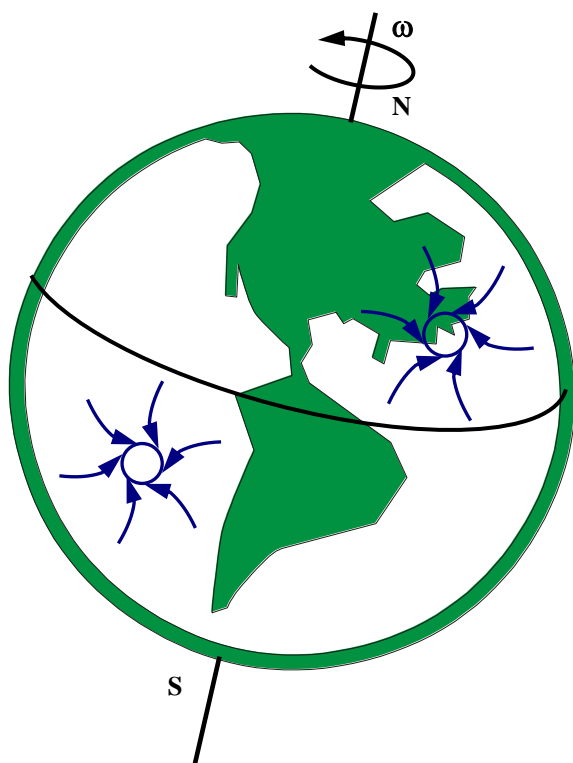
Powietrze płynące z tropików w stronę biegunów ogrzewa się i unosi ponownie na szerokościach około  $60^\circ$ . Siły bezwładności, odchylające kierunek mas powietrza płynącego w stronę biegunów, tym razem nadają im kierunek na wschód i w rezultacie szerokości od  $30^\circ$  do  $60^\circ$  bywają określane jako strefa wiatrów zachodnich. Z kolei wiatry wiejące z wyżów zlokalizowanych w okolicach biegunów w stronę frontu polarnego odchylane są podobnie jak pasaty i noszą nazwę biegunowych wiatrów wschodnich.



Rys. 11. Cyrkulacja atmosfery – strefa pasatów, wiatrów zachodnich i polarnych wiatrów wschodnich

Siły Coriolisa nie tylko określają kierunek wiatrów stałych wiejących na kuli ziemskiej, ale także decydują o kierunku wirowania cyklonów. Cyklony tropikal-

ne są obszarami o niskim ciśnieniu, do których z wszystkich stron napływa powietrze. Siły Coriolisa na półkuli północnej odchylają wiejące promieniście wiatry w prawo, co w rezultacie nadaje masom powietrza ruch wirowy o orientacji lewoskrętnej. Średnice wirujących układów niżowych przekraczają często 1000 km. Na półkuli południowej sytuacja jest odwrócona i cyklony wirują zawsze zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara.



Rys. 12. Powstawanie cyklonów. Siły Coriolisa wymuszają lewoskrętny ruch cyklonów na półkuli północnej i prawoskrętny na półkuli południowej





Rys. 13. Cyklony na półkuli północnej – zdjęcia z satelity

Siły Coriolisa nie decydują natomiast o kierunku wirowania tornada, nazywanego często trąbą powietrzną. Średnica tornada jest znacznie mniejsza niż cyklonu i kierunek wirowania jest przypadkowy. Okazuje się, że nie tylko masy powietrza ulegając działaniu sił Coriolisa mogą tworzyć wielkie, wirujące układy. Badania procesów zachodzących we wnętrzu Ziemi pozwalają przypuszczać, że również masy stopionej lawy w płaszczu ziemskim, przemieszczające się ruchami konwekcyjnymi, tworzą obszary wirujące powoli, zgodnie z regułami rządzącymi zachowaniem się cyklonów. Możliwe, że siły Coriolisa, formując w pewien sposób prądy konwekcyjne, przenoszące ładunki elektryczne, odpowiadają również za powstanie ziemskiego pola magnetycznego.

Siły Coriolisa determinują również ruch mas wody w oceanach. Przyglądając się kierunkom przepływu prądów morskich w oceanach, trudno nie zauważyć widocznej tendencji do odchylenia kierunku ich przepływu w prawo lub w lewo, w zależności od półkuli, na której ten ruch się odbywa. Wiejące nad Pacyfikiem północno i południowo-wschodnie pasaty zbiegają się w strefie równikowej. W rezultacie powstaje wiatr wiejący na zachód wzdłuż równika, porywający ze sobą

wody powierzchniowe Pacyfiku. Powoduje to podniesienie poziomu zachodnich części oceanu w stosunku do wschodnich o kilkadziesiąt centymetrów. Woda odpływająca ze wschodnich części oceanu uzupełniana jest dopływem wody z większych szerokości geograficznych i dopływami wód głębinowych. Płynące wzdłuż równika prądy południowo i północno-równikowe mają tendencję do odchylenia swojego ruchu zgodnie z działaniem sił Coriolisa. W efekcie wytwarza się globalnie prawoskrętna cyrkulacja górnych warstw oceanu na północ od równika i lewoskrętna na południe od równika. Te same prawa decydują o kierunku tak bardzo istotnego dla nas Prądu Zatokowego (Golfsztromu), zwanego „kaloryferem Europy”. Bierze on początek w okolicach Florydy, by wzdłuż wschodnich brzegów Ameryki Północnej, zakręcając w prawo, dotrzeć w końcu do brzegów naszego kontynentu wydajnie ocieplając klimat.



Rys. 14. Prądy morskie w oceanach – widoczna cyrkulacja prawoskrętna na półkuli północnej i lewoskrętna na półkuli południowej

Nieinercjalność układu, w którym żyjemy, ma więc bardzo doniosłe skutki decydujące o cyrkulacji atmosfery i hydrosfery oraz kształtowaniu klimatów na Ziemi. Energia pochodząca z promieniowania słonecznego napędza masy powietrza i wody, ale kształt tym procesom nadaje ruch wirowy Ziemi.

#### Literatura:

- [1] *Współczesny świat w nauce*, Świat Książki, Warszawa 2003
- [2] *Niezwykła natura. Pogoda. Zjawiska atmosferyczne na Ziemi*, National Geographic, Warszawa 2002
- [3] Romana Kantorek Pałka, Krzysztof Wójcik, *Fizyka i astronomia – podręcznik dla liceów ogólnokształcących, liceów profilowanych i techników*
- [4] *Przeglądowy atlas świata*, GeoCenter International, Warszawa 1994



## Albert Abraham Michelson – noblista ze Strzelna

*Tomasz Kardaś*

*Nauczyciel fizyki w Liceum Ogólnokształcącym w Strzelnie  
(doktorant na UAM w Poznaniu)*

*Szymon Kardaś*

*Uniwersytet Warszawski – student V roku*

### I. Narodziny i wyjazd ze Strzelna

Książki traktujące o A. A. Michelsonie, notatki w Internecie czy w encyklopediach wspominają o jego polskich korzeniach mniej więcej tak:

„rodzice Michelsona musieli opuścić ziemię polskie, ponieważ po załamaniu się Wiosny Ludów w 1848 r. nasiliły się prześladowania Żydów, a w latach pięćdziesiątych owego stulecia rozszalały się z nową siłą, i to wywołało exodus o poważnym zasięgu, zbliżonym rozmiarami do ucieczki Żydów z hitlerowskich Niemiec” [1].

Czy tak było w istocie? Ojciec Alberta, Samuel Michelson, pochodzący z Inowrocławia poślubił Rozalię Przyłubską ze Strzelna. Młodzi małżonkowie zamieszkali w Strzelnie na Kujawach, utrzymując się z prowadzenia małego sklepiku. Krótko po urodzeniu się trzeciego dziecka, Alberta (19 grudnia 1852 r.) postanowili opuścić to miasteczko. Przyczyny wyjazdu były bardziej złożone, niż to sugeruje wielu autorów (np. B. Jaffe, D. Michelson Livingston). Z dokumentów znajdujących się w Państwowym Archiwum w Bydgoszczy, oddział w Inowrocławiu (Akta Miasta Strzelna, sygn. 396) wynika, że jednym z powodów decyzji o emigracji był brak akceptacji członków gminy żydowskiej dla Samuela Michelsona podczas wyborów do kahału, 20 czerwca 1854 r. Według protokołu tych wyborów, będąc w grupie 13 kandydatów, otrzymał tylko jeden ze 140 oddanych głosów. Niektórzy badacze sugerują, że Michelsonowie opuścili miasto na skutek prześladowań Żydów. Jednak w prowadzonych bardzo starannie spisach gminy żydowskiej z roku 1849 widnieje 51 nazwisk, a w spisie z 23 maja 1854 r. aż 66 nazwisk. Gdyby Żydzi w Strzelnie byli prześladowani, liczba ich rodzin żydowskich powinna maleć, a nie rosnąć.

Więcej szczegółów na ten temat można znaleźć w książce *Noblista ze Strzelna* autorstwa K. Chudzińskiego i T. Kardasia.

Nie bez znaczenia był również fakt, że siostra Samuela Michelsona, Bella (Label) Michelson, wyszła za mąż za Oscara Meyera i od kilku lat mieszkała już wraz z rodziną w Murphys Camp w Calaveras County w Kalifornii. Prawdopodobnie 21 sierpnia 1855 r. Michelsonowie rozpoczęli swą podróż ze Strzelna,

przez Hamburg, Nowy Jork, Panamę, do San Francisco. Parowcem dopłynęli do Nowego Jorku i Panamy, a stamtąd przeprawili się przez Przesmyk Panamski pociągiem, na mułach, a nawet kajakiem, aż do Pacyfiku, i dalej parowcem do miejsca przeznaczenia. Latem 1856 roku byli na miejscu, w Murphys Camp.

## II. Nauka w Akademii Marynarki Wojennej w Annapolis

W latach 1860–1864 Albert Michelson uczęszczał do miejscowej szkoły. Matka postanowiła dać mu dobre wykształcenie, a gdy wyczerpały się możliwości kształcenia się w miejscu zamieszkania, zawarła umowę z Teodorem Bradleyem, dyrektorem szkoły dla chłopców w San Francisco, i umieściła syna u niego na stacji. Od września 1864 do czerwca 1866 r. chłopiec uczył się w Lincoln Grammar School, natomiast od września 1866 do czerwca 1869 r. był uczniem San Francisco Boy's High School. Pan Bradley rozbudził jego zainteresowania naukowe, a gdy zauważył wyjątkowe zdolności Alberta do mechaniki, oddał mu pod opiekę szkolne pomoce (za co płacił mu trzy dolary miesięcznie). To właśnie Bradley namawiał Alberta i jego rodziców do starań o nominację na kadeta w Morskiej Akademii w Annapolis. W owych czasach nie było w kraju innej uczelni, która zapewniałaby równie rozległą wiedzę w zakresie fizyki i nauk ścisłych. Michelson wraz z dziewięcioma innymi kandydatami przystąpił do egzaminu 10 czerwca 1869 r. Niestety, nie otrzymał nominacji, chociaż zajął pierwsze miejsce, zdobywając taką samą liczbę punktów jak dwaj inni chłopcy. Członek kongresu Tomasz Fitch wybrał jednego z nich, syna weterana wojny domowej. Kongresman zauważył jednak talent oraz zdolności młodego Alberta i napisał list do ówczesnego prezydenta Stanów Zjednoczonych Ulyssesa S. Granta, prosząc o przyznanie dodatkowego miejsca dla 16-letniego Michelsona w Morskiej Akademii w Annapolis. Michelson sam zawiózł prośbę (jednym z pierwszych transkontynentalnych pociągów) do Białego Domu. Ulysses S. Grant przyjął go i wysłuchał, ale nie spełnił prośby, ponieważ dokonał już dziesięciu przysługujących mu nominacji. Poradził jednak Albertowi, by ten pojechał do Annapolis, gdyż możliwe było, iż jeden z kadetów zrezygnuje z przydzielonego mu miejsca. Tak się jednak nie stało. Albert wrócił do Waszyngtonu wielce zniechęcony, z postanowieniem powrotu do San Francisco. Tymczasem prezydent Grant, rozważywszy ponownie swą decyzję, posłał do pociągu gońca z wezwaniem na powtórny audiencję dla Michelsona. Ignorując reguły procedury, zgodnie z którymi wymagana była zgoda Kongresu, Grant podpisał 11 nominację.

Program studiów obejmował naukę angielskiego, języków obcych, artylerię polową i haubic okrętowych, ale także naukę tańca, aby kadeci odznaczali się nienagannymi manierami. Uzdolnienia, odkryte u młodego Michelsona jeszcze przez Bradleya, rozwijały się gwałtownie w czasie jego pobytu w Annapolis. Nie ulega wątpliwości, że lata pobytu w Akademii były w życiu Michelsona bardzo

owocne. Oprócz nauki uprawiał pięściarstwo, nabył znacznej wprawy w posługiwaniu się pędzlem i farbami oraz zachwycał przyjaciół grą na skrzypcach. Tylko 28 kadetów z rocznika liczącego 111 kandydatów uzyskało stopień akademicki w czerwcu 1873 r. Albert Michelson zajął dziewiąte miejsce w ogólnej punktacji szkolnej. Był też dziewiąty pod względem liczby wykroczeń, a niektóre były na tyle poważne, że odsiadywał za nie areszt na okręcie wojennym. Pewnego ranka np. przybiegł na apel bez kołnierzyka. Innym razem doniesiono w raporcie, że porzuciwszy „książki na łaskę losu, rozrabiał na korytarzu” [2].

Był najlepszy w klasie z optyki i akustyki. Zajmował drugie miejsce w matematyce, termodynamice i klimatologii, a trzecie w statyce. W sztuce żeglarskiej zajął jednak dopiero 25. miejsce, co nie uszło uwadze dowódcy, który wręczając Albertowi Michelsonowi dyplom akademicki, powiedział: „Jeśli w przyszłości mniej baczysz na sprawy naukowe, a więcej na ćwiczenia artyleryjskie na morzu, to chyba przyjdzie czas, że starczy ci wiedzy, by przysłużyć się w jakiś sposób swojej ojczyźnie” [2].

Po promocji i odbyciu stażu na morzu został wykładowcą fizyki i chemii w Akademii Morskiej.

### III. Dlaczego Albert A. Michelson zajął się pomiarami prędkości światła

„Fakt, że prędkość światła tak dalece przekracza pojmowanie ludzkiego rozumu, a zarazem niezwykłą dokładność, z jaką tę prędkość można zmierzyć, czyni jej wyznaczenie jednym z najbardziej fascynujących problemów przypadających badaczowi w udziale.”

Albert A. Michelson

Pomiarami prędkości światła Michelson zajął się przypadkowo. Przełożony wezwał go do siebie, udzielił wskazówek co do serii wykładów z fizyki, które miał prowadzić dla zaawansowanych studentów, i podsunął myśl, aby zaczął zajęcia od przedstawienia pomiaru prędkości światła metodą Foucaulta. Albert sprzeciwił się, oświadczając, że mało wie o metodzie oraz historii eksperymentu. W odpowiedzi usłyszał, że ma sobie rzecz w pamięci odświeżyć i przystąpić do wykonania zadania. Przygotowując się do pierwszego wykładu, uświadomił sobie, że tylko trzech ludzi w całej historii usiłowało zmierzyć szybkość światła w laboratorium na ziemi, a byli to: Armand Hipolit Fizeau, Alfred Maria Cornu i Jan Foucault. Trudno pisać o A. A. Michelsonie, nie wspominając o pasjonującej historii pomiaru prędkości światła, tej podstawowej dziś stałej fizycznej. Jako pierwszy w prawie każdym podręczniku fizyki pojawia się Olaus Roemer, astronom duński, któremu przypisuje się, iż w r. 1676 zmierzył jako pierwszy prędkość światła na podstawie zaćmień księżyca Jowisza Io. W tym miejscu podaje się rzekomo wyznaczoną przez niego wartość prędkości 215 000 km/s. Taką informację można

znaleźć w większości podręczników, w encyklopediach i wielu artykułach. My pierwszy raz zetknęliśmy się z inną wersją w 1982 r., po przeczytaniu książki pt. *Nauczanie fizyki* (pod red. Johna L. Lewisa, PWN, Warszawa 1982). Później takie same informacje podał A. K. Wróblewski w książce pt. *Prawdy i mity w fizyce* (Warszawa 1987), a mimo to część autorów wydanych po tym roku książek, podręczników i artykułów z uporem cytuje „żelazną literaturę”, która błędnie przypisuje Roemerowi pierwszeństwo w zmierzeniu wartości prędkości światła. Uczony ten w opublikowanym 7 grudnia 1676 r. artykule udowodnił tylko, na podstawie obserwacji zaćmień księżycy Io, że światło ma bardzo dużą, ale jednak skończoną prędkość.

Po opublikowaniu wyników swego pierwszego pomiaru prędkości światła w *American Journal of Science* oraz w *Nature* (t. XVIII, z czerwca 1878 r., artykuł „Velocity of Light”) Michelson stał się osobą znaną w amerykańskim środowisku naukowym. Miał okazję zreferować wyniki swego pierwszego pomiaru prędkości światła większemu gremium w St. Louis podczas posiedzenia Amerykańskiego Stowarzyszenia dla Postępu Nauki, na które zaprosił go prezes tego stowarzyszenia Simon Newcomb. Po konferencji w St. Louis Newcomb przekonał Krajową Akademię Nauk, by przeznaczyła 5000 dolarów na kontynuowanie badań w tym zakresie. To za jego namową Michelson jesienią 1879 r. przeniósł się z Akademii Marynarki Wojennej w Annapolis do Biura Almanachu Morskiego w Waszyngtonie. Za uzyskane pieniądze urządzili wspólnie bazę doświadczalną w Fort Myer nad rzeką Potomac i prowadzili eksperymenty z pomiarami prędkości światła do września 1880 r. W 1880 roku Michelson przeniósł się do Berlina, aby kontynuować naukę. Tam, pracując nad doktoratem pod kierunkiem Hermanna Ludwiga von Helmholtza, zapoznał się z listem J. C. Maxwella do D. P. Todda, dyrektora Biura Almanachu Morskiego w Waszyngtonie (z 19 marca 1879 r.), w którym Maxwell dziękuje za przesłanie danych na temat księżyców Jowisza. Wspomina też o swoim artykule o eterze, napisanym do *Encyklopedii Britannica*, w którym opisuje bezskuteczne próby wykrycia wpływu nieruchomego eteru na ruch Ziemi, konkludując, że efekty drugiego rzędu  $v/c$  ( $v$  – prędkość Ziemi względem eteru,  $c$  – prędkość światła) są zbyt małe, by je można było zmierzyć.

Po tej lekturze Michelson doszedł do wniosku, że Maxwell nie docenił dokładności pomiarów wykonywanych w laboratorium i ochoczo przystąpił do pracy.

Pierwsze pomiary z użyciem wymyślonego przez siebie interferometru przeprowadził w Berlinie, następne w Poczdamie. Sierpniowy numer *American Journal of Science* z 1881 r. zamieścił artykuł Michelsona „Względny ruch Ziemi i eteru świetlnego”, w którym znalazł się następujący wniosek: „hipoteza spoczywającego eteru jest błędna”.

Michelson nie wrócił do pracy w waszyngtońskim Biurze Almanachu. Na własną prośbę, złożoną 30 września 1881 r., pożegnał się z dotychczasowym miejscem pracy i zatrudnił się w nowo utworzonej Szkole Nauki Stosowanej Case`a

w Cleveland (Case School of Applied Science). Tam poznał Edwarda W. Morleya, chemika z pobliskiego Uniwersytetu Western Reserve. W r. 1884 na Uniwersytecie Johnsa Hopkinsa Michelson poznał lordów Kelvina i Rayleigha, którzy uważnie śledzili jego prace i poprosili go o zbadanie wpływu ruchu ośrodka na prędkość światła. Michelson wspomniał o tym swemu przyjacielowi Morleyowi, który chętnie się zgodził na współpracę, a nawet udostępnił własne laboratorium do badań. Wspólnie zbudowali nowy interferometr, wzorowany na egzemplarzu z Berlina, i w ten sposób rozpoczęli słynny eksperyment.

#### **IV. Doświadczenie Michelsona-Morleya podstawą doświadczalną szczególnej teorii względności**

Piotr Kapica, radziecki laureat Nagrody Nobla z fizyki, podczas sympozjum w Pradze w 1959 r., w referacie na temat planowania nauki wymienił zaledwie osiem odkryć w ostatnich 200 latach, których w żaden sposób nie można było przewidzieć ani też wyjaśnić w ramach istniejących teorii naukowych. Wśród nich znalazł się negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morleya z 1887 r.

Decydujące pomiary Michelson i Morley przeprowadzili 8, 9, 11 lipca 1887 r. o godzinie 12.00 oraz 8, 9, 12 lipca o godzinie 18.00. Sprawozdanie zatytułowane: „On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether” opublikowali w *American Journal of Science* (nr 203 listopad 1887). Ich wniosek był następujący: „nie ma widocznej różnicy w prędkości światła, niezależnie od kierunku, w jakim porusza się obserwator”.

15 stycznia 1931 r. w Pasadenie odbył się po konferencji naukowej bankiet z udziałem wielu uczonych z całego świata, wydany na cześć Alberta Einsteina. Wtedy to Einstein publicznie, w obecności m.in. R. A. Millikana, G. E. Hale’a i innych, wygłosił krótką mowę, w pewnym momencie zwracając się do Michelsona:

„Pan, czcigodny doktorze Michelson, rozpoczął tę pracę, kiedy byłem dzieckiem i nie miałem nawet trzech stóp wzrostu. To pan poprowadził fizyków na nowe drogi i swoją wspaniałą pracą eksperymentalną utorował drogę rozwojowi teorii względności. Odkrył pan podstępny błąd w ówczesnej teorii eteru, stwarzając bodziec dla Lorentza i Fitzgeralda, z ich zaś pomysłów wyrosła szczególna teoria względności. Bez pańskich prac ta teoria byłaby dzisiaj zaledwie interesującą spekulacją; to pańskie pomiary pierwsze oparły ją na realnej podstawie” [3].

Słowa te głęboko wzruszyły Michelsona, który podziękował za uznanie w imieniu własnym i nieżyjącego już od siedmiu lat Morleya; Michelson nie lubił przemawiać i czynił to bardzo rzadko, zawsze jednak pamiętał o przypomnieniu zasług współpracowników.

Michelson osobiście mówił Einsteinowi, że teoria względności mu się nie podoba i jest strapiiony tym, iż jego własna praca przyczyniła się do powstania tego „straszydła”.

Max von Laue w swojej *Historii fizyki* napisał wprost: „W oparciu o doświadczenia Michelsona i kilka podobnych eksperymentów powstała szczególna teoria względności” [4].

## **V. Za co Michelson dostał Nagrodę Nobla i z kim się pokłócił na statku podczas podróży po tę nagrodę**

Początek r. 1893 Michelson spędził z rodziną w Europie, na kilkumiesięcznym urlopie. Po powrocie wygłosił latem w Laboratorium Fizycznym Ryersona w Chicago wykład inauguracyjny, w którym stwierdził za lordem Kelvinem, że wszystkich wielkich odkryć w fizyce prawdopodobnie już dokonano i że jej przyszłość będzie polegać na doskonaleniu przyrządów fizycznych, które pozwolą mierzyć z dokładnością do szóstego miejsca po przecinku. Co do pierwszej części stwierdzenia, to przyszłość pokazała, że się mylił, natomiast za udoskonalenie pomiarów dostał Nagrodę Nobla. Z wnioskiem o przyznanie mu tej nagrody wystąpił w listopadzie 1903 r. astronom z Harvardu – William Pickering. Dokonania Michelsona na polu doskonalenia pomiarów i badań spektrometrycznych (a nie słynny eksperyment z wiatrem eteru) przekonały Szwedzką Akademię Nauk w 1907 r. Przyznano mu nagrodę „za jego precyzyjne przyrządy optyczne i za spektroskopowe oraz metrologiczne badania, wykonane przy ich pomocy” [5].

Jak do tego doszło? Otóż w tomie 34, nr 203 z listopada 1887 r. *American Journal of Science*, w tym samym, który doniósł światu o doświadczeniu Michelsona-Morleya znajdował się również artykuł tych samych autorów „O metodzie użycia długości fali światła sodowego jako dokładnego i praktycznego wzorca długości”.

Z końcem roku szkolnego 1889 pożegnał się ze szkołą w Cleveland i przyjął stanowisko na Uniwersytecie Clarka w Worcester. Dydaktyką zajmował się mało, za to sporo czasu poświęcał pracom nad projektem nowego wzorca długości. Amerykański przedstawiciel w Międzynarodowym Komitecie Miar i Wąg postarał się dla niego o zaproszenie do laboratorium w Sèvres pod Paryżem, w celu kontynuowania badań. W lipcu 1892 r. Michelson udał się do tego laboratorium i za pomocą linii widmowych kadmu stwierdził, że platynowo-irydowy wzorzec metra jest równy 1553164,13 długości linii czerwonej kadmu. W 1898 r. skonstruował spektroskop, który nie zawierał pryzmatu ani siatki dyfrakcyjnej, lecz szereg identycznie grubych szklanych płytek. Za pomocą tak skonstruowanego spektroskopu uzyskał 7,5 razy lepsze wyniki niż za pomocą siatki dyfrakcyjnej. Przyrządy optyczne, przygotowane przez niego, a prezentowane na Światowej Wystawie



w Paryżu w 1900 r., zdobyły Grand Prix wystawy. Wszystkie te sukcesy sprawiły, że przyznano mu Nagrodę Nobla.

Po jej odbiór wybrał się z całą rodziną, najpierw do Londynu, gdzie wspólnie z Morleyem 29 listopada odebrali Copley Medal, nadany im przez Królewską Akademię Nauk. Po uroczystości, na której wygłosił wykład „Ostatnie postępy w spektroskopii”, i otrzymaniu 40 000 dolarów, udał się do Stanów Zjednoczonych. Ciekawa rzecz zdarzyła się w czasie podróży po nagrodę. Inaczej niż obecnie, lista laureatów była wtedy przed ceremonią wręczenia znana tylko Akademii i samym zainteresowanym, których proszono o zachowanie tajemnicy aż do końca. Na tym samym statku, którym Michelson z rodziną płynął do Sztokholmu, sąsiednią kajutę zajmował laureat Nagrody Nobla w dziedzinie literatury – Anglik Rudyard Kipling. Obaj panowie się nie znali i nie domyślali się celu podróży sąsiada. Na statku doszło między nimi do ostrej wymiany zdań i odetchnęli z ulgą, gdy schodząc na ląd w Göteborgu, uwolnili się od swojego towarzystwa.

Jakież było ich zdziwienie, gdy ponownie spotkali się podczas ceremonii wręczenia Nagród Nobla!

## VI. Dlaczego interferometr Michelsona nazywany jest teleskopem XXI wieku

W 1999 r. *The Astrophysical Journal* z okazji stulecia astrofizyki opublikował zestaw fundamentalnych prac, będących krokami milowymi w tej dziedzinie nauki. W tomie 525, nr 1c tego czasopisma wydrukowana jest – jako piąta od 1900 r. – praca A. A. Michelsona i F. G. Peasea „Measurement of the Diameter of  $\alpha$  Orions with the Interferometer” (był to przedruk za: *The Astrophysical Journal* nr 53, tom 249, z 1921 r.). Jednak przygoda Michelsona z astronomią i interferometrem zaczęła się dużo wcześniej, bo w latach osiemdziesiątych XIX stulecia. Prawie całe dwa lata – 1880 i 1881 – studiował w Berlinie, Heidelbergu i Paryżu. Tam dokładnie zapoznał się z wynikami doświadczeń Fizeau z 1851 i 1859 r. Michelson wykorzystał obie te metody, ulepszając je przez wprowadzenie interferometru. Dzięki pieniądзом przysłanym przez Aleksandra Grahama Bella zamówił wykonanie interferometru według własnego pomysłu w berlińskiej firmie. Pierwsze pomiary, dokonane w laboratorium H. Helmholtza między 5 a 15 kwietnia, nie wypadły zbyt pomyślnie. Michelson omówił ich wyniki ze swoim mentorem, który uważał, że kłopoty wynikają z konieczności utrzymania aparatury pomiarowej w stałej temperaturze. Michelson natomiast był zdania, że pomiary zakłócały drgania wywoływane ruchem ulicznym. Postanowił przenieść pomiary do Poczdamu, do Obserwatorium Astrofizycznego. Wyniki okazały się na tyle zachęcające, że pomiary kontynuował po powrocie do Ameryki. Jako profesor Uniwersytetu Clarka, w 1890 r. opublikował w *Philosophical Magazine* artykuł o pewnych pomiarach i obserwacjach dotyczących podwójnej gwiazdy Capella. Kłopoty z obserwacjami tego typu obiektów wynikały z faktu, że oba składniki takiego układu

obserwowane z Ziemi leżą zbyt blisko siebie, aby zwykły teleskop mógł je rozróżnić. Pomysł połączenia teleskopu z interferometrem dawał nadzieję na ich rozróżnienie, a także wyznaczenie rzeczywistych rozmiarów innych obiektów kosmicznych, które widziane z Ziemi, są niezmiernie małe. W nieco późniejszym okresie udało mu się pomierzyć (w obserwatorium Licka na szczycie Mount Hamilton) średnice księżyców Jowisza. Jednak największe doświadczenie astronomiczne Michelson miał jeszcze przed sobą. Wraz z F. G. Peasem w maju 1919 r. wznowił systematyczne prace nad pomiarami średnic gwiazd, wcześniej przerwane przez wojnę. W lecie 1920 r., posługując się 100-calowym i dodatkowo 60-calowym teleskopem oraz interferometrem, uczeni przystąpili do końcowej fazy badań. Mogły one posuwać się szybciej, bo 29 maja 1919 r. Michelson przeniósł się na stałe z Chicago do Pasadeny. Interferometr, zastosowany przez Michelsona, zwiększył znacznie rozdzielczość 100-calowego teleskopu i pozwolił 13 grudnia 1919 r. zmierzyć średnicę kątową – Betelgeuse czerwonego olbrzyma. Pomiary, powtórzone jeszcze 23 grudnia 1920 r., potwierdziły się, zatem podano ich wyniki do publicznej wiadomości. Pierwszym, który z dumą obwieścił je całemu światu, był Michelson. Uczynił to na wspólnym posiedzeniu Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego i Amerykańskiego Stowarzyszenia dla Postępu Nauki. Wynik obliczeń był dla wielu naukowców i zwykłych ludzi dość szokujący. 30 grudnia 1920 r. *New York Times* pisał: „Olbrzymia gwiazda wielkości 27 000 000 naszych Słońc zmierzona przez Michelsona ... doniosły triumf nauki” [6].

Stosowanie metod interferometrii, zainicjowanych tą pracą w zakresie widzialnego pasma fal elektromagnetycznych na Ziemi, napotyka na przeszkody, których głównym źródłem jest atmosfera ziemska. Obecnie planuje się ominięcie tego typu problemów przez umieszczenie sondy kosmicznej na orbicie wokółsłonecznej. Projekt ten nosi nazwę Misja Interferometrii Kosmicznej (ang. SIM), a podstawowym przyrządem na jej pokładzie będzie interferometr optyczny Michelsona, oparty na 10-metrowej bazie. Planuje się mierzyć za pomocą tego przyrządu szerokości katowe z dokładnością do 4 mikrosekund łuku, a dla niektórych obiektów nawet zwiększyć dokładność do 1 mikrosekundy łuku [7]. Jak widać, przyrząd wynaleziony przez Michelsona nic a nic się nie zestarzał; wręcz przeciwnie, można powiedzieć, że przeżywa drugą młodość, ba, jest nadzieją astrofizyków i nazywa się go teleskopem przyszłości. Tenże interferometr pomógł Michelsonowi i Morleyowi nie tylko wykazać istnienie eteru, ale także dokładnie zmierzyć prędkość światła, precyzyjnie zdefiniować metr; wzorzec jednostki długości, i zmierzyć średnice bardzo odległych obiektów astronomicznych.

## VII. Czym prócz fizyki zajmował się Michelson i jak postrzegali go inni

A. A. Michelson był autorem około 75 artykułów i czterech książek. Jedną z nich, *Light Waves and their Uses* (Chicago 1903), wydano także po niemiecku w 1911 r., po rosyjsku w 1934 r. oraz w Londynie w 1912 r.

Za swoją pracę został uhonorowany licznymi medalami, otrzymał wiele doktoratów honorowych z całego świata. Pełnił zaszczytne funkcje w różnych instytucjach naukowych, np. od 1887 r. był wiceprzewodniczącym Amerykańskiego Stowarzyszenia dla Postępu Nauki, w 1900 r. został prezydentem Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, w latach 1910–1911 był przewodniczącym Amerykańskiego Stowarzyszenia dla Postępu Nauki, a od 1923 r. do 1927 r. przewodniczył Krajowej Akademii Nauk.

Był członkiem: Royal Astronomical Society, Royal Society of London, Optical Society, Académie Française oraz Rosyjskiej Akademii Nauk w Petersburgu.

Albert Michelson był przystojnym, zadbanym i eleganckim mężczyzną. Kochał muzykę, grał na skrzypcach, komponował utwory muzyczne. W towarzystwie był czarujący, ale nie on pierwszy nawiązywał kontakt. Podczas lunchu w Quadrangle Club przy Uniwersytecie w Chicago zawsze siedział sam i np. szkicował karykatury osób przy sąsiednich stolikach. Lubił również malować, szczególnie na plaży. Natomiast w pracy był człowiekiem bardzo surowym, zamkniętym w sobie, nigdy nie przechodził „na ty” nawet z najbliższymi współpracownikami. Nie lubił zajęć pedagogicznych, wołał laboratorium. Umiał okazywać życzliwość i pomoc, zawsze udawało mu się namówić do współpracy najlepszych specjalistów. Pod jego kierunkiem pracowali astronomowie G. E. Hale i E. P. Hubble oraz fizycy, późniejsi nobliści R. A. Millikan i A. H. Compton. Wolny czas wołał spędzać z dala od dużego towarzystwa. Lubił grać w szachy, brydża, bilard. Przez całe życie czuł się marynarzem, mając 65 lat zgłosił się do marynarki wojennej i chciał wziąć czynny udział w I wojnie światowej. Nie pozwolono mu walczyć na morzu, lecz przeniesiono go do rezerwy i przydzielono do biura intendenty. To właśnie wtedy udoskonalił swój projekt dalmierza, wynalazł przyrząd chroniący uszy marynarzy podczas strzałów artyleryjskich. Przeszedł w stan spoczynku dopiero po zakończeniu I wojny światowej, w randze komandora. Był bezkompromisowym patriotą, opowiadał się za równością wszystkich ludzi. Drugie imię, Abraham, przybrał po zabójstwie prezydenta Lincolna.

O rozległości jego zainteresowań niech świadczy fakt, że jest autorem pracy naukowej „O metalicznym zabarwieniu ptaków i owadów”, którą zilustrował własnoręcznie wykonanymi rysunkami.

### **VIII. Dlaczego nigdy nie odwiedził rodzinnych stron mimo licznych podróży do Europy i jak Polacy zachowują pamięć o nim**

Michelson odbył w swoim życiu wiele podróży, w tym co najmniej osiem do Europy. Były to wyprawy zarówno służbowe, jak i turystyczno-wypoczynkowe. Jako marynarz świetnie znosił podróże, a jego pierwsza żona, Margaret Heminway, urodzona w Ameryce, ale wykształcona w Europie, chętnie do niej jeździła. W Berlinie urodziła nawet dziecko, córkę Elbę.

Podczas dłuższych, kilkumiesięcznych pobytów w Europie synowie Michelsona, Albert i Truman, chodzili do szkoły (np. w Paryżu). Podczas tych pobytów uczony zwiedzał z rodziną Anglię, Francję, Niemcy, Szwajcarię, Danię, Szwecję czy Włochy, ale nigdy nie odwiedził rodzinnych stron, chociaż np. z Berlina do Strzelna miał kolejowe połączenie przez Poznań (około 250 km). Nie wiadomo, dlaczego tak się działo – zaniechanie takiej „sentymentalnej podróży” świadczyłoby o tym, że świat jego rodziców i dziadków zupełnie go nie interesował. Z drugiej strony wiadomo jednak, że rodzinne strony go interesowały, nigdy nie zapomniał o tym, że urodził się w Polsce i że tam są jego korzenie. Dorothy Michelson Livingston w napisanej przez siebie biografii ojca opisuje wydarzenie z 1920 r. Kiedy Michelson dowiedział się, że jego studentem jest Polak Stanisław Chyliński, kazał go przywołać do siebie, a podczas rozmowy wspominał swoją matkę, Strzelno, gdzie się urodził, i powiedział Chylińskiemu, że jego matka przyszła na świat w odległości 30 mil od miejsca urodzenia Chylińskiego. Ich spotkania, połączone z rozmowami o kraju rodzinnym i grą w szachy, odbywały się później bardzo regularnie, dwa razy w tygodniu. Chyliński wspomina, że kiedy przychodził po niego asystent Michelsona Fred Pearson, to prośbę uczonemu traktował jak rozkaz, rzucał wszystko i szedł, tak miłe były to spotkania.

Polacy, a szczególnie mieszkańcy Strzelna pamiętają o swoim wielkim rodaku, niejednokrotnie dając temu dowody. 4 września 1963 r. w Strzelnie odbyło się odsłonięcie tablicy pamiątkowej na budynku przy Rynku 15. Tablicę wmurowano z inicjatywy Polskiego Towarzystwa Fizycznego, a stroną organizacyjną tego przedsięwzięcia zajął się Oddział Toruński PTF pod kierunkiem prof. Aleksandra Jabłońskiego, ówczesnego dyrektora Instytutu Fizyki UMK w Toruniu. Uroczystość zaszczyciła obecnością córka Michelsona – Dorothy Michelson Stewens.

Zamieszczone poniżej zdjęcie (jedno z wielu) pochodzi z tej uroczystości. Przeleżały one w szufladzie ponad 40 lat i tylko dzięki prof. Józefowi Szudemu zachowały się do tych czasów, by ujrzeć światło dzienne. Serdecznie za to Panu Profesorowi – my, mieszkańcy Strzelna – dziękujemy, bo są to jedyne zdjęcia z tej uroczystości.



Jesienią 1995 r. rozpoczęto starania o nadanie imienia A. A. Michelsona Szkole Podstawowej nr 2 w Strzelnie. Ta podniosła uroczystość odbyła się 24 maja 1999 r. 25 listopada 2000 r. w gmachu LO w Strzelnie miała miejsce promocja książki K. Chudzińskiego i T. Kardasia *Noblista ze Strzelna*, wydanej przez Towarzystwo Miłośników Miasta Strzelna. Promocja połączona była z wystawą poświęconą Michelsonowi i częścią artystyczną, przygotowaną przez miejscowych twórców, a wykonaną przez uczniów strzeleńskich szkół. Odegrano utwory autorstwa miejscowych twórców i A. A. Michelsona. Tak, tak, wykonano na fortepianie kołysankę, którą Michelson napisał dla swojej córki Dorothy (Dody). Uroczystość zaszczytli swoją obecnością profesorowie: Andrzej Bielski, Jan Hanasz, Andrzej Woszczyk.

O swoim rodaku pamięta nie tylko Strzelno, ale również całe polskie środowisko naukowe. W Będlewie pod Poznaniem w dniach od 4 do 11 sierpnia 2002 r. odbyła się międzynarodowa konferencja z okazji 150. rocznicy urodzin Michelsona, zorganizowana przez łódzkie środowisko naukowe po kierunkiem prof. Juliana Ławrynowicza.

W konferencji wzięło udział 67 naukowców z całego świata, od Japonii po USA. Znaczna część uczestników tej konferencji odwiedziła Strzelno. Zamieszczone poniżej zdjęcie przedstawia ich pod wspomnianą tablicą pamiątkową na rynku. W ostatnim czasie strzeleńska Szkoła Podstawowa im. A. A. Michelsona przy naszej pomocy nawiązała współpracę ze szkołą podstawową, do której chodził Michelson w Murphy w Stanach Zjednoczonych. Dzięki temu możemy zaprezentować fotografię zabytkowego budynku szkoły, w którym uczył się Michelson, a obecnie znajduje się w nim przedszkole i odbywają się zajęcia pozalekcyjne.



Od lewej stoją:  
Tomasz Kardas, student z UL, student z UL, Natalia Zorii z Kijowa, Franco Selleri z Bari, Anatol Odziejewicz z Białegostoku (?), Harvey R. Brown z Oxfordu, Claude Surry z Font Romeu, Jozef Szudy z Torunia, Jakub Rembielinski z Łodzi, Jose de Jesus Guzman z Cuautitlan Izcalli, Akira Handa z Tokio, student z UL, Roman S. Ingarden z Torunia, Leszek Wołczak z Łodzi.

Fizycy przed tablicą pamiątkową



Szkoła Michelsona w Murphys Camp  
(zdjęcie dzięki uprzejmości dyrekcji szkoły)

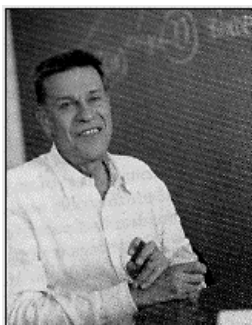
### Literatura

- [1] A. K. Wróblewski, *Prawdy i mity w fizyce*, Warszawa 1987
- [2] D. Michelson Livingston, Sprawozdanie z działalności Morskiego Instytutu Stanów Zjednoczonych, sierpień 1969, nr 798, tom 95, nr 8
- [3] R.S. Shankland, *Rozmowy z Einsteinem*, Fizyka w Szkole, nr 2, 1979.
- [4] M. von Laue, *Historia fizyki*, PWN, Warszawa 1960
- [5] R. M. Friedman, *Americans As Candidates For The Nobel Prize: The Swedish Perspective, The Michelson Era in American Science 1970–1930*, New York 1988
- [6] B. Jaffe, *Albert Michelson*, WP, Warszawa 1964
- [7] K. Rochowicz, Interferometria kosmiczna, czyli astrofizyka obserwacyjna, wkracza w XXI wiek, *Urania – Postępy Astronomii*, nr 2, 2000



## Noblista Pierre-Gilles de Gennes o nauczaniu

Na podstawie wywiadu George'a Morrisona i Etienne Guyon



W *Europhysic News* (34/4, July/August 2003) Pierre-Gilles de Gennes, francuski noblista z roku 1991, wyowiada się, zresztą po raz kolejny (patrz *Foton* 17, marzec 1993) na temat nauczania fizyki. Czyni ciekawą uwagę o łacińskiej tradycji nauczania, do której przecież i my należymy. Oto co mówi w odniesieniu do pytania dotyczącego przygotowania eksperymentalnego uczniów szkół średnich:

„Należy tutaj odróżnić sytuację panującą w krajach łacińskich od sytuacji w krajach północnych. Kraje łacińskie charakteryzują się od czasów starożytnych, prawdopodobnie od czasów Imperium Rzymskiego, taką formą edukacji, w której najpierw definiuje się zasady, następnie przechodzi się do praw ogólnych, teorii, a na samym końcu procesu nauczania wspomina się o kilku zaledwie zastosowaniach. Dotyczy to nie tylko nauki, lecz wszystkich innych dziedzin. Dlaczego to «my» mieliśmy rewolucję francuską? Wynikało to właśnie z naszego typowego teoretycznego podejścia, podczas gdy Brytyjczycy w tym samym czasie przechodzili rewolucję przemysłową. Łacińska tradycja nauczania jest źródłem naszej wewnętrznej słabości”.

Pierre-Gilles de Gennes uważa, że spadek liczby studentów fizyki, chemii i inżynierii jest rezultatem stosunku opinii publicznej do samej nauki. Oto, co mówi:

„Jestem tym zmartwiony [spadkiem liczby studentów]. Młodzi ludzie w czasie podejmowania decyzji o wyborze kierunku kształcenia w szkole średniej podlegają silnym wpływom tego, co widzą i słyszą. A to, co widzą, to krytyka nauki. Ruch ekologiczny, w dużej mierze kształtowany przez nauczycieli szkół podstawowych i średnich, wpływa na to, w jaki sposób nasze dzieci postrzegają na przykład chemię: jako coś bardzo agresywnego, niebezpiecznego, wybuchowego, trującego itp. Opinia publiczna nie dostrzega rzeczywistych problemów i celów nauki.

Przykładem, jakiego zwykle używam, jest szkło. Dla francuskiej opinii publicznej szkło stanowi jeden z najbardziej czystych i pięknych produktów natury. Jeśli natomiast spojrzeć na suche fakty, to do wytwarzania szkła zużywa się o wiele więcej energii niż do produkcji plastiku. Dodatkowo klasyczna fabryka szkła posiada olbrzymi piec, w którym w celu wytworzenia wysokiej temperatury spala

się naftę oczyszczoną. W wyniku spalania wytwarzane są tony tlenków azotu. To właśnie tlenki azotu zatrują dolną nizinę Sekwany od 50 lat. Lecz opinia publiczna tego nie dostrzega.

Rozsądną reakcją nie jest w tym wypadku powiedzenie: «Ponieważ dowiedziałem się, że szkło jest złe, więc nie będę go kupował». Prawidłową reakcją jest zastanowienie się nad tym, jak można ulepszyć proces produkcji szkła. W tym konkretnym przypadku rozwiązanie zostało znalezione dzięki wspólnym wysiłkom fizyków i chemików, którzy opracowali nowoczesną i tanią metodę rozdzielania tlenu od azotu. Zmienia to całkowicie przyszłość fabryk szkła. W celu poprawienia sytuacji należało więc zastosować naukę, a nie zrezygnować z jej rozwiązań”.

Pierre-Gilles de Gennes zauważa, iż spadł poziom nauczania w szkołach:

„Na inny czynnik wskazują nauczyciele uczący przyszłych studentów podstaw matematyki i (w tzw. szkołach przygotowawczych) tuż przed ich wstąpieniem na nasz uniwersytet. Ich zdaniem francuski poziom nauczania obniżył się i obecnie, około 10 lat od zapoczątkowania tego procesu, studenci na tym samym nominalnym poziomie są opóźnieni o rok w stosunku do swoich poprzedników”.

Pierre-Gilles de Gennes zwraca uwagę na wykształcenie nauczycieli:

„Nauczyciele są kształceni w specjalnych jednostkach, tzw. IUFM (*Institut Universitaire de Formation des Maitres*), w których część czasu poświęcona fizyce jest znikoma. Duży nacisk kładzie się natomiast na coś, co nazywa się dydaktyką, a co jest edukacją czysto formalną, do której dodaje się nieco psychologii pracy grupowej i tym podobne. Wypadkowy efekt jest fatalny!”

Z faktów optymistycznych Pierre-Gilles de Gennes przypomina akcję zapoczątkowaną przez innego francuskiego noblistę, Georges’a Charpaka:

„Mieliśmy we Francji piękną inicjatywę w szkołach podstawowych, zapoczątkowaną przez Georges’a Charpaka, której celem było pokazywanie nauczycielom i uczniom prostych doświadczeń, uczących obserwacji i eksperymentowania.”

Trzeci aspekt stanowi fakt, że nasza cywilizacja dorasta «przed ekranami». Dzieci spędzają w ten sposób dużo czasu, co sprawia, że stają się w pewnym sensie bardzo pasywne. Przed ekranem komputera otrzymują zbyt dużo informacji bez faktycznego «przetrawiania» ich. Sieć daje im ogromne możliwości znajdowania danych na każdy temat, ale ich reakcją jest przeskakiwanie od tematu do tematu bez wglębiania się w żaden z nich. Dużą zmianę stanowi to, że nie robią notatek, co prawdopodobnie jest przyczyną poważnego kryzysu”.

(opracowała KC)





## Dyfuzja i tworzenie się dendrytów

Jerzy Karczmarczuk

Zakład Informatyki, Uniwersytet w Caen, Francja

### 1. Wstęp

Wyobraźmy sobie następujące doświadczenie. W przestrzeni wypełnionej cieczą zawieszamy nieruchome, lepkie ziarenko zwane dalej jądrem, następnie w pewnej odległości od niego tworzymy drugie ziarenko, które może swobodnie się poruszać. Ten drugi punkt podlega ruchom Browna, „dyfunduje” losowo po całej przestrzeni, jak na poniższym rysunku na lewo. W końcu dotknie jądra, przykleja doń, nieruchomieje i powiększa jądro tworząc zlepek, agregat ziaren. Jeśli teraz uruchomimy kolejną i jeszcze parę tysięcy następnych dyfuzji, jak będzie ewoluował kształt rosnącego agregatu? Czytelnik, który by nie widział rozwiązania na poniższym rysunku mógłby podejrzewać, że jądro rośnie jak nieforemna, ale dosyć zwarta „buła”. Otóż nie, na prawym rysunku widzimy wyraźnie tworzenie się struktur filamentarnych, dendrytów (od greckiego *dendros*: drzewo).



Rys. 1. Próbkę losowej trajektorii i agregat wynikający z dyfuzji

Dlaczego tak się dzieje? Otóż jest to dość zrozumiałe, dyfundująca cząstka się zatrzyma, jeśli zahaczy o coś, a znacznie łatwiej jest zderzyć się z zewnętrzną „koroną”, niż przedostać się wąskimi kanałami blisko wyjściowego centrum. Można stwierdzić, że z grubsza 75% agregatu, jego centralna część, już nie ewoluuje, ustala się, a wzrost jest prawie wyłącznie peryferyjny.

Zajmiemy się symulacją komputerową zjawiska.

### 2. Symulacja poprzez „spacer pijaka”

Wystarczy dysponować sporą tablicą wypełnioną np. zerami i generatorem liczb losowych, który w pętli generuje jeden z czterech możliwych kierunków ruchu. W oparciu o ten wynik zwiększa się lub zmniejsza wartość współrzędnej  $x$  lub  $y$  dyfundującej cząstki, aż dotknie ona, tj. stanie się sąsiadem miejsca w tablicy zawierającego liczbę różną od zera. Wtedy element tablicy odpowiadający położeniu

cząstki, staje się np. równy 1, i rozpoczynamy nową generację. Dyfundująca cząstka zachowuje się jak półprzytomny obywatel, który ma gdzieś iść, ale zderza się z gęsto ustawionymi latarniami i po każdym zderzeniu zapomina poprzedni kierunek...

Możemy też nieco skomplikować tablicę, tak by różne fragmenty agregatu zawierały „wiek” (czas od przyklejenia) cząstki. Pozostaje ustalić warunki początkowe symulacji: cząstka może startować z dowolnego miejsca na zewnątrz koła zawierającego aktualny agregat. Program jest powolny, cząstka może się „wałęsać” dość długo, zanim dotrze do dendrytu. Można go przyspieszyć przez odrzucenie nieefektywnych trajektorii, jeśli cząstka oddali się nadmiernie, wtedy zamiast czekać, aż wróci, niszczymy ją, i zaczynamy nową dyfuzję, z mniejszej odległości.

Program można przyspieszyć także zauważając, że jeśli dyfundująca cząstka znajduje się daleko od dendrytu, musi i tak przebyć odpowiednio długą drogę, aby doń dotrzeć. Więc, zamiast losować małe kroczki, można od razu wygenerować nowy punkt daleko od aktualnej pozycji. Wybieramy odległość nieco mniejszą niż najmniejsza odległość cząstki od agregatu, a ponieważ dyfuzja jest z założenia izotropowa, kierunek „skoku” jest losowany równomiernie w przedziale  $[0, 2\pi)$  z dodatkowym warunkiem, żeby to był kierunek zbliżający cząstkę do jądra.

To już nie jest fizyka, ale dzięki temu podczas naszej symulacji dendryt rośnie w oczach. Ta optymalizacja jest typowym „komputerowym oszustwem”, zgodnym jednak, co należy podkreślić, z modelem zjawiska, tylko czas symulowany przestaje mieć cokolwiek wspólnego z czasem rzeczywistym. Wymaga to oczywiście obliczenia długości tego skoku, co też kosztuje, ale jeśli dysponujemy komputerem z dużą pamięcią, sporo obliczeń można zoptymalizować, tworząc np. specjalną tablicę zawierającą pozycje wszystkich cząstek agregatu.

Do czego nam ta symulacja może być potrzebna, dlaczego uznaliśmy to doświadczenie za ciekawe?

### 3. Dendryty w przyrodzie

Otóż dendryty są wszędzie i uniwersalność mechanizmów ich powstawania i ich własności topologiczne pozwalają je lepiej zrozumieć. Oczywiście trudno się doszukiwać wspólnych cech sieci dopływów rzecznych i struktury neuronu w mózgu, ale naprawdę wiele dość odległych od siebie zjawisk modeluje się zbliżoną matematyką. Oto kilka przykładów.



Rys. 2. Kilka przykładów rzeczywistych dendrytów

Od lewej mamy: wzrost bakterii na pożywce, tzw. figurę Hele-Shawa powstającą gdy do cienkiej warstwy lepkiej cieczy wtłoczy się trochę cieczy mniej lepkiej (albo gazu), wreszcie tzw. obrazek Lichtenberga: wyładowanie elektryczne w dielektryku. (Aktualnie dysponuje się lepszymi możliwościami technicznymi niż miał Lichtenberg (1742–1799), „pompuje się” np. kawałek szkła organicznego elektronami z akceleratora, aż do wybuchowego rozładowania. Naukowcy nadal pracują nad własnościami tych wyładowań, (ale przy okazji można sobie kupić taki kawałek pleksiglasu z malowniczym dendrytem jako pamiątkę turystyczną...). A środkowy obraz równie dobrze może przedstawiać osad resublimowanego metalu, np. magnezu, albo przekrój przez kawałek rafy koralowej. Wiele kryształów rośnie w ten sposób, a młody (lub niegdyś młody) chemik amator miał prawdopodobnie okazję zabawić się w „ogród chemiczny”: do słoika ze szkłem wodnym wrzucamy parę kryształów siarczanu miedzi, żelaza, manganu, czy kobaltu. Siarczany się rozpuszczają i reagują z krzemianem sodu tworząc nierozpuszczalną błonkę, która wskutek osmozy puchnie i w pewnym miejscu pęka, co powoduje wyładowanie siarczanu, „wystawienie palca” natychmiast utrwalonego powstaniem nowej błonki, itd. Tworzą się kolorowe formy zbliżone kształtem do koralu. Proponujemy także czytelnikowi oglądnięcie pod mocną lupą kłaczka sadzy, albo nalotu w zamrażalniku lodówki.

#### 4. Dlaczego taka zbieżność form?

Widzimy teraz dlaczego dendryty chemiczne mogą mieć coś *formalnie* wspólnego z iskrzeniem. Nowa odnoga drzewa w ogrodzie chemicznym jest najsłabsza, końce nowych odnóg będą pękać najłatwiej. Oczywiście zjawisko jest losowe, czasami pękają fragmenty starsze, ale statystycznie wynik sprzyja tworzeniu się form drzewiastych.

Iskry: pioruny, czy wyładowania Lichtenberga, są obszarami zjonizowanego, przewodzącego gazu, stanowią rodzaj elektrody. Jak wszyscy wiemy, o ile potencjał elektryczny elektrody jest stały, tak natężenie pola zależy od krzywizny powierzchni, największe jest w pobliżu ostrzy. Tam najłatwiej jest jonizować nowe obszary i rozszerzać iskrę-elektrodę o nowe odnogi.

Podobnie jest z figurami Hele-Shawa, tutaj trzeba przeanalizować zależność napięcia powierzchniowego, które ścisła wprowadzaną obcą kroplę, od lokalnej krzywizny powierzchni. Co do bakterii, Czytelnik zechce sam się zastanowić, wzięwszy pod uwagę, że bakterie muszą mieć pożywienie, a dodatkowo zatrują otoczenie, utrudniając tym samym rozmnażanie. Oczywiście najmłodsze pokolenie jest najbardziej agresywne...

Ale dlaczego to ma coś wspólnego ze „spacerem pijaka”? Otóż ma, tylko trudno nam tutaj wyłuszczyć wszystkie szczegóły. W skrócie: pole elektryczne, albo inne pola fizyczne (np. prędkość nieściśliwej cieczy, itp.) spełniają równanie

Laplace'a, w dwóch wymiarach:  $(\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2)V = 0$ . Można wykazać, że jeśli dla danego punktu  $(x,y)$  w przestrzeni na zewnątrz dendrytu zsumujemy wartości pola elektrycznego z punktów, do których dostajemy się wielokrotnie generując trajektorię losową, to wynik będzie równoważny rozwiązaniu równania Laplace'a. Tak też w niektórych problemach fizyki i techniki rozwiązujemy to równanie. Oto pożytek z symulowanych pijaków...

### 5. Fraktalny wymiar dendrytów

Opisany na początku niniejszego tekstu mechanizm zwany DLA (*Diffusion-Limited Aggregation*, agregacja ograniczona dyfuzją) został przeanalizowany dość niedawno, w 1981 przez T. A. Wittena i L. M. Sandera. Nie miejsce tu, aby omawiać wiele fascynujących szczegółów, ale nasza symulacja wystarczy, aby zmierzyć wymiar topologiczny powstałej figury. Co to jest ten wymiar? Wiemy, że żyjemy w przestrzeni trójwymiarowej, że „zwykły” obiekt materialny o określonej gęstości posiada masę, która z definicji gęstości jest proporcjonalna do jego objętości, a więc do  $r^3$ , gdzie  $r$  jest jakimś charakterystycznym rozmiarem liniowym, np. promieniem kulki, gdyby obiekt był z grubsza kulisty. W przestrzeni dwuwymiarowej objętość należy zastąpić polem powierzchni. Zwarta „buła” będzie miała wymiar równy 2. Natomiast cienka „nitka”, która by powstała, gdyby cząstki ją tworzące układały się jedna za drugą, bez gwałtownych zawrotów i samo-przecinań, posiadałaby wymiar równy 1. Charakterystyczną własnością byłaby długość nitki w funkcji liczby zawartych w niej cząstek.

Otóż możemy podczas symulacji DLA mierzyć zależność między promieniem (maksymalnym lub średnim) powstałego agregatu, a liczbą cząstek wchodzących w jego skład. Okazuje się, że ta zależność, w granicy dużej liczby cząstek wyraża się empiryczną formułą:  $N = const \cdot r^{1.7}$ . Taki ułamkowy wymiar zwykle bywa nazywany fraktalnym, jak większość Czytelników wie, i często bywa on niezmiennikiem, wynosi tyle samo dla bardzo różnych układów fizycznych. Mechanizm DLA w trzech wymiarach, który jest tak samo łatwy do symulacji jak dwuwymiarowy (tylko znacznie powolniejszy...) dostarcza wymiaru z grubsza równego 2.5.

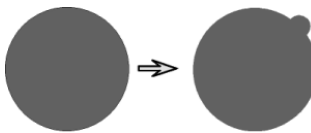
Nieco bardziej skomplikowany model, w którym cząstka może z pewnym prawdopodobieństwem „odmówić” przyklejenia się, i poruszać się nadal, dostarcza dendrytów bardziej gęstych i włochatych. Mają one większy wymiar fraktalny. Zależność tego wymiaru od „lepkości” cząstek też jest interesującym problemem fizycznym.

### 6. Model Hastingsa i Levitova

W 1998 r., M. B. Hastings i L. S. Levitov zauważyli, że rozwiązanie równania Laplace'a w dwóch wymiarach może wykorzystać znaną od *bardzo* dawna teorię

funkcji zmiennej zespolonej i tzw. transformacje konforemne na płaszczyźnie zespolonej.

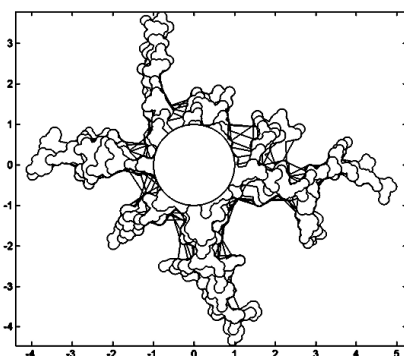
W skrócie: wyobraźmy sobie transformację geometryczną dysku jednostkowego, czyli obszaru zmiennej zespolonej  $z$  takiego, że  $|z| \leq 1$ :  $f_{r,\phi}(z)$  w dysk z „wystawionym palcem”, przedstawiony na rysunku obok.



Parametry  $(r, \phi)$  określają położenie i rozmiar odnogi,  $\phi$  będzie losowane,  $r$  zależne od generacji. Funkcja  $f$  pozwoli nam skonstruować *znacznie* bardziej złożoną funkcję, która transformuje okrąg jednostkowy w dendryt. Gdybyśmy znali tę niezmiernie skomplikowaną funkcję  $D(z)$ , która opisuje dendryt zawierający, powiedzmy,  $N$  cząstek, to  $D(f(z))$  opisałby dendryt z jedną cząstką więcej. Bierzemy więc komputer, zaczynamy od  $D_0(z)$  przedstawiającego dysk, zbiór punktów odległych nie więcej niż  $R$  od centrum, i iterujemy. Funkcja  $f$  nie jest nadmiernie skomplikowana, ale jest nieprzyjemna, na przykład  $f_{r,\phi}(z) = e^{i\phi} f_r(z) e^{-i\phi}$ , gdzie

$$f_r(z) = \sqrt{z} \left\{ (1+r) \frac{1+z}{2z} \left[ 1+z+z \sqrt{1 + \frac{1}{z^2} - \frac{2(1-r)}{z(1+r)}} \right] - 1 \right\}^{1/2}$$

(Dodatkowo, podczas iteracji należy przeskalowywać  $r$ , aby zachować poprawne proporcje). Oto początkowe narastanie warstw w tym modelu.



Programu generującego ten obrazek nie będziemy omawiać. Naszym celem było zauważenie, że dość abstrakcyjnie przedstawiana uczniom teoria zmiennej zespolonej znajduje czasami w fizyce nieoczekiwane zastosowania, a komputery pozwalają na operowanie funkcjami tak złożonymi, że nie sposób ich przedstawić na papierze, gdyż wynikają z wielokrotnych (czasami: setek tysięcy razy) iteracji.



## Minilaboratoria

*Henryk Szydłowski*

*Wydział Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza  
w Poznaniu*

### **MINILABORATORIA KOMPUTEROWE DO NAUCZANIA PRZEDMIOTÓW PRZYRODNICZYCH W SZKOLE**

#### **Po co komputer w przedmiotach przyrodniczych?**

Warunki nauczania przedmiotów przyrodniczych w szkole są bardzo trudne. Przez dwa lata nauczania gimnazjalnego i w liceach o wybranych profilach przeznaczają się na każdy z nich jedną godzinę tygodniowo, a przez jeden rok nawet dwie godziny. Nie lada sztuki wymaga zachęcenie uczniów do tego, by poważnie traktowali przedmiot nauczany w wymiarze jednej godziny tygodniowo. Wobec ogromu materiału zawartego w programie każda godzina jest „na wagę złota” i mimo pełnej świadomości, że pokazy oraz eksperymenty mają istotny wpływ na zwiększenie efektywności nauczania przedmiotów przyrodniczych, bardzo trudno nauczycielowi zdecydować się na wykonywanie czasochłonnych doświadczeń. Na jedno tradycyjne doświadczenie z kinematyki lub dynamiki oraz na nauczanie sztuki opracowania wyników pomiarowych trzeba by przeznaczyć aż dwie godziny lekcyjne, czyli pół miesiąca nauczania! W dodatku na lekcjach matematyki uczniowie nie opanują bardzo wielu umiejętności niezbędnych do zrozumienia przedmiotów przyrodniczych, np. umiejętności tworzenia i posługiwania się wykresami. Tak więc tradycyjny sposób eksperymentowania jest niewykonalny zarówno ze względu na czasochłonność jak i słabe wyposażenie szkół nawet w stary sprzęt i odczynniki. W szczególnie trudnej sytuacji są nauczyciele fizyki – dyscypliny niezbędnej do zrozumienia otaczającego nas świata, techniki i wielu innych dziedzin wiedzy, dyscypliny, dla której eksperyment jest źródłem wiedzy i kryterium prawdy, a matematyka – językiem.

Nowe możliwości w dziedzinie eksperymentowania otwiera wykorzystanie komputerowo wspomaganą technikę pomiarową, która w olbrzymiej większości szkół nie jest znana. Zastosowanie komputera pozwala wykonać tysiące bardzo dokładnych pomiarów w krótkim czasie trwania zjawiska, na przykład spadku swobodnego. W równie krótkim czasie pozwala wykonać bardzo złożone obliczenia i wykresy.

### **Czym są komputerowo wspomagane minilaboratoria**

Obecnie badania naukowe wykonuje się niemal wyłącznie za pomocą aparatury, w której komputery służą do sterowania, wykonywania pomiarów i obliczeń. W ślad za nauką idą zastosowania komputerów w przemyśle, handlu, medycynie, a nawet w naszych domach.

Istotę działania pomiarowego układu komputerowego najłatwiej zrozumieć na przykładzie pomiaru napięcia elektrycznego. Interfejs przetwarza analogowy sygnał napięcia na sygnał cyfrowy, „zrozumiały” dla komputera. Program komputerowy steruje pomiarami i zazwyczaj prezentuje wyniki pomiarowe na ekranie w postaci wykresu napięcia w funkcji czasu, podobnie jak na ekranie najlepszych oscyloskopów, a równocześnie przechowuje je w pamięci w postaci tabeli zawierającej tysiące kompletów wyników pomiarów: czasu i napięcia. Wyniki te są zamieszczone w uproszczonym arkuszu kalkulacyjnym, w którym można wykonać różnego rodzaju przekształcenia i obliczenia.

W przypadku pomiarów wielkości innych niż napięcie najpierw sygnał mierzony jest przetwarzany na napięcie przez odpowiednie przetworniki [1]. Na przykład potencjometr radiowy, zasilany ze źródła stałego napięcia, może spełniać funkcję przetwornika kąta lub współrzędnej położenia. Ale do pomiaru położenia można stosować również inne czujniki, na przykład ultradźwiękowe. Istnieją odpowiednie czujniki służące do przetwarzania dowolnej wielkości mierzonej w technice, fizyce, chemii, biologii, geografii czy medycynie na analogowy sygnał napięcia. Dodajmy jeszcze, że najprostsze interfejsy pozwalają na wykonanie równoczesnych pomiarów kilku wielkości. Zatem do wykonania dowolnych pomiarów przyrodniczych wystarczy jeden zestaw komputerowy, zaopatrzony w odpowiedni zestaw czujników i oprogramowanie. Cena minimalnego zestawu i oprogramowania jest tego samego rzędu co samego stanowiska komputerowego. Stanowisko takie, wyposażone w wideoprojektor, może posłużyć do prowadzenia lekcji dla całej klasy.

Niestety, daleko w tyle pozostaje zastosowanie komputerów w nauczaniu eksperymentu. Brakuje zrozumienia konieczności wykorzystania techniki informatycznej do eksperymentowania i nie widzi się stąd płynących korzyści dla nauczania. Poważną przeszkodą jest brak rzetelnej informacji na ten temat, przekonanie o bardzo wysokich kosztach i konieczności bardzo trudnego doszkolenia nauczycieli. Nasz program pilotażowy miał na celu między innymi przełamanie tych stereotypów.

### **Istota projektu pilotażowego**

W celu stworzenia warunków niezbędnych do wykorzystania komputerów do pomiarów wykonywanych w szkole profesorowie dr hab. Andrzej Maziewski z Uniwersytetu Białostockiego, Henryk Szydłowski z Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu i dr Józefina Turło z Uniwersytetu im. Mikołaja Kopernika w Toruniu

zapropowali tworzenie w szkołach komputerowo wspomaganym minilaboratoriów do nauczania przedmiotów przyrodniczych i w roku 2003 uzyskali grant Ministerstwa Edukacji Narodowej i Sportu przeznaczony na pilotażowe wdrożenie minilaboratoriów komputerowych w 30 szkołach ponadpodstawowych – po 10 w województwach: kujawsko-pomorskim, podlaskim i wielkopolskim. Dodać należy, że wymienione uczelnie już od wielu lat dysponują fizycznymi laboratoriami komputerowymi, w których studenci – przyszli nauczyciele – uczą się wykonywania komputerowo wspomaganym pomiarów, oraz dysponują wykwalifikowaną kadrą przygotowaną do prowadzenia tego typu zajęć. Zatem uczelnie te mogą stanowić bazę dla doskonalenia nauczycieli w nowej dla nich dziedzinie.

Nauczanie przedmiotów przyrodniczych z wykorzystaniem komputerowych minilaboratoriów wymaga:

- 1) wyposażenia szkół w niezbędny sprzęt i oprogramowanie;
- 2) przekazania nauczycielom specjalistycznej wiedzy i materiałów edukacyjnych, które powinny być aktualizowane przez ciągły kontakt z uczelniami;
- 3) wypracowania odpowiednich mechanizmów stymulujących realizację celu.

Projekt pilotażowy miał na celu rozpoczęcie spełniania wszystkich tych wymagań. Środki grantu były przeznaczone wyłącznie na realizację zadania 1. Szkoły, które wniosły własny wkład w postaci stanowiska komputerowego i lokalu, zostały wyposażone w:

- interfejs pomiarowy z przetwornikiem analogowo-cyfrowym,
- zestaw czujników pomiarowych, które przetwarzają sygnał mierzony na sygnał napięcia,
- program komputerowy do wykonywania pomiarów i przetwarzania wyników (obliczania i wykreślenia).

Byliśmy przygotowani do realizacji punktu 2 przez zorganizowanie kursów dla nauczycieli przedmiotów przyrodniczych i informatyki, zatrudnionych w szkołach objętych eksperymentem. Zamierzenia nie mogliśmy zrealizować z powodu bardzo poważnych opóźnień w realizacji projektu i braku środków na szkolenie nauczycieli. Po zakończeniu programu pilotażowego nadal myślimy nad realizacją zadania 3. Staramy się potrzebami szkół zainteresować władze oświatowe, a sami organizujemy nową edycję konkursu na komputerowo wspomagany eksperyment szkolny w przedmiotach przyrodniczych.

### **Wyniki**

Wynikiem naszej całorocznej pracy było zaopatrzenie współpracujących z nami szkół w minimum sprzętu: interfejsy Coach, pewną liczbę czujników niezbędnych do rozpoczęcia pracy oraz oprogramowania. Również uniwersytety zostały wyposażone w nowe interfejsy i nowe oprogramowanie, pozwalające na pracę w systemie Windows (dotąd posługiwaliśmy się systemem DOS). Na marginesie doda-



my, że nowe oprogramowanie Coach właściwie nie zmienia możliwości pomiarowych, a jego zaleta polega na możliwości wykorzystania nowszych generacji komputerów.

Niestety, nie mogliśmy zorganizować kursów dla nauczycieli. Mamy jednak nadzieję, że współpracowali z nami najlepsi, bo przyjęcie do programu było rozstrzygane na zasadzie konkursu i tylko aktywni nauczyciele z aktywnych szkół wzięli w nim udział. Szkoły zobowiązały się zorganizować kółko młodych przyrodników, którego członkowie będą mogli korzystać z nowego laboratorium. Owocem powinno być zdobycie doświadczenia oraz zrealizowanie konkretnych projektów doświadczalnych nauczycieli z uczniami w wyżej wymienionych minilaboratoriach.

Korzystając z możliwości zorganizowania konferencji dla nauczycieli uczestniczących w projekcie, opracowaliśmy materiały dla nauczyciela, które otrzymali uczestnicy i które są dostępne w Internecie [2]. Zawierają one przykłady zastosowań sprzętu do wykonywania konkretnych doświadczeń. Dodatkową mobilizację będzie stanowiło ogłoszenie nowego konkursu na komputerowo wspomaganego doświadczenia przyrodnicze. Przewidujemy, że projekty laureatów nowego konkursu udostępniemy w Internecie. Może pozytywne wyniki zachęcą Ministerstwo do kontynuowania rozpoczętej akcji tworzenia minilaboratoriów, które i tak w przyszłości powstaną, wymusi to postęp wiedzy i techniki.

### **Ku przyszłości**

Zestawy do komputerowo wspomaganym eksperymentów są bardzo uniwersalne i nie są drogie w porównaniu ze sprzętem tradycyjnym oraz ze sprzętem informatycznym (komputerami i urządzeniami peryferyjnymi). W programie pilotażowym zaproponowaliśmy tworzenie w szkołach komputerowych minilaboratoriów przyrodniczych, w których można wykonywać szybko i bardzo dokładnie wiele różnorodnych pomiarów przyrodniczych. Zapoczątkowane przez nas minilaboratoria są nie tylko bardzo tanie, ale równocześnie stanowią propozycję nowych rozwiązań organizacyjnych – tworzenia laboratoriów przyrodniczych, wspólnych dla kilku przedmiotów przyrodniczych. Inicjatywa taka powinna interesować władze oświatowe również z tego względu, że wobec małej liczby godzin przedmiotów przyrodniczych i przeciążenia nauczycieli utrzymanie oddzielnych „gabinetów”: fizycznych, chemicznych, biologicznych i geograficznych w dotychczasowej postaci jest bardzo trudne.

Jesteśmy przekonani, że wielu szkół nie stać nawet na skompletowanie tak skromnego wyposażenia. Z tego powodu proponujemy rozwiązanie jeszcze tańsze, choć mniej uniwersalne. Szkoły, a także niektórzy uczniowie w swych domach mają często dostęp do sprzętu komputerowego i do Internetu. Kosztem bardzo niskich nakładów finansowych przeznaczonych na zakup mikrofonów i kamer internetowych można ten sprzęt wykorzystać do wykonywania pouczających doś-

wiadczeń przyrodniczych. Do wykonania obliczeń można posłużyć się programami dostępnymi nieodpłatnie w Internecie. Doskonałe przykłady znajdujemy w materiałach konferencyjnych i pracach nadesłanych na konkurs [2].

Do wsparcia akcji tworzenia minilaboratoriów i kolejnych jej etapów tworzy się **Uczelnianą sieć doskonałości**, wspomagającą szkoły w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych (Uniwersytet w Białymstoku [2]). Może uda nam się pozyskać poparcie MENiS, władz samorządowych oraz patronat towarzystw naukowych – jest już deklaracja współpracy ze strony Polskiego Towarzystwa Fizycznego i Polskiego Towarzystwa Chemicznego.

Z dotychczasowych doświadczeń wiemy, że nie możemy liczyć na szybkie wdrożenie minilaboratoriów. Kiedy po raz pierwszy w Polsce tworzyliśmy dydaktyczne skomputeryzowane stanowisko pomiarowe [3], osobiście byłem przekonany, że rewolucja w nauczaniu eksperymentu na poziomie akademickim nastąpi w ciągu jednej dekady. Tak się nie stało, ale zmiany w tej dziedzinie są nieodwracalne, podobnie jak nieodwracalny jest potęg techniczny.

#### Źródła

- [1] H. Szydłowski (red), *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Naukowe UAM, Poznań 1997
- [2] <http://ifnt.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/konkurszokol.html>  
<http://physics.uwb.edu.pl/labfiz/>; <http://www.phys.uni.torun.pl>
- [3] H. Szydłowski, R. Smuszkiewicz, „Skomputeryzowane stanowisko do pomiaru przewodnictwa cieplnego...”, *Postępy Fizyki* 42 (3), 1991, str 335–341

---

---

## FUSION EXPO

### Kraków, 23 kwiecień – 9 maja 2004

**Fusion Expo** jest wystawą prezentującą osiągnięcia w dziedzinie uzyskiwania energii z syntezy jądrowej. Synteza jądrowa jest procesem wytwarzającym energię, zachodzącym nieprzerwanie we wnętrzu Słońca i innych gwiazd. Pod wpływem potężnych sił grawitacji oraz temperatur rzędu 10–15 mln.°C, panujących w jądrze słonecznym, następuje przemiana wodoru w hel a uwalniana w tym procesie energia jest wypromieniowywana w przestrzeń kosmiczną. Na Ziemi możemy realizować taką syntezę pomiędzy jądrami cięższych odmian (izotopów) wodoru. Potrzebne są tu jednak znacznie wyższe temperatury, rzędu 100 mln.°C, ze względu na brak tak wielkich sił grawitacji, jak we wnętrzu gwiazd.

W zbudowanym w Europie największym na świecie reaktorze JET uzyskano 16 MW mocy z syntezy jądrowej, a przyszły reaktor ITER ma osiągnąć moc ponad 400 MW ([www.ftj.agh.edu.pl/~lenda/fusion.pdf](http://www.ftj.agh.edu.pl/~lenda/fusion.pdf)).



## Nagrody Kobiety w Nauce UNESCO i L'Oreal

*Ewa Gudowska-Nowak*

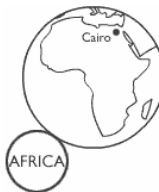
### Dla uznanych badaczek wysokie nagrody, dla młodych doktorantek pokaźne stypendia

Program „For Women in Science” został powołany przy współudziale UNESCO i koncernu chemiczno-kosmetycznego L'Oreal. Jego zadaniem jest promowanie uczestnictwa w badaniach podstawowych kobiet, pochodzących z różnych części globu. Ubiegłoroczna edycja nagrody, opisana w marcowym numerze magazynu *Physics Today* (patrz także <http://www.physicstoday.org>), przyznana została pięciu wybitnym fizyczkom o udokumentowanym dorobku.

W opisie motywacji utworzenia programu czytamy, że jest to „jedyna tego typu nagroda przyznawana wyłącznie kobietom w uznaniu ich wkładu w rozwój nauki i osiągnięć zawodowych wypracowanych w skrajnie różnych warunkach społecznych i ekonomicznych”. W istocie nagroda przyznana została naukowcom płci żeńskiej wywodzącym się z pięciu kontynentów, obywatelkom Egiptu, Chin, Argentyny, Turcji i Stanów Zjednoczonych. Jury konkursowe, prowadzone przez dwóch (męskich!) laureatów Nagrody Nobla, Christiana de Duve (laureata Nagrody Nobla w roku 1974 z zakresu medycyny) oraz Pierre-Gilles de Gennes'a (Nobel z fizyki, 1991), rozpatrzyło około 125 wniosków z 40 krajów świata. Postanowiono uhonorować przedstawione poniżej panie:



**Dr Karimat El-Sayed z Kairu**, profesor fizyki ciała stałego na Uniwersytecie Ain Shams. Większość jej dorobku dotyczy wpływu domieszkowania na zmianę własności fizycznych materiałów. Jest autorką prac omawiających proces zmian w półprzewodnikach w wyniku działania nań tlenu atmosferycznego. Zajmowała się badaniami nad formowaniem się pęknięć w foliach aluminiowych pod wpływem obecnych w nich zanieczyszczeń. Od kilku lat interesuje się też procesami sedymentacji i mineralizacji, jest autorką projektu badań dynamiki tworzenia się złogów i kamieni w organizmie ludzkim. Komentując przyznaną jej nagrodę, podkreśliła wagę tradycji i kultury społecznej na kształtowanie postaw, przyzwalających kobiecie na wykonywanie „niekobiecych zawodów”.





**Prof. Fang-Hua Li z Pekinu.** Specjalizowała się w dziedzinie mikroskopii elektronowej. Dla tej właśnie metody opracowała szereg numerycznych technik obrazowania i analizy danych, zwiększających precyzję otrzymywanej informacji i umożliwiających wizualizację badanych struktur. Jest uznanym wykładowcą, emerytowanym profesorem fizyki Chińskiej Akademii Nauk.



**Prof. Ayse Erzan z Politechniki w Istambule.** Jest fizykiem statystycznym, od lat pasjonuje się pochodzeniem struktur fraktalnych i praw skalowania w zjawiskach tak odległych, jak reakcje chemiczne, turbulencja, trzęsienie ziemi czy rozprzestrzenianie się chorób. Analiza tworzenia się kultur bakteryjnych, podobnie zresztą jak powstawanie wyładowań atmosferycznych, dają się opisać tym samym językiem matematycznym i, co za tym idzie, ich ewolucja czasowa i rozkłady przestrzenne rządzone są podobnymi prawami. Ayse Erzan opublikowała wiele prac dotyczących teorii „układów złożonych”, ostatnie dotyczą modeli ewolucji genetycznej i reprodukcji gatunków.



**Dr Mariana Weissmann,** pracująca na stanowisku niezależnego badacza (Senior Researcher) w argentyńskiej Komisji Energii Atomowej w Buenos Aires. Zajmuje się metodami numerycznymi i ich zastosowaniem w dziedzinie fizyki molekularnej i fizyki ciała stałego, kwantowo-mechanicznym opisem własności elektronowych ciał stałych i biomolekuł, komputerowym modelowaniem procesów klasteryzacji. W ostatnich latach pracuje nad domieszkowanymi silikonem fullerenami. Jest pierwszą kobietą wybraną na członka Argentyńskiej Akademii Nauk.



**Prof. Johanna Levelt Sengers,** Amerykanka, emerytowany pracownik National Institute of Standards and Technology. Pracowała nad termodynamiką płynów i mieszanin, specjalizując się w zjawiskach krytycznych zachodzących w parach roztworów organicznych i wody. Szczególną wagę mają jej prace poświęcone praktycznym zastosowaniom nietoksycznych roztworów superkrytycznych do przemysłowych procesów ekstrakcji i oczyszczania żywności.



Poza nagrodą (w wysokości 100 000 dolarów dla każdej nominowanej osoby), firma L’Oreal ufundowała też 15 stypendiów naukowo-badawczych (po 20 000 dolarów) dla „wyróżniających się talentem i determinacją” kobiet przygotowujących doktorat bądź starających się o posadę postdoca. Nagrody są do pełnej dyspozycji laureatek; mogą być wydane zarówno na badania naukowe jak i na cele prywatne. Aż pięć spośród nich trafiło do Polski (patrz niżej).

Cieszy fakt, że olbrzymi i zasobny koncern kosmetyczno-chemiczny wspiera badania podstawowe. Niewykluczone, że widzi też w tym swój interes, bowiem wiedza i wyniki badań laureatek konkursu mogą mieć praktyczne zastosowania w technologiach produkcyjnych koncernu.

Wszystkich zainteresowanych odsyłamy do strony internetowej L’Orealu:  
<http://www.loreal.com/loreal-women-in-science>.

### Polskie laureatki konkursu 2003



Dominika Nowis z Warszawy za pracę: *Zwiększanie skuteczności terapii fotodynamicznej in vitro i in vivo.*

Agnieszka Piwkowska z Gdańska za pracę: *Modulatory białek ABC i antymetabolity nad opanowaniem problemu oporności wielolekowej komórek nowotworowych.*



Maria Styczyńska z Warszawy za pracę: *Wpływ polimorfizmu genów apolipoproteiny E,  $\alpha 2$  makroglobuliny i katepsyny D na ryzyko zachorowania na chorobę Alzheimera.*

Alicja Józkowicz z Krakowa za pracę: *Rola ligandów PPAR $\gamma$  w angiogenezie.*



Dorota Słowińska-Klencka z Łodzi za pracę: *Badania nad optymalizacją wartości diagnostycznej biopsji aspiracyjnej cienkoigłowej tarczycy z uwzględnieniem wybranych metod cytometrycznych.*



## Matura z fizyki w 2005

Zofia Gołąb-Meyer

Środowisko fizyków, zarówno akademickich jak i nauczycieli, natychmiast ostro zareagowało na tzw. informator maturalny – fizyka 2005 (Zjazd Fizyków we wrześniu 2003 w Gdańsku – patrz strona internetowa Polskiego Towarzystwa Fizycznego).

Po sesji dydaktycznej na ten temat i zobowiązaniu na Zjeździe Zarządu Głównego PTF do interwencji w CKE, Zarząd Główny PTF z Komisją do Spraw Nauczania w Szkołach i Sekcją Nauczycielską przystąpił do działania. Wiele osób zaangażowało się. Dziękujemy wszystkim Państwu za nadesłane listy i uwagi.

W listopadzie dr Adam Smólski, redaktor naczelny *Fizyki w Szkole*, zorganizował spotkanie dyrektora CKE, dr Mieczysława Sawickiego i pracowników CKE, odpowiedzialnych za fizykę, z prezesem PTF, przedstawicielami władz PTF, a także z nauczycielami fizyki i autorami podręczników. Dr Sawicki musiał wysłuchać druzgocącej krytyki pod adresem informatora, i to zarówno części dotyczącej sformułowania wymagań, jak i zadań. Pełny raport z tego spotkania możecie Państwo przeczytać w *Fizyce w Szkole* nr 1, 2004, str. 34.

Dr Sawicki i jego pracownicy objaśnili, przed jakimi trudnościami stał zespół przygotowujący informator. Podobno zyskał on pozytywne recenzje anonimowych ekspertów. W efekcie dyskusji dr Sawicki zgodził się przyjąć pomoc PTF, to jest przygotowanie erraty do informatora.

PTF wyłonił zespół, który pod kierunkiem prof. A. Staruszkiewicza wykonał w ekspresowym tempie (do 3 stycznia 2004) gigantyczną pracę usunięcia najbardziej rażących błędów w zadaniach i niekonsystencji w wymaganiach. Punktem wyjścia była propozycja poprawy, dokonana przez Komisję PTF do Spraw Nauczania w Szkołach pod kierunkiem B. Sagnowskiej. Zachęcamy wszystkich do wejścia na stronę PTF i zaopatrzenia się w informator z korektą PTF.

Jak doniosła prasa, dyrektor M. Sawicki publicznie ogłosił, że CKE opublikuje poprawiony informator, zatem odnieśliśmy skromny sukces. Kompromitujące fizykę zadania zostaną wycofane.

Niestety, nie dzieje się dobrze w niektórych OKE. OKE organizują szkolenia dla nauczycieli. OKE Jaworzno – Pracownia Matur zorganizowała 14 listopada 2003 w WOM w Katowicach konferencję informacyjno-szkoleniową, na której zostały przedstawione przykłady zadań z fizyki. Na sześć przykładów tylko jeden jest poprawny: „Zapisz warunek (dlaczego nie: podaj?), który (jaki) musi spełnić wektor wypadkowej siły na ciało poruszające się ruchem jednostajnie zmiennym”.

Pozostałe pięć przykładów jest tak najeżone błędami, iż omawianie ich zajęłoby więcej miejsca niż cytowanie. Oto próbka:

- „Na którym moście: (nie ma rysunków, fotografii) wklęsłym, wypukłym, czy płaskim siła nacisku samochodu **na środek** mostu jest największa?”
- Jeśli już, to „na jakim moście?”
- „Wyznaczenie wartości kąta... potwierdza, że sygnał dotrze do Warszawy.”
- Potwierdzić, że sygnał dotrze, może tylko odbiorca sygnału. Wyznaczenie kąta nic nie potwierdza. Wybranie odpowiedniego kąta daje możliwość dotarcia sygnału...
- Nie ma czegoś takiego jak „siła ruchu łyżwiarza”, wymieniona w zadaniu.
- „Praca jest równa polu powierzchni zakreślonego przez drogę pod wykresem zależności  $F(s)$ ”!

Sformułowania są infantylne (a przecież są przeznaczone dla pełnoletnich maturzystów).

- „Jacek ciągnie sanki po śniegu”. „Przeanalizuj czy sygnał... wysłany z Lublina... dotarłby do Warszawy” (w zadaniu jest zupełnie nieważne, jaki jest punkt końcowy i początkowy).

Szkoda nam miejsca w *Fotonie* na cytowanie kiepskich zadań. Notatka przeznaczona jest dla tych, którzy zetknęli się z tymi zadaniami.

Przykład z łyżwiarzem jest skandaliczny, począwszy od tego, że jest nieprawidłowo użyte słowo „prędkość”. Długie zadanie jest wadliwie sformułowane praktycznie w całości. Zwięzłemu przykładowi z cyklem Carnota towarzyszy błędna odpowiedź. Przykład ze światłowodem przegadany i źle sformułowany. Przykład z samochodem na moście źle sformułowany i wbrew intencjom niezyciowy. Kto widział wklęsłe mosty o takiej krzywiźnie, że mogłoby to mieć wpływ na rzeczywistą siłę nacisku? Tymczasem łatwo wymyślić lepsze przykłady. Przykładowe uzasadnienie prawidłowej odpowiedzi zawiera niechlujne (błędne) rysunki. To, co autorzy nazywają równaniem ruchu, nie jest nim. Równanie ruchu to  $\vec{a} = \vec{F}/m$ . Przy zadanych siłach wylicza się  $\vec{v}(r)$  z równania ruchu. Autorzy wypisali równości.

Szanowni Czytelnicy, przecież fizyki nie uczymy po to, by uczeń pamiętał całe życie wzór na przyspieszenie dośrodkowe. Uczymy po to, by uczeń umiał się precyzyjnie wyrażać, używając języka fizyki i języka polskiego. By rozumiał związki przyczynowe i wyrażał je poprawnie. Tego przykładowe zadania nie uczą, i co gorsza, uczą niechlujstwa, braku ścisłości i odpowiedzialności za słowa.

Prosimy Czytelników, by byli krytyczni. Jak widać, musicie polegać na sobie. W razie potrzeby konsultacji można się zwracać do oddziałów PTF.



## KĄCIK ZADAŃ

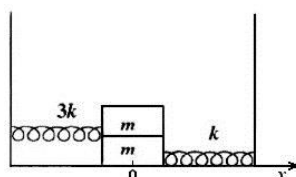
### Drgania

Z rubryki Borisa Korsunsky'ego

Zadania pochodzą z *The Physics Teacher – Physics Challenges for Teachers and Students*, styczeń 2004. Zachęcam do zapoznania się z zadaniami jak również ich rozwiązaniami, które publikowane są na naszej stronie za zgodą autora rubryki Borisa Korsunsky'ego i Redakcji *The Physics Teacher*.

#### Zadanie 1

Układ pokazany na rysunku znajduje się w stanie równowagi. Sprężyna po prawej stronie jest rozciągnięta o  $x_1$ . Współczynnik tarcia statycznego pomiędzy ciężarkami jest równy  $\mu_s$ , a tarcie pomiędzy dolnym ciężarkiem a podłożem można zaniedbać. Stałe sprężystości sprężyn wynoszą  $k$  i  $3k$  (patrz rys. 1). Obydwa ciężarki mają taką samą masę  $m$ . Proszę znaleźć maksymalną amplitudę drgań układu, przy której górny ciężarek nie będzie się ślizgał po powierzchni dolnego ciężarka.



Rys. 1

#### Rozwiązanie

Środek układu współrzędnych umiejscawiamy w punkcie O (patrz rys. 1). W stanie równowagi wypadkowa siła działająca na ciężarki wynosi zero. Jeśli ciężarki znajdują się w pozycji  $x$  na prawo od pozycji równowagowej, to siła wywierana przez sprężynę znajdującą się z prawej strony będzie miała wartość mniejszą o  $kx$  od wartości w stanie równowagi. Natomiast wartość siły wywieranej przez sprężynę z lewej strony będzie o  $3kx$  mniejsza (bardziej ujemna) od wartości w stanie równowagi. W związku z tym wartość wypadkowej siły działającej na ciężarki znajdujące się w punkcie  $x$  wynosi  $-4kx$ .

Stosując drugą zasadę dynamiki Newtona do układu dwu ciężarków, otrzymujemy:

$$-4kx = 2ma_x$$



Ta sama zasada zastosowana do dolnego ciężarka daje nam:

$$k(x_1 - x) - f = ma_x$$

gdzie  $f$  oznacza wartość siły tarcia.

Wyznaczając  $ma_x$  z pierwszego równania i wstawiając je do drugiego, otrzymujemy:

$$k(x_1 - x) - f = -2kx$$

Z powyższego równania wyliczamy wartość siły tarcia  $f$ . Wynosi ona:

$$f = k(x_1 + x)$$

Maksymalną wartością, jaką przyjmuje  $x$ , jest amplituda drgań  $A$ , natomiast maksymalna wartość siły tarcia wynosi  $\mu_s mg$ . Wobec tego:

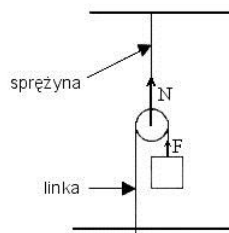
$$\mu_s mg = k(x_1 + A_{\max}).$$

Maksymalna amplituda drgań, przy której górny ciężarek nie ślizga się po powierzchni dolnego, wynosi więc:

$$A_{\max} = \frac{\mu_s mg}{k} - x_1$$

### Zadanie 2

Proszę znaleźć okres małych pionowych drgań, wykonywanych przez układ pokazany na rys. 2. Masa ciężarka wynosi  $m$ . Błoczek zamocowany jest do sufitu na sprężynie o stałej sprężystości  $k$ , natomiast ciężarek jest zawieszony na idealnej nierozciągliwej linie.



Rys. 2

### Rozwiązanie

Przesuwając ciężarek w dół o  $x$ , rozciągamy sprężynę o  $\frac{1}{2}x$ . Siła naciągu  $N$  będzie wobec tego równa  $\frac{1}{2}kx$ . To oznacza, że siła  $F$  działająca na ciężarek wynosi  $\frac{1}{4}kx$ . Standardowy wzór na okres drgań masy zawieszonyj na sprężynie daje w tym wypadku:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\frac{1}{4}k}} = 4\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

(tłum. KC)



## DOŚWIADCZENIE NA DESER

### **Model płuc**

*Krystyna Raczkowska-Tomczak  
Publiczne Gimnazjum nr 2 w Opolu*

Pragnę opisać doświadczenia podpatrzone na włoskim stoisku w czasie trwania Festiwalu Fizyka na Scenie 3, który odbył się w dniach 8–15 listopada 2003 r.

#### **Doświadczenie 1**

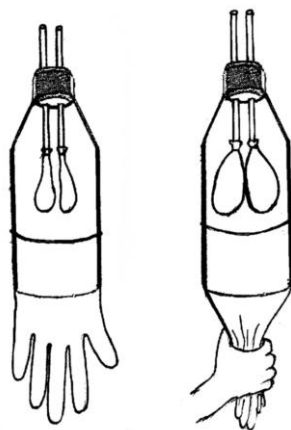
**Model płuc** (możliwy do zaprezentowania przez ucznia lub nauczyciela w każdych warunkach, nawet poza pracownią, na lekcjach przyrody, biologii czy fizyki, a nawet ku uciesze gości urodzinowych naszych dzieci)

Opis:

Na obciętą od dołu 2-litrową butelkę po napojach, wykonaną z twardego plastiku, nakładamy ciekłą gumową rękawicę, która będzie pełnić rolę przepony. Następnie dopasowujemy korek z dwoma otworami, w których umieszczamy dwie szklane rurki. Do końców rurek mocujemy dwa balony.

Zatykamy szczelnie butelkę korkiem, w taki sposób, aby balony przymocowane do rurek znalazły się w jej wnętrzu.

Demonstrujemy zasadę działania płuc: „wdech” – rękawica naciągnięta – płuca zwiększają swoją objętość; „wydech” – rękawica nienaciągnięta – płuca zmniejszają swoją objętość.





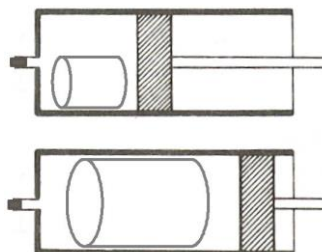
### Doświadczenie 2

Jest to inna wersja doświadczenia z „ptysiem” umieszczonym pod kloszem pompy próżniowej, opisanym w *Fotonie* nr 79, zima 2002, „Doświadczenia na deser”, s. 43–44.

Opis:

Do dużej strzykawki (50 lub 100 ml), dostępnej w Cezalach, wkładamy cukierek – piankę „JOJO”, które u nas produkuje „Goplana”.

Końcówkę strzykawki zatykamy palcem lub małym korkiem i przesuwając tłok strzykawki, obniżamy ciśnienie wokół pianki. Powietrze zawarte w „piance” powoduje znaczne zwiększenie jej objętości.



Doświadczenie to pozwala zilustrować, jak zachowa się nasz organizm w obszarze obniżonego ciśnienia.



## CZYTAMY PO ANGIELSKU

### 50 cycle hum

*From Ian Jacobs textbook*

*The Physical World, New House, 1996*

Carol plays in a band and listens to music whenever she can. She decides to investigate the behaviour of a horn speaker rated at 12 watts maximum input power and 8 ohms impedance. She connects it to a 2 volt AC power supply. The speaker hums quietly.

The current in the voice coil is given by

$$I = V/R$$

$$= 0.25 \text{ amps}$$

The input power is given by...

$$P = VI$$

$$= 0.5 \text{ watts}$$

Carol calculates that she can safely turn the power supply up to 10 volts without destroying the voice coil, but at 10 volts the speaker hums wildly. She turns the voltage down to 6 volts which gives a steady 50 cycle hum.

She now puts an AC digital current meter in series with the speaker. The current at 6 volts is 0.73 amps. Measuring the voltage across the power supply gives a value of 5.94 volts which is more accurate than the dial setting. The power supplied to the coil is

$$VI = 5.94 \times 0.73$$

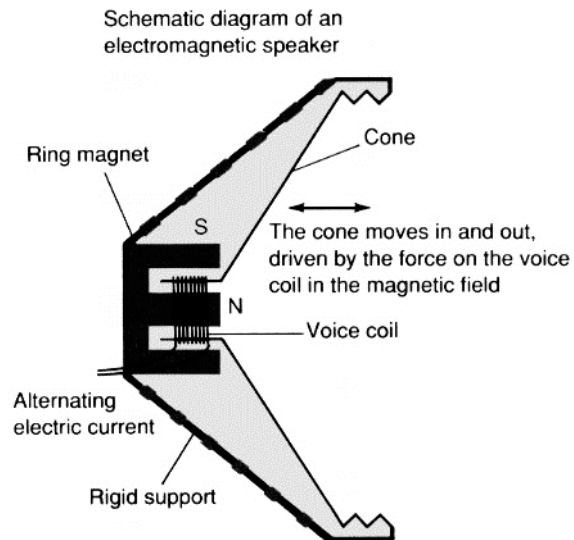
$$= 4.3 \text{ watts}$$

The hum is no louder than a person talking so she reasons that the power radiated as sound is less than one thousandth of a watt. Most of the input power must go into heating the coil!

She now has a friend turn the speaker through 180 degrees. She notices that the sound she hears is much the same at all positions because the wavelength of 50 cycle hum is 6.8 meters, much longer than the diameter of the horn.

Finally she borrows a signal generator and connects the speaker to a 12 kHz signal. It emits a nasty high-pitched whistle. The sound is much louder directly in front of the horn and drops off to the sides. She expected this because she calculated the wavelength of a 12 kHz whistle to be 2.8 cm (taking  $v$  as  $340 \text{ m s}^{-1}$ ), much smaller than the horn diameter.





• **Questions**

- 1 Show that at 10 volts the maximum recommended power input is only just exceeded.
- 2 Why is the hum distorted at this high power input?
- 3 Find the wavelengths of 50 Hz and 12 kHz sounds in air (speed  $340 \text{ m s}^{-1}$ ).
- 4 What are the two principal requirements for the material of a speaker cone?

**Dictionary:**

**hum** – brzęczeć, buczeć

**ring** – pierścień

**magnet** – magnes

**alternating electric current** – prąd zmienny

**rigid support** – sztywna podpora

**voice** – głos

**coil** – cewka

**cone** – stożek

**magnetic field** – pole magnetyczne



## Wykłady z fizyki na Uniwersytecie Trzeciego Wieku

*Jerzy Jarosz*

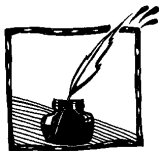
*Uniwersytet Śląski, Katowice*

W ciągu długiej, bo dwudziestoletniej już historii popularnonaukowych wykładów z fizyki, prowadzonych przez Zakład Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Śląskiego, wygłoszono tysiące wykładów otwartych dla wszystkich mieszkańców miasta, wykładów dla studentów, uczniów szkół wszystkich szczebli, a nawet dla przed-szkolaków. Wykłady, bogato ilustrowane dobrze dobranymi eksperymentami, w których często bezpośredni udział biorą słuchacze, muszą być dostosowane nie tylko do poziomu wiedzy, jaką posiadała już widownia, ale również do stopnia dojrzałości i wytrenowania umiejętności logicznego myślenia, właściwych dla określonej grupy wiekowej i społecznej.

Bardzo wdzięczną widownią okazali się słuchacze, a właściwie słuchaczki (panie stanowią przytłaczającą większość) wykładów na Uniwersytecie Trzeciego Wieku. Pierwsze wykłady z fizyki dla szacownej publiczności, przeprowadzone w ubiegłym roku akademickim, spotkały się z olbrzymim zainteresowaniem. Publiczność słuchała uważnie, chętnie brała udział w przeprowadzanych eksperymentach, a po zakończeniu wykładu, co nie zdarza się w innych grupach, słuchacze dyskutowali żywo treści wykładu i zadawali wiele pytań, bezpośrednio lub tylko luźno związanych z tematem. Okazuje się, że nie tylko historia sztuki, tajemnice kuchni, biografie wielkich ludzi i reportaże z wypraw geograficznych budzą zainteresowanie słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku. Przeprowadzone wykłady dotyczące mechaniki bryły sztywnej, zasad zachowania w fizyce, niskich temperatur czy przejść fazowych pokazały, że poznawanie praw fizyki, dostrzeganie ich poprzez analizę eksperymentu, zrozumienie zasad rządzących otaczającą nas rzeczywistością stanowią czystą przyjemność, do której, jak się wydaje, trzeba po prostu dojrzeć...



Wykład o niskich temperaturach dla Uniwersytetu Trzeciego Wieku w Domu Kultury w Oświęcimiu



## Wspomnienia ze 127 Konferencji Amerykańskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Fizyki w Madison

*Rafał Jakubowski*

*Gimnazjum Publiczne w Gorzycach Wielkich*



Kapitol stanu Wisconsin w Madison

127 letnia konferencja amerykańskich nauczycieli fizyki odbywała się od 2 do 6 sierpnia 2003 roku w Madison (<http://www.ci.madison.wi.us>), stolicy stanu Wisconsin w USA, pół godziny lotu na północ od Chicago.

Amerykańskie Stowarzyszenie Nauczycieli Fizyki (American Association of Physics Teachers – AAPT, <http://www.aapt.org>) co pół roku organizuje spotkania, letnie i zimowe. Tegoroczne zimowe odbywało się w styczniu w Miami Beach na Florydzie, letnie natomiast odbędzie się w Sacramento w Kalifornii. W 2005, światowym roku fizyki letnie spotkanie odbędzie się w New Haven na Uniwersytecie Yale w stanie Connecticut. Do Madison przybyło ponad 1200 uczestników nie tylko ze Stanów Zjednoczonych. Spotkałem fizyków z Danii, Chorwacji, Wielkiej Brytanii, Meksyku, Izraela, Rosji czy Finlandii. Choć spotkanie nazywa się krajowym to jednak coraz więcej jest w nim uczestników spoza USA. Prawie wszystkie szkolenia, warsztaty i pokazy odbywały się w przepięknym centrum konferencyjnym Monona Terrace Convention Centre zaprojektowanym przez Franka Wrighta (<http://www.mononaterace.com>).



Centrum konferencyjne Monona Terrace

Konferencja podzielona była na dwie części. Pierwsze dwa dni spotkania, w sobotę i niedzielę, były to płatne (od 20 do 120 dolarów) warsztaty, szkolenia i pokazy. Można było wybrać zajęcia spośród 54 zaproponowanych przez organizatorów. W tych dniach dużym zainteresowaniem cieszyły się dwudniowe warsztaty z demonstracjami ciekawych doświadczeń, zorganizowane przez stowarzyszenie PIRA (Physics Instructional Resource Association, <http://www.pira.nu>). Wśród demonstratorów spotkałem Vacka Miglusa, polskiego pochodzenia, który od wielu lat przygotowuje pokazy na spotkaniach AAPT i z którym rozmawiałem po polsku o jego i mojej pracy zawodowej.

Następne trzy dni były sesjami referatów. AAPT zaprosiło 93 osoby z referatami, 258 osób zgłosiło swoje referaty i 94 osoby przedstawiały prace podczas sesji plakatowych. Nowością dla mnie były sesje *crackerbarrels* ze szwedzkim stołem, podczas których uczestnicy rozmawiali na różnorodne tematy i delektowali się kuchnią regionalną.

Sesje referatów były podzielone na trzy grupy: sesje uroczyste, sesje plenarne, referaty kilku osób prezentujących dany temat przez 10–15 minut, zakończone dyskusją.

Referatom towarzyszyły: wystawa pomocy naukowych do nauczania fizyki oraz targi książek, programów i stron internetowych wspomagających nauczanie fizyki w USA. Ostatni dzień wystawy był dniem rozdawania książek przez wydawnictwa, dzięki czemu przywiozłem do Polski wspaniałe książki z astronomii, podstaw fizyki i *fizlety* z dołączonymi programami.

Swoje boksy w sali wystawy miały AAPT oraz APS (American Physical Society, <http://www.aps.org>), reklamujące nadchodzący światowy 2005 rok fizyki (<http://www.wyp2005.org>) oraz stronę internetową (<http://physicscentral.com>). Dużym zainteresowaniem cieszyło się stoisko WebAssign, płatnej strony internetowej, wspomagającej nauczanie różnych przedmiotów przez Internet (<http://www.webassign.net>). Kolega z Kanady powiedział mi, że jego szkoła płaci za użytkowanie tej strony i uczniowie mają dostęp do zadań zamieszczonych na WebAssign.

Podczas trwania wystawy miały miejsce sesje plakatowe, poranne i popołudniowe. Każdy uczestnik spotkania mógł pokazać, czym się zajmuje i interesuje. Obok sali wystaw prezentowane były prace z konkursu na najlepsze zdjęcia i filmy



dotyczące dydaktyki fizyki, ogłoszonego przez AAPT. Stowarzyszenie przeprowadziło także konkurs na najlepsze pomoce dydaktyczne – nagrody ufundował jeden z wystawców PASCO (<http://www.pasco.com>).

Codzienne sesje uroczyste i plenarne, na których występowali laureaci nagród, gromadziły po kilkaset osób. John Roeder, laureat nagrody „Doskonałość w nauczaniu fizyki w edukacji szkolnej” w swym wystąpieniu „Energia, podstawowa koncepcja w fizyce a wartości społeczne” omówił sposoby przedstawiania pojęcia energii na kursach fizyki. Laureatem nagrody „Doskonałość w nauczaniu uniwersyteckim” został Michael Zeilik z Uniwersytetu Nowy Meksyk. Nagrodę „Nauki ścisłe w pracach pisemnych dla dzieci” otrzymał Ron Miller za serię książek „Inne światy”, w których zabiera czytelników w podróż na Słońce, planety i inne ciała niebieskie od czasów pradawnych aż do dnia dzisiejszego.

Bardzo ciekawym dniem był wtorek z sesją uroczystą, plenarną, piknikiem i pokazem „Cuda fizyki”. Podczas popołudniowej sesji plenarnej wykład o budowie World Trade Center wygłosił Luis Prieto z Międzynarodowego Uniwersytetu na Florydzie. Na pikniku poznałem kolegę z Danii i profesora z Chicago, którzy stwierdzili, że spotkanie w Madison jest najciekawszą konferencją, w której uczestniczyli od ponad 20 lat.

Tuż po pikniku, o 19.30 zaczęły się „Cuda fizyki” – wspaniały show wykład-pokaz najciekawszych doświadczeń z fizyki, zaprezentowany przez Clinta Sprotta z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Stanu Wisconsin. Show trwający ponad dwie godziny obejrzało więcej niż 600 osób.



Clint Sprott

Swój pokaz profesor Sprott prezentuje szerokiej publiczności od 20 lat. To wielkie przedsięwzięcie można zobaczyć na stronie <http://sprott.physics.wisc.edu/wop.htm>. Teksty wszystkich referatów prezentowanych na letnich spotkaniach 2003 (a także referatów ze wcześniejszych spotkań, poczynając od roku 1997) dostępne są na stronie internetowej <http://psrc.aapt.org>.

e-mail: [rafaelj@poczta.fm](mailto:rafaelj@poczta.fm)



## Wycieczka do Dubnej

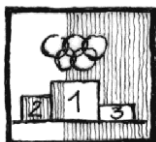
*Ewa Pater*

*I Liceum Ogólnokształcące z Oddziałami Integracyjnymi  
im. Mieszka I w Świnoujściu*

W ramach Programu Bogolubowa-Infelda (opisywanym już wcześniej w *Fotonie* 79, zima 2002) na wyprawę do Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej udała się kolejna grupa. Tym razem jej uczestnikami byli mieszkańcy Świnoujścia, Poznania, Leszna i Lublina. Kierownikiem edukacyjnej części Programu jest prof. Wojciech Nawrocik (UAM), kierownikiem części dotyczącej szkół – mgr Ewa Chmielowska, a sekretarzem Programu – dr Władysław Chmielowski. Są oni skłonni poprowadzić ewentualne następne wyprawy. Podczas pobytu w Dubnej uczestnicy mieli okazję poznać uczonych z całego świata, brać udział w seminariach, poznać organizację i strukturę, zapoznać się z historią, kierunkami badawczymi i osiągnięciami Instytutu oraz wziąć czynny udział w zajęciach laboratoryjnych. Jednym z kierunków badań prowadzonych w Dubnej jest poszukiwanie ciężkich pierwiastków o długim czasie życia. Zespół pod kierunkiem prof. Jurija Oganessjana w lipcu i sierpniu ub. roku uzyskał pierwiastek o liczbie atomowej 115, zderzając w cyklotronie jony wapnia z amerykiem. Nowy pierwiastek rozpadł się w 0,1 sekundy. W efekcie rozpadu powstało jądro pierwiastka 113, również wcześniej nieznanego, które żyło ponad sekundę. Potem następowała lawina kolejnych promieniotwórczych rozpadów – tak że 20 sekund później zostało już tylko jądro pierwiastka nr 105 (nazwanego dubninem). Ono zaś podzieliło się na dwa mniejsze fragmenty dopiero po 20 godzinach. Ten łańcuch długo żyjących izotopów, zapoczątkowany pierwiastkiem 115, świadczy o tym, że naukowcy z Dubnej znaleźli się blisko „wyspy stabilności”, a odkrycie długo żyjących izotopów dubninu otwiera szerokie możliwości badania jego właściwości chemicznych. Więcej informacji na ten temat można znaleźć na stronie <http://www.jinr.ru/publish/>.



Prof. Ryszard Wolski i doktorant mgr Grzegorz Kamiński z UJ z całą załogą programu na tle obrazu morza pierwiastków



## KONKURS **Konkurs WSiP**

### **Regulamin Ogólnopolskiego Konkursu pt.: *FASCYNUJĄCY ŚWIAT PRZYRODY* pod patronatem WSiP**

#### **Organizatorzy Konkursu**

1. Polskie Stowarzyszenie Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych
2. Pracownia Dydaktyki Fizyki Instytutu Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

#### **Uczestnicy**

Konkurs adresowany jest do uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych pod kierunkiem opiekunów – ich nauczycieli. Prace konkursowe oceniane będą w trzech grupach wiekowych:

- szkoła podstawowa (10-12 lat),
- gimnazjum, zasadnicza szkoła zawodowa (13-16 lat),
- liceum, technikum (17-19 lat).

#### **Warunki**

- Zgłoszone do konkursu prace powinny w możliwie pełny i pogładowy sposób przedstawiać piękno zjawisk przyrodniczych oraz uzasadniać możliwości ich wykorzystania do celów edukacyjnych.
- Prace jako główny element powinny zawierać fotografie zjawisk przyrodniczych (najwyżej trzy w zakresie tego samego tematu), opatrzone podpisami i krótkim opisem prezentowanych zjawisk. Dodatkowo mile widziane będą prace, zawierające obok fotografii elementy poezji, malarstwa, muzyki itp., dotyczące istoty prezentowanych zjawisk wraz z podaniem źródeł.
- Konkurs oceniany będzie w 2 głównych kategoriach:
  - obserwacje zjawisk naturalnie występujących w przyrodzie,
  - obserwacje zjawisk przygotowanych w warunkach laboratoryjnych.
- W konkursie uczniowie mogą brać udział indywidualnie lub zespołowo.
- Prace mogą być przesyłane indywidualnie przez uczniów lub nauczycieli. Każdy uczeń (zespół) może zgłosić do konkursu tylko jedną pracę w każdej z kategorii\*.

---

\* W celu wyłonienia najlepszych prac konkursowych proponujemy przeprowadzenie eliminacji wewnątrzszkolnych. Bardzo prosimy o krótką informację na temat przeprowadzonych eliminacji szkolnych (czy się odbyły, ile osób brało w nich udział, itd.).

- Uczniów szkoły podstawowej prosimy o przygotowanie odpowiedniej dokumentacji w postaci albumów (maksymalnie **6 stron**), natomiast uczniów szkół ponadpodstawowych prosimy o przesłanie prac wyłącznie w postaci prezentacji multimedialnych lub stron WWW, zapisanych na płycie CD.
- Prace powinny zawierać oryginalne fotografie wykonane przez uczniów dowolną techniką (kolorowe lub czarno-białe, przy użyciu aparatu tradycyjnego lub cyfrowego), które należy dołączyć do przesłanej pracy konkursowej.
- Fotografie powinny być opisane w następujący sposób: data wykonania fotografii, rodzaj użytego aparatu i parametry jego obiektywu oraz parametry ekspozycji wykonanego zdjęcia (czas ekspozycji, przesłona, czułość kliszy i inne).
- Do przygotowania prezentacji multimedialnych fotografie powinny zostać zeskanowane z rozdzielczością 300 dpi, a dźwięk nagrany w formie plików \*.wav.
- Prezentacje powinny na wstępie zawierać dokładne dane dotyczące szkoły i autorów prac konkursowych (adresy pocztowe i elektroniczne).
- Organizatorzy zastrzegają sobie prawo do zachowania i nieodpłatnego wykorzystania prac konkursowych. Prosimy uczestników Konkursu o zachowanie negatywów, slajdów prac lub CD-ROMów w przypadku prac wykonanych aparatem cyfrowym.

#### **Harmonogram Konkursu**

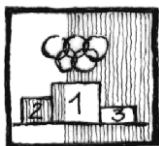
- Termin składania prac konkursowych upływa w dniu **20 czerwca 2004 r.** (decyduje data stempla pocztowego).
- Prace należy przesyłać pocztą na adres sekretarza konkursu (**dr Katarzyna Przegiętka, Pracownia Dydaktyki Fizyki, Instytut Fizyki UMK, ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń**).
- O wynikach Konkursu powiadomimy listownie lub e-mailem do dnia **10 sierpnia 2004 roku**, a oficjalnie zostaną one ogłoszone podczas XI Zjazdu PSNPP.

#### **Nagrody**

Najlepsze prace zostaną wyróżnione szeroką prezentacją podczas XI Zjazdu PSNPP (plakat, warsztat, wykład), publikacją w Biuletynie „Nauczanie Przedmiotów Przyrodniczych”, umieszczeniem na stronach internetowych Organizatorów oraz nagrodami rzeczowymi.

Regulamin Konkursu został opracowany przez dr Józefinę Turło i Dorotę Rutecką.

W celu uzyskania dodatkowych informacji dotyczących Konkursu można kontaktować się z dr Józefiną Turło (e-mail: jturlo@phys.uni.torun.pl).



## KONKURS

### **Komputerowo wspomagany eksperyment szkolny**

Kuratorium Oświaty w Poznaniu i Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu,  
Kuratorium Oświaty w Bydgoszczy i Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,  
Kuratorium Oświaty w Białymstoku i Uniwersytet w Białymstoku  
wraz z **Polskim Towarzystwem Fizycznym**

**ogłaszają drugą edycję konkursu pod nazwą:**

#### **KOMPUTEROWO WSPOMAGANY EKSPERYMENT SZKOLNY W PRZEDMIOTACH PRZYRODNICZYCH**

Konkurs adresowany jest głównie do nauczycieli i uczniów szkół uczestniczących w pilotażowym projekcie tworzenia przyrodniczych minilaboratoriów komputerowych (<http://labfiz.uwb.edu.pl/labfiz/siec/>). Jednakże Konkurs jest również otwarty dla uczestników z całej Polski.

**Przedmiot konkursu:** Przedmiotem Konkursu są doświadczenia, w którym komputer będzie zastosowany jako przyrząd pomiarowy oraz maszyna matematyczna do przetwarzania wyników tego doświadczenia. Doświadczenie może być przeznaczone dla dowolnego poziomu nauczania szkolnego. Można stosować dowolne ogólnodostępne oprogramowanie oraz sprzęt. Oczekujemy ciekawych, komputerowo wspomaganych doświadczeń, przygotowywanych przy użyciu:

- (i) specjalistycznego sprzętu i oprogramowania np. typu COACH;
- (ii) komputerów multimedialnych z dodatkowym wyposażeniem, np. kamerą, aparatem cyfrowym.
- (iii) Dodatkowo przedmiotem Konkursu może być opracowanie fragmentów programu nauczania przedmiotów przyrodniczych z wykorzystaniem komputerowo wspomaganych doświadczeń.

**Uczestnicy:** W Konkursie mogą uczestniczyć indywidualnie lub zespołowo uczniowie i nauczyciele, pracownicy szkoły wyższej, studenci. Uczniowie, którzy mają własne pomysły i chcieliby uczestniczyć w Konkursie, a nie mają możliwości technicznych, mogą skontaktować się z Konsultantami, których dane zamieszczono w Internecie, w celu uzyskania możliwości skorzystania z pracowni akademickich.

**Warunki:** Minimalne wymagania: Krótkie pisemne (do 2 stron) omówienie wykonanego doświadczenia, w tym zastosowanych materiałów, ze wskazaniem wykorzystania doświadczenia w nauczaniu szkolnym, oraz zobowiązanie do prezentacji doświadczenia. Mile widziane będą fotografie zestawu oraz wypowiedzi uczniów na temat korzyści wynikających z zastosowania komputera do realizacji przedstawionego tematu lekcji.

**Terminy:** Zgłoszenia: jak najszybciej; nie później niż 1 maja 2004 roku  
Przesłanie pisemnych omówień: 31 maja 2004 roku.

Prosimy o przesłanie opisu pocztą elektroniczną na adres przewodniczącego Konkursu lub pocztą zwykłą na dyskietce.

**Wyróżnienia:** Najlepsze prace wyróżnimy prezentacją w całości w Internecie, publikacją w materiałach drukowanych zredagowanych przez Komisję na podstawie nadesłanych materiałów oraz nagrodami rzeczowymi. O formie prezentacji prac zadecyduje Jury. Zgłoszenie udziału w Konkursie oznacza zgodę na upowszechnienie informacji o pozytywnie ocenionych pracach.

Informacje szczegółowe: <http://ifnt.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/konkurs3.html>

Za Komisję Konkursową Henryk Szydłowski



## FIZYKA W INTERNECIE

### **Moja Fizyka**

*Wojciech Dindorf*

Uprzejmie informuję, że od 2 lutego 2004 roku nauczyciele fizyki mają swoje pismo internetowe **Moja Fizyka** ([http://draco.uni.opole.pl/moja\\_fizyka](http://draco.uni.opole.pl/moja_fizyka)).

Pismo rodzi się bez funduszy. Rodzi się z woli Polskiego Towarzystwa Fizycznego (którym zawiaduje – prezes PTF prof. dr hab. Maciej Kolwas) oraz Uniwersytetu Opolskiego, kontynuatora emerytowanej WSP – którym jako rektor zawiaduje fizyk prof. dr hab. Józef Musielok. Przy takiej korzystnej konstelacji byłoby dziwne, gdyby coś twórczego nie powstało.

Zaglątajcie do MF codziennie, bo codziennie (albo prawie) znajdziecie coś nowego. Piszcie, a wszystko (albo prawie) opublikujemy – a to liczy się do awansu. Życzę sympatycznej przygody. Niech nas zjednoczy wspólnota zainteresowań i interesów!



## KOMUNIKAT

### **Przejście Wenus na tle tarczy Słońca Europejski Program VT-2004**

*Paweł Rudawy, Barbara Cader-Sroka*

8 czerwca 2004 roku można będzie obserwować ciekawe i bardzo rzadkie zjawisko astronomiczne – przejście planety Wenus na tle tarczy Słońca. Będzie ono widoczne z większości terenów Europy, Afryki i Azji.

Z tej okazji Europejskie Obserwatorium Południowe (European Southern Observatory, ESO), Europejskie Towarzystwo na Rzecz Edukacji Astronomicznej (European Association for Astronomy Education, EAAE), Instytut Mechaniki Nieba i Obliczania Efemeryd (Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides, IMCCE), Obserwatorium Paryskie Francji, Instytut Astronomiczny CAV oraz liczne instytucje naukowe i oświatowe z całej Europy organizują wielką akcję oświatową i popularyzatorską o nazwie **Program VT-2004**.

Celem **Programu VT-2004** jest zachęcenie szerokich kręgów społeczeństwa, a szczególnie młodzieży szkolnej i uniwersyteckiej, do wzięcia udziału w skoordynowanych pomiarach czasu przejścia Wenus na tle tarczy Słońca, co pozwoli powtórzyć pomiar jednej z podstawowych jednostek odległości stosowanych w astronomii – jednostki astronomicznej.

W Programie VT-2004 mogą aktywnie brać udział uczestnicy indywidualni (nauczyciele, uczniowie, studenci, astronomowie-amatorzy) oraz instytucje edukacyjne (szkoły, uniwersytety, planetaria, obserwatoria publiczne, centra nauki itp.). Organizatorzy Programu będą im dostarczać obszernych informacji o naukowych, technicznych, społecznych i historycznych aspektach tego rzadkiego zjawiska.

Strona internetowa: <http://www.astro.uni.wroc.pl/vt-2004.html>

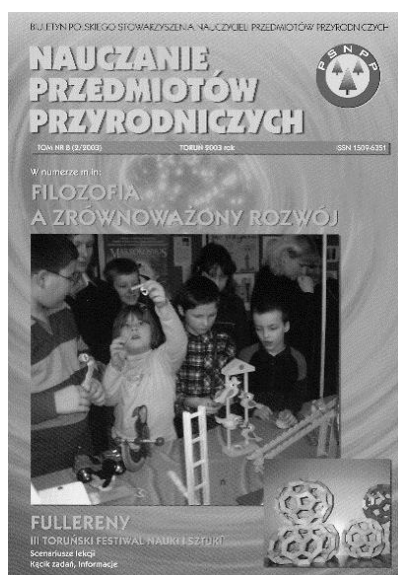
e-mail: [vt-2004@astro.uni.wroc.pl](mailto:vt-2004@astro.uni.wroc.pl)



## CO CZYTAĆ

Polecamy, książkę autorstwa Danuty Tokar, Bronisława Tokara, Jana Tokara *Fizyka w zadaniach doświadczalnych i w doświadczeniach*, Wydawnictwo Nowik, Opole 2002, str. 202 (recenzja Krzysztofa Tabaszewskiego, str. 53, *Fizyka w Szkole* nr 5, 2003).

Informujemy, że ukazały się kolejne zeszyty *Nauczanie przedmiotów przyrodniczych*, Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych. Temat wiodący Tomu Nr 8 – *Filozofia a zrównoważony rozwój*, Tomu Nr 9 – *Edukacja w środowisku*.



Patrz także str. 12.





## KOMUNIKATY REDAKCJI

### SPOTKANIA ŚRODOWE W IF UJ

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

Uprzejmie informujemy, iż w roku szkolnym 2003/2004 w **środy o 16<sup>00</sup>** w Instytucie Fizyki UJ odbywać się będą wykłady i pokazy dla młodzieży szkół średnich, jak również dla gimnazjów.

Tytuły i terminy można będzie znaleźć na stronie internetowej:

**<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>**

---

**31 III 2004** – dr Marek Gołąb, *Elektryczność* (dla licealistów)

**7 IV 2004** – dr Teresa Jaworska-Gołąb, *Fizyka w kuchni* (dla gimnazjalistów)

**14 IV 2004** – *Konkurs z fizyki dla gimnazjalistów*

**28 IV 2004** – *Uroczyste zakończenie konkursu z fizyki dla gimnazjalistów*

---

Pracownia Pokazów Fizycznych w IF UJ informuje, że może organizować płatne pokazy demonstracji fizycznych na uzgodnione ze szkołami tematy. Koszt pokazu rozkłada się na uczestniczące szkoły. Kontakt: **Pracownia Pokazów Fizycznych, dr Marek Gołąb, tel. 632-48-88 w. 5504.**

---

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

## Wizje czarnych dziur

