

Foton 81

LATO
2003

Pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów

INSTYTUT FIZYKI X UNIwersYTETU JAGIELLOŃSKIEGO
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



Afisz noblowski
Komputer na lekcjach
Historia pomiaru czasu
Pryzmat z galaretki



Masatoshi Koshiba
laureat Nagrody Nobla 2002 (po prawej)
w czasach szkolnych z młodszym bratem

Zdjęcie dzięki uprzejmości Biura Public Relations Uniwersytetu Tokio.

Na okładce afisz uczennicy Katarzyny Kubary



Wysokie loty

Wizyta moich byłych uczniów, sprzed dwudziestu lat, oraz udział w jury turnieju fizyki (patrz: kronika) skłoniły do refleksji. Sukcesy uczniów w rozmaitych konkursach, turniejach, olimpiadach nie spadają same z nieba. Wymagają ze strony nauczycieli ogromnej pracy, żeby nie rzec: wręcz poświęcenia. Tyleż samo pracy wymagają uczniowie „normalni”, przyszli lekarze, inżynierowie, bankowcy, a nawet muzycy i księża, by wyrobić w nich umiejętność logicznego myślenia, odpowiedniego oceniania argumentów, a kiedy trzeba – stosowania myślenia przyrodniczego. Obserwowanie dorosłych już uczniów daje mi satysfakcję, że to im się przydaje zarówno w ich karierze zawodowej, jak i po prostu w życiu.

O ileż lepsze niż Państwo miałam kiedyś warunki: mała klasa (24 osoby), 5 godzin fizyki na tydzień przez 4 lata. Oprócz przewidzianych programem lekcji dyskutowaliśmy problemy z historii nauki, filozofii, z techniki, rozwiązywaliśmy trudne otwarte zadania, spędzaliśmy wiele czasu w pracowni fizycznej, a wreszcie uczyliśmy się programować i używać komputera. Wszyscy byli zainteresowani, każdy znalazł coś interesującego i, jak się okazuje, przydatnego. Państwo stoicie naprzeciw, optymistycznie biorąc, paru entuzjastów oraz większości warczącej z niechęcią lub w najlepszym wypadku, z obojętnością na fizykę. Brakuje przeciętnych uczniów z umiarkowanym zainteresowaniem do fizyki. Na kim się zatem koncentrować? Jak to zrobić, by niechętną grupę ożywić i coś z niej wykrzesać, nie tracąc przy tym pereł, soli ziemi? Jak to robić, gdy się ma 1 godzinę na tydzień? Przyznam, że jestem bezradna, nie wiem. Podziwiam tych cudotwórców, którzy to potrafią.

W oferowanym zeszycie zamieszczamy raporty z rozmaitych konkursów. Cieszy duża liczba naprawdę doskonałych laureatów. Może uda się Państwu pójść w ślady kolegów nauczycieli i również wyhodować sobie mistrzów w fizyce czy zorganizować lokalną imprezę „Fizyka na Scenie”.

Zeszyt zawiera artykuły popularyzujące, gotowe do wykorzystywania przez uczniów o bardzo rozmaitych zainteresowaniach. Zachęcamy do lektury artykułu nowego członka redakcji Jerzego Karczmarczuka pt. „Fizyka w szkole i komputery”. Jest to początek serii. Tylko u nas Państwo znajdziecie taki materiał, który pomoże zarówno wejść w temat początkującym, jak i zaawansowanym poszerzyć swoje możliwości. Kącik eksperymentatora jest wakacyjny, warto wypróbować działanie pryzmatu z galaretki. Zadania są tym razem dla dociekliwych, dbajmy, by się najlepsi uczniowie nie nudzili, trzeba im rzucać wyzwania! Proszę polecić im zadania Borysa Korsunsky'ego (TPT), dostępne na stronie internetowej *Fotonu* dzięki uprzejmości Redakcji *The Physics Teacher*.

ZG-M



Contents

High-fliers	
<i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
A short chronicle of timekeeping: from sundial to atomic clock	
<i>Jarosław Koperski</i>	4
Quantum computers	
<i>Szymon Pustelny</i>	16
Physics againts shoplifting	
<i>Andrzej Sitarz</i>	24
Physics and computers at school	
<i>Jerzy Karczmarczyk</i>	26
Marian Smoluchowski's views on physics education – seen after the century	
<i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	32
Why do we have stereoscopic vision?	
<i>Sławomir Brzezowski</i>	37
Textbook review. Warning.	
<i>Witold Zawadzki</i>	42
Problems. A conducting pipe – the energy balance	
<i>Sławomir Brzezowski</i>	44
Reading in English. Quantum computers.....	48
After-dinner experiments. Gelatin lenses, prism	
<i>Witold Zawadzki</i>	49
Physics in the Internet.....	50
What to read.....	51
XV Autumn „School of Physics Educations” Borowice	
<i>Urszula Mięśok</i>	53
The International Young Physicists' Tournament (IYPT) 2003	
<i>Andrzej Nadolny</i>	55
Chronicle. Physics on Stage in Tarnów	
<i>Marek Lipiński</i>	57
Communication. Youth Section of the Polish Physical Society.....	60
Communication. The 2 nd Regional Competition for Junior High Schools in Physics	
and Astronomy, 2002/2003.....	61
Communication. Results of the contest on the Nobel Prize 2002 posters.....	62
Editorial News.....	65



Spis treści

Wysokie loty <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
Krótką historią pomiaru czasu, czyli od zegara słonecznego do zegara atomowego <i>Jarosław Koperski</i>	4
Komputery kwantowe <i>Szymon Pustelny</i>	16
Fizyka przeciw złodziejom sklepowym i bibliotecznym <i>Andrzej Sitarz</i>	24
Fizyka w szkole i komputery <i>Jerzy Karczmarczuk</i>	26
Poglądy Mariana Smoluchowskiego na nauczanie fizyki z perspektywy stulecia <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	32
Dlaczego widzimy trójwymiarowo? <i>Sławomir Brzezowski</i>	37
Recenzja. Ostrożnie z prezentami (o przewodniku dla nauczycieli) <i>Witold Zawadzki</i>	42
Kącik zadań. Rura przewodząca prąd – bilans energii <i>Sławomir Brzezowski</i>	44
Czytamy po angielsku. Quantum computers.....	48
Doświadczenie na deser. Konstruowanie elementów optycznych z żelatyny <i>Witold Zawadzki</i>	49
Fizyka w Internecie.....	50
Co czytać.....	51
XV Jesienna Szkoła „Problemy Dydaktyki Fizyki”, Borowice <i>Urszula Mięśok</i>	53
Turniej Młodych Fizyków 2003 <i>Andrzej Nadolny</i>	55
Kronika. Fizyka na Scenie w Tarnowie <i>Marek Lipiński</i>	57
Komunikat. Sekcja Młodych Polskiego Towarzystwa Fizycznego.....	60
Komunikat. II Małopolski Konkurs z Fizyki i Astronomii dla Gimnazjalistów w roku szkolnym 2002/2003.....	61
Komunikat. Rozstrzygnięcie konkursu na afisz noblowski.....	62
Komunikaty Redakcji.....	65



Krótką historia pomiaru czasu, czyli od zegara słonecznego do zegara atomowego¹

Jarosław Koperski

Instytut Fizyki UJ

Streszczenie

Przełom tysiącleci może skłaniać każdego z nas do refleksji nad upływającym *czasem*. Artykuł pokazuje inwencję rodzaju ludzkiego w dziedzinie mierzenia tej wielkości fizycznej. Począwszy od zegarów słonecznych, starożytnych zegarów wodnych, przez zegary mechaniczne, zegary kwarcowe, aż po zegary atomowe – wszystkie przytaczane przykłady są efektem niezwykłej pasji człowieka w dążeniu do jak największej precyzji pomiaru.

... czym zatem jest czas?

Gdy nikt mnie o to nie pyta, wiem czym czas jest;

gdy zaś chcę pytającemu wytłumaczyć – gubię się...

Św. Augustyn, ok. 400 r. n.e.

Wprowadzenie

Przełom tysiącleci daje fizykwowi okazję do prześledzenia sposobów, jakich używał człowiek do mierzenia *czasu*. Do sposobów tych zaliczają się zarówno te najprostsze, wykorzystujące np. ruch Słońca po nieboskłonie, jak i te bardzo złożone, których zastosowanie wymagało rozwoju wiedzy, głębokiego poznania i wykozystania zjawisk mikroświata.

Pytanie, które pojawia się na wstępie: „co to jest czas?”², jest oczywiste.

Czas możemy zdefiniować jako porządek wydarzeń lub jako jeden z elementów czterowymiarowej geometrii czasoprzestrzeni. Inna definicja określa *czas* jako wielkość mierzona przez zegar³. Bezsporne jest, że *czas* jest *wielkością fizycz-*

¹ Na podstawie wykładu habilitacyjnego wygłoszonego pod tym samym tytułem dnia 7 marca 2002 roku.

² Słownik języka polskiego pod redakcją M. Szymczaka (PWN, Warszawa 1978) podaje definicję: „czas to nieprzerwany ciąg chwil, trwania; jest jedną z podstawowych (obok przestrzeni) form bytu materii”. Pojęcie czasu absolutnego wprowadził Sir Isaac Newton, czasu względnego Albert Einstein, a czas urojony pojawił się w teorii Stephena Hawkinga.

³ Słowo *zegar*, określające miernik czasu, pojawiło się dopiero w XIV wieku n.e. Początkowo słowo to oznaczało *dzwon*, jako że pierwsze zegary mechaniczne instalowano w owym czasie na dzwonicach kościołów.

na, więc może być mierzony i, jak się okaże, może być mierzony z bardzo dużą dokładnością.

Pomiar czasu t jest procesem bardzo prostym i sprowadza się do kilku podstawowych czynności. Zaczynamy mierzyć czas od pewnej chwili początkowej t_0 . Następnie wielokrotnie mierzymy ustalony przez nas elementarny interwał czasowy Δt , sumujemy wyniki pomiarów wszystkich Δt i dodajemy do ustalonej wcześniej chwili początkowej t_0 . Taki sposób pomiaru narzuca nam wymogi na miernik czasu, który musi posiadać niezbędne elementy. Podstawową sprawą jest dysponowanie powtarzalnym procesem zaznaczania równych przedziałów czasowych Δt . Kolejne elementy to: sposób liczenia przedziałów czasowych Δt oraz sposób pokazywania wyniku końcowego.

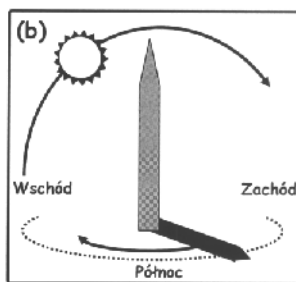
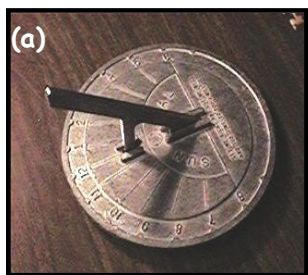
Dzieje mierzenia czasu to trzy główne epoki: epoka przepływu ciągłego, trwająca do ok. 1360 roku, kiedy to wynaleziono mechanizm wychwytowy, następnie epoka kontroli nierezonansowej, która zakończyła się w 1656 roku skonstruowaniem pierwszego zegara wahadłowego, oraz epoka kontroli rezonansowej, trwająca do dziś, a naznaczona w 1927 roku skonstruowaniem zegara kwarcowego oraz uruchomieniem zegara atomowego w roku 1955.

Jednak wcześniej, długo przed epoką przepływu ciągłego, używano zegarów słonecznych.

Zegary słoneczne

Zegary słoneczne, zwane gnomonami, wykorzystywały cykliczny proces „wędrówki” Słońca po nieboskłonie ze wschodu na zachód, będący konsekwencją dobowego obrotu Ziemi dookoła własnej osi.

Podczas gdy Słońce „wędrowało” po niebie, długość i pozycja cienia rzucanego przez wbity w ziemię pionowy słup wyznaczały porę dnia. Na półkuli północnej cień przesuwiał się zgodnie ze znanym dziś ruchem wskazówek zegara z zachodu na wschód (patrz rys. 1). Na półkuli południowej cień przesuwiał się w kierunku przeciwnym.



Rys. 1. (a) Przenośny zegar słoneczny. Pozycja i długość cienia oznaczały porę dnia. (b) Ilustracja działania zegara słonecznego na półkuli północnej

Niestety, zegary słoneczne pokazywały tylko słoneczny czas lokalny. Ich dokładność była bardzo ograniczona. Nie uwzględniały rocznej zmiany nachylenia osi obrotu Ziemi względem płaszczyzny orbity Ziemi wokół Słońca. Jednak ich podstawową wadą było to, że działały tylko w obecności Słońca. Pojawiło się pytanie: jak mierzyć czas w nocy?

Epoka przepływu ciągłego

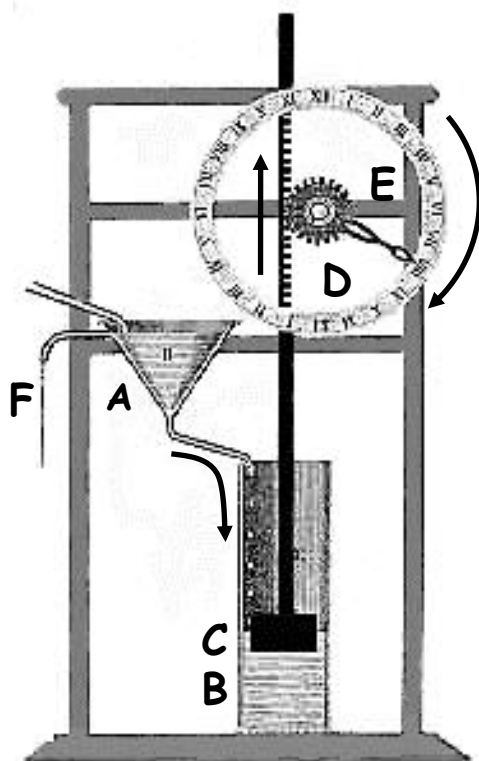
Zapoczątkowało ją pojawienie się urządzeń, w których upływający czas wyznaczała stała i ciągła przepływ substancji ciekłej lub sypkiej. Jednymi z pierwszych urządzeń tego typu były wodne klepsydry⁴. Początek ich używania był wielkim postępek, jako że stało się możliwe mierzenie czasu również pod nieobecność Słońca.

W przypadku klepsydr wodnych procesem cyklicznym, potrzebnym do wyznaczenia interwałów Δt , było przelewanie się określonej ilości wody pomiędzy dwoma zbiornikami: górnym i dolnym. Naturalne było, i zauważyli to pierwsi użytkownicy, że w miarę ubywania wody, czyli w miarę zmniejszania się masy i wysokości słupa wody w górnym zbiorniku, malało ciśnienie słupa wody w miejscu, gdzie znajdował się otwór pomiędzy zbiornikami. Powodowało to nieregularności w pracy klepsydr. Rozwiązanie przedstawione na rys. 2 pokazuje jeden ze sposobów stosowanych w celu ominięcia tego problemu.

Niestety, klepsydry wodne nie były miernikami dokładnymi. Ich główną wadą były niekontrolowane ubytki wody (powodujące ich „przyspieszanie”) oraz nieregularności sezonowe, takie jak zmiany temperatury, wilgotności itp.

Jak nietrudno się domyślić, częściowym ominięciem tych problemów było zastosowanie klepsydr „piaskowych”⁴. W zegarach tych materiałem sypkim był proszek cynowy, ołowiowy lub po prostu piasek. Proces odmierzania stałych przedziałów Δt pozostał podobny jak w klepsydrach wodnych. Zegary piaskowe nie były jednak dokładniejsze. Problemem powodującym ich złe działanie było tarcie działające pomiędzy przesypanych ziarenkami, powodujące zmniejszanie się ich średnicy i, w konsekwencji, szybsze przemieszczanie się materiału sypkiego przez otwór. Powodowało to „przyspieszanie” zegara. Szukano zatem innych rozwiązań.

⁴ Nazwa *klepsydra* pochodzi od dwóch greckich słów: *kléptō* (kradnę) oraz *hýdōr* (woda) i jest nieściśle przypisywana tylko przepływowym zegarom piaskowym, które pojawiły się dopiero w średniowieczu.



Rys. 2. Zaawansowana konstrukcja klepsydry wodnej z III wieku p.n.e. Z naczynia górnego A w kształcie lejka do naczynia dolnego B wpływała woda ze stałą prędkością. Podnoszący się poziom wody w naczyniu B powodował wypychanie pływaka C połączonego z zębatką D, która unosząc się, powodowała obrót wskazówki godzinnej E. Nadmiar wody z lejka odprowadzany był na zewnątrz F, co zapewniało stałą wysokość słupa wody w naczyniu A

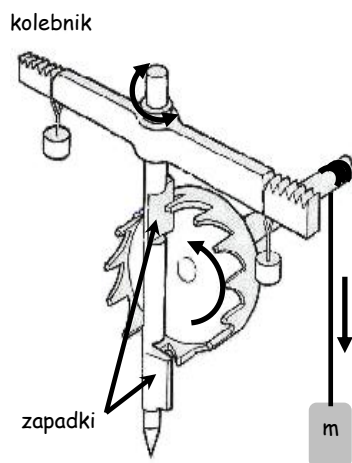
Epoka kontroli nierezonansowej

Przełomowym krokiem w rozwoju mierników czasu było zastąpienie wody lub materiału sypkiego bądź to *odważnikiem* o odpowiedniej masie (tu procesem cyklicznym było uwalnianie energii potencjalnej odważnika w polu grawitacyjnym), bądź też nawiniętą lub ściśniętą *sprężyną* (tu procesem cyklicznym było uwalnianie energii sprężystości sprężyny).

Epokę przepływu ciągłego zakończyło wynalezienie mechanizmu pozwalającego na pełną kontrolę procesów uwalniania energii odważnika lub sprężyny. Miało to miejsce ok. 1360 roku i było dziełem Henry de Vicka, pracującego dla króla Francji Karola V. Dało to początek epoce *kontroli nierezonansowej*.

Fakt konstrukcji i zastosowania tego mechanizmu, zwanego ZAPADKOWYM MECHANIZMEM WYCHWYTOWYM był, niezwykle doniosły – oto po raz pierwszy do kontroli miernika czasu użyty został ruch drgający!

Mechanizm wychwytowy pozwalał na precyzyjną regulację prędkości uwalniania energii odważnika (patrz rys. 3). Osiągnięto wówczas cel: dokładność pracy zegara z zapadkowym mechanizmem wychwytowym była zdecydowanie większa od dokładności klepsydr wodnych czy klepsydr z materiałem sypkim.



Rys. 3. Zapadkowy mechanizm wychwytowy. Składał się z koła koronowego, do osi którego przyczepiony był odważnik. Ruch koła koronowego regulowany był za pomocą dwóch zapadek umieszczonych na osi oscylującego kolebnika

Epoka kontroli rezonansowej

Zegary wahadłowe

Epoka kontroli nierezonansowej trwała do końca XVI wieku. Wtedy to pojawiło się WAHADŁO – stabilny oscylator mechaniczny.

Przełom zapoczątkowały studia Galileusza nad grawitacyjnym wahadłem prostym. Około roku 1583 Galileusz odkrył, że okres wahadła prostego zależy tylko od jego długości i nie zależy od amplitudy (tzw. izochronizm)⁵. Niestety, Galileusz nie wykorzystał wahadła jako elementu oscylującego w zegarze, podał jednak przepis, jak to zrobić.

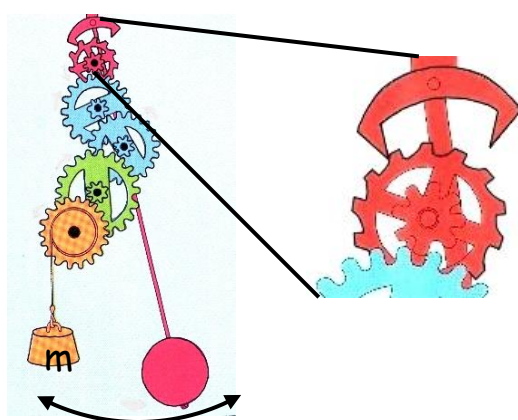
Z przepisu tego skorzystał Christiaan Huygens, duński astronom i matematyk, który w 1656 roku skonstruował pierwszy zegar wahadłowy. Wydarzenie to za-

⁵ Wniosek ten Galileusz wysnuł, obserwując wahania lampy wiszącej w katedrze w Pizie.

początkowało kolejną epokę w rozwoju mierników czasu – epokę kontroli periodycznej, zwanej rezonansową⁶.

W konstrukcji zegara wahadłowego rolę kolebnika przejęło oscylujące wahadło, które zakończone było *kotwicowym mechanizmem wychwytowym*, uwalniającym, w rytm ruchów wahadła, pojedyncze zęby koła mechanizmu. Całość napędzana była energią potencjalną odważnika (patrz rys. 4).

Dokładność zegarów wahadłowych zdecydowanie przewyższyła zegary z mechanizmem zapadkowym i kolebnikiem, a jedną z donioślejszych korzyści z zastosowania przekładni zębatych było wprowadzenie używanych do dziś wskazówek minutowej i sekundowej.



Rys. 4. Kotwicowy mechanizm wychwytowy

Jest oczywiste, że dla precyzyjnego ustalenia okresu drgań wahadła T ($T \approx 2\pi\sqrt{\ell/g}$) konieczny był precyzyjny dobór jego długości ℓ oraz stabilizacja podczas pracy. Czy wiecie, że nawet bardzo mała zmiana ℓ , np. o 2 mm, spowodowana np. wzrostem temperatury otoczenia o 2°C , prowadziła do spowolnienia zegara o 1 sekundę na dobę? Na wiele lat problem stabilizacji ℓ stał się wielkim wyzwaniem dla konstruktorów zegarów wahadłowych.

Pod koniec XIX wieku zegary wahadłowe osiągnęły stabilność pracy ok. 0,01 sekundy na dobę i stały się wyposażeniem obserwatoriów astronomicznych. Były najdokładniejszymi miernikami czasu, aż do pierwszej połowy XX wieku.

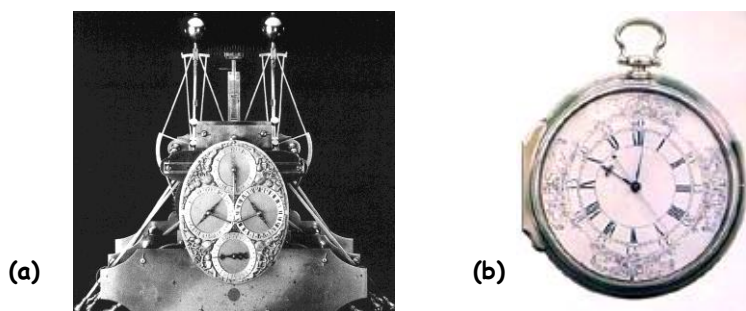
⁶ Również zasługą Huygensa było skonstruowanie zegara, w którym zamiast wahadła zastosował koło balansowe ze spiralną sprężyną. Rozwiązanie to stosuje się do dnia dzisiejszego.

Chronometry

A teraz słów kilka o chronometrach⁷.

W pierwszej połowie XVIII wieku zaistniała konieczność udoskonalenia metody pomiaru długości geograficznej. Pomyłki nawigacyjne podczas podróży morskich, spowodowane błędami jej wyznaczania, prowadziły do wielu tragedii. Konkursy ogłaszane przez władców Hiszpanii, Portugalii i Królestwa Brytanii zachęcały wynalazców, którzy dążyli do skonstruowania chronometrów na tyle dokładnych, aby ich zastosowanie na morzu, w warunkach dużych zmian temperatury, ciśnienia i wilgotności, umożliwiło wyznaczanie długości geograficznej z pożądaną dokładnością⁸.

Jednym z tych, którzy stanęli do konkursu, był John Harrison, syn cieśli, zegarmistrz, rzemieślnik z Yorkshire w Anglii. Harrison zrezygnował z metod pozwalających na stabilizację ℓ . Skupił się na konstrukcji elementu oscylującego zbudowanego z materiałów o małych współczynnikach rozszerzalności termicznej, niezawodnego mechanizmu wychwytowego oraz na udoskonaleniu łożysk, czyli minimalizacji sił tarcia. Zbudował cztery modele chronometrów. Dopiero ostatni model (patrz rys. 5(b)), powstały 26 lat po przystąpieniu do konkursu, charakteryzujący się zmienioną koncepcją (miniaturyzacja), posiadał żądaną dokładność i wytrzymałość na zmienne warunki podróży morskich. Pozwalał na wyznaczanie długości geograficznej z dokładnością do 0,5 stopnia! Przewyższało to narzucane konkursem wymagania.



Rys. 5. Chronometry Harrisona: (a) ważący 33 kg model H.1. z 1735 roku oraz (b) model H.4. z 1761 roku mający średnicę 13 cm. Modelem H.4, który wyglądał jak duży zegarek kieszonkowy, Harrison wygrał konkurs i zdobył nagrodę w wysokości 10 tysięcy funtów (równoważną obecnie kilku milionom dolarów)

⁷ Nazwa pochodzi od greckich słów *chrónos* – czas i *metrêō* – mierzyć. Był to przenośny zegar o dużej dokładności, stosowany m.in. w nawigacji.

⁸ Zasada wyznaczania długości geograficznej z pomiaru czasu opiera się na porównaniu wskazania chronometru umieszczonego na pływającym statku z czasem, w którym statek opuścił port (1 godz. := 15° długości geogr.).

Zegary elektryczne

Jak zauważyliśmy, okres wahadła zależy nie tylko od ℓ , ale również od przyspieszenia ziemskiego g . Pod koniec XIX wieku stabilność zegarów wahadłowych (ok. 0,01–0,001 sekundy na dobę) zaczynała graniczyć z tą, dla której wpływ zmian g z kształtem Ziemi miał już znaczenie. Naturalnym dążeniem było zatem uniezależnienie się od wpływu g .

Jednym ze sposobów było wykorzystanie *drgań prądu zmiennego*. Częstością podstawową była częstość 50 Hz ze źródła prądu zmiennego. Przez odpowiednią obróbkę w układach elektronicznych zapewniano generację częstości 1 Hz, będącej podstawą dla wskaźnika sekundowego. Później wskazówki zamieniono na wyświetlacze cyfrowe, ciekłokrystaliczne lub diody emitujące światło.

Zegary kwarcowe

Inną możliwość uniezależnienia się od wpływu g na element oscylujący otworzyła seria wynalazków związanych ze zjawiskiem piezoelektrycznym⁹, odkrytym w roku 1880 przez braci Pierre'a i Paul-Jacques'a Curie. Dało to początek tzw. generatorom kwarcowym.

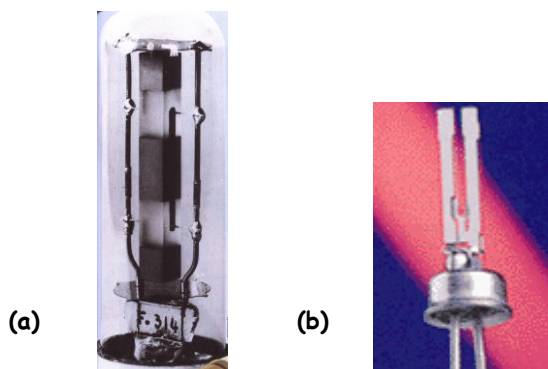
Generator kwarcowy (patrz rys. 6(a)) został użyty do konstrukcji tzw. ZEGARA KWARCOWEGO. Jak łatwo się domyślić, teraz procesem odpowiedzialnym za odmierzanie równych przedziałów Δt stały się oscylacje kryształu. Zalet płynących z takiego rozwiązania było wiele: kwarc był piezoelektrykiem, miał własności niezależne od temperatury, był stabilny mechanicznie i chemicznie, był też powszechny w przyrodzie oraz łatwy do hodowania.

Pierwszy zegar kwarcowy zbudowali w 1927 roku Warren Marrison i Joseph Horton. Należy zaznaczyć, że jako standardy czasu zegary kwarcowe natychmiast wyparły zegary wahadłowe i w latach czterdziestych XX wieku zamieniły je w większości obserwatoriów astronomicznych. Ich stabilność pracy przewyższyła o dwa rzędy wielkości stabilność pracy najprecyzyjniejszych zegarów wahadłowych.

W roku 1970 pojawiły się pierwsze powszechnie dostępne zegarki kwarcowe na rękę. Użyto w nich kwarcowego generatora pokazanego na rys. 6(b).

Niestety, oscylator kwarcowy nie był doskonały, „zużywał się”. Na skutek warunków zewnętrznych mógł zmieniać swoje własności i powodować nieregularności w pracy zegara kwarcowego.

⁹ Sprzężenie własności mechanicznych i elektrycznych w odpowiednio wyciętym kryształku kwarcu. Na powierzchni kryształu kwarcu poddanego działaniu nacisku mechanicznego pojawia się ładunek elektryczny. Ten sam kryształ umieszczony w odpowiednim obwodzie elektrycznym wibruje i generuje sygnał elektryczny o stałej częstości.



Rys. 6. (a) Jeden z pierwszych generatorów z użyciem kryształu kwarcowego. (b) Kwarcowy generator stroikowy stosowany w zegarkach na rękę

Zegary atomowe

Obecnie obowiązujące wzorce czasu oparte są na ZEGARACH ATOMOWYCH. Są one wynikiem maksymalnego uniezależnienia się od własności oscylatora stosowanego do generacji interwałów Δt . Przejście pomiędzy dwoma poziomami energetycznymi w atomie oferuje taką niezależność. Jest ona oczywista: przejście energetyczne nie „zużywa się”, w każdych warunkach jest takie samo.

W 1955 roku powstał pierwszy zegar atomowy pracujący z wykorzystaniem rezonansowego przejścia w atomach cezu. Nazywał się Caesium I i został zbudowany przez Louisa Essena i Jacka Parry’ego z Narodowego Laboratorium Fizycznego w Anglii. Jednak zegar atomowy nie rezygnował z użycia rezonatora kwarcowego. Następowo w nim stałe *sprawdzanie* częstości oscylatora kwarcowego poprzez wykorzystanie precyzyjnych oscylacji atomowych pomiędzy dwoma poziomami energetycznymi.

Bardzo ogólnie rzecz ujmując, nie wdając się w szczegóły, zasada działania Caesium I przedstawia się następująco. W źródle produkowana jest wiązka atomów cezu w stanie podstawowym. Atomy posiadają strukturę nadsubtelną: dwa poziomy o różnych energiach odległe o około 9,2 GHz ($1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$). Jest to tzw. *przejście zegarowe*¹⁰.

W obszarze poza źródłem, w obecności zewnętrznego pola magnetycznego B, następuje przestrzenna selekcja podpoziomów energetycznych zaangażowanych w

¹⁰ Obecnie obowiązującą jednostką czasu w układzie SI jest *sekunda*. Jej definicja została podana w 1967 roku na XIII Konferencji Wąg i Miar. Jest czasem trwania 9 192 631 770 okresów promieniowania, odpowiadającego przejściu pomiędzy dwoma poziomami struktury nadsubtelnej w stanie podstawowym cezu.

„przejście zegarowe”, a różniących się między sobą własnościami wynikającymi z oddziaływaniem z polem B. Podpoziomy o wyższej energii są eliminowane i tylko podpoziomy o niższej energii trafiają w obszar mikrofalowej wnęki rezonansowej¹¹, która może powodować przejścia do podpoziomu energii wyższej.

Za wnęką następuje kolejna przestrzenna selekcja podpoziomów i mierzy się ilość tych o wyższej energii. Następnie, w pętli sprzężenia zwrotnego, wynik pomiaru służy do poprawienia częstości oscylatora kwarcowego, który zasila wnękę rezonansową. Licznik elektroniczny przetwarza częstość oscylacji kryształu na interwały $\Delta t = 1$ s.

Burzliwy rozwój zegarów atomowych nastąpił w latach siedemdziesiątych XX wieku, kiedy to zastosowanie laserów spowodowało odejście od magnetycznych metod separacji atomów i zastosowanie *metod pompowania optycznego* (patrz *Foton 75*, 2001).

Stabilność pracy zegarów atomowych jest bardzo duża (1 sekunda na 6 milionów lat!). Jako standardy czasu wyparły one zegary kwarcowe. W latach 1993–99 oficjalnym standardem czasu był zegar NIST-7, zbudowany w Narodowym Instytucie Standardów i Technologii (NIST) w USA.

Niestety, i zegar atomowy nie jest miernikiem doskonałym. Jednym ze źródeł niedokładności zegara atomowego jest *efekt Dopplera* drugiego rzędu, którego wielkość jest proporcjonalna do kwadratu prędkości atomów. Wpływ tego efektu może być minimalizowany przez spowalnianie atomów np. przez tzw. *chłodzenie laserowe* (patrz *Foton 75*).

Fontanny atomowe

Do głównych czynników, jakie wpływają na dokładność D zegara atomowego, należą: Δv – szerokość „przejścia zegarowego” (duża dla przejść dozwolonych, mała dla przejść wzbronionych), v_{rez} – rezonansowa częstość tego przejścia, N – ilość atomów oddziałujących z polem promieniowania wnęki oraz τ – czas tego oddziaływania. Zależność ta wyraża się za pomocą formuły

$$D \approx \frac{\Delta v}{v_{rez}} \sqrt{\frac{1}{\tau N}}, \quad (1)$$

z której widać, że dokładność jest tym większa, im mniejsza jest Δv oraz im większe są v_{rez} , N oraz τ .

Zatem, po pierwsze, należało zwiększyć czas τ . Wynikiem była kolejna generacja zegarów atomowych – skonstruowanych z użyciem *fontann atomowych*. Przyjętym rozwiązaniem było połączenie pomysłu Jerrolda Zachariasia, który w roku 1953 zbudował pierwszą fontannę atomową, z techniką chłodzenia ato-

¹¹ Przejścia pomiędzy podpoziomami oddalonymi od siebie o 9,2 GHz odbywają się w obszarze mikrofal.

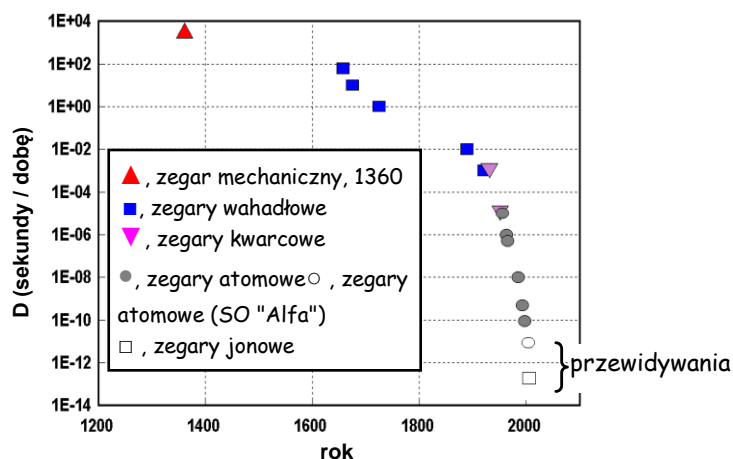
mów. W metodzie tej obniża się początkową prędkość atomów (poprzez chłodzenie laserowe jak największej ilości atomów N w pułapce magnetoptycznej), wytwarza fontannę, oraz wykorzystuje fakt, że atomy z relatywnie małą prędkością w okolicy punktu zwrotnego w fontannie dwukrotnie przebywają obszar oddziaływania z wnęką rezonansową.

Najdokładniejszy na świecie zegar z użyciem fontanny atomowej uruchomiono 1993 roku w Paryżu, w grupie André Clairona i Christopha Salomona. Stabilność pracy paryskiego zegara jest bezprecedensowa i wynosi 1 sekundę na 30 milionów lat! Od 1995 roku jest oficjalnym standardem czasu obok zegara na fontannie cezowej NIST F-1, działającego w NIST, w USA.

Zegary jonowe

Zgodnie z formułą (1), wzrost dokładności można też osiągnąć, zwiększając v_{rez} . W porównaniu z dotychczas omawianymi przejściami mikrofalowymi, wielce obiecujące jest zastosowanie *przejść optycznych* (częstości \sim THz, 1 THz = 10^{15} Hz). Spowoduje to wzrost v_{rez} o 6 rzędów wielkości!

Realizację z wykorzystaniem przejść optycznych przewiduje się dla *zegarów jonowych* (sposoby pułapkowania jonów są łatwiejsze od sposobów pułapkowania neutralnych atomów). Zakładana stabilność pracy jest absolutnie niewiarygodna: 1 s na 10 miliardów lat!



Rys. 7. Wielki postęp w dokładności pomiaru czasu: w 1360 roku stabilność pracy wynosiła 2 godziny na dobę, w roku 1995 – 1 sekundę na 30 mln lat (wzrost o 13 rzędów wielkości w ciągu 640 lat, w tym 6 rzędów wielkości przez ostatnie 45 lat). Przewidywania na najbliższe 5 lat (zegary atomowe na Stacji Orbitalnej „Alfa” i zegary jonowe na przejściach optycznych) są imponujące

Podsumowanie

Dynamika rozwoju mierników czasu może być zilustrowana postępowaniem w dokładności pomiaru czasu, który można wyrazić dopuszczalnym przez dany miernik błędem w sekundach na dobę (patrz rys. 7).

Trudno jest wyrokować na temat przyszłości mierników czasu. Czy w najbliższych latach nastąpi jakiś znaczący przełom na miarę tych sprzed kilkudziesięciu lat? Czy raczej będą kontynuowane obecne sposoby? Czas pokaże.



Zegar wahadłowy, szafkowy, wyk. Gobier, Paryż 1654 r. dla króla Jana Kazimierza
obudowa przerobiona w XVIII w.

Ekspонат z Muzeum im. Przypkowskich w Jędrzejowie <http://www.jedrzejow.home.pl>



Komputery kwantowe

Szymon Pustelny

Student SMP, Instytut Fizyki UJ

Wstęp

Współcześnie coraz głośniejsze mówi się o ograniczeniach stojących przed rozwojem klasycznych komputerów. Zakrojone na szeroką skalę badania mają na celu zbudowanie nowego typu urządzenia, tzw. komputera kwantowego. Niniejsza praca jest próbą przybliżenia problemów związanych z tym zagadnieniem.

W pierwszej części artykułu ukazane będą fizyczne bariery, jakie stoją przed rozwojem klasycznych komputerów. W kolejnej części omówione zostaną podstawy kodowania informacji w obu typach komputerów. W części czwartej omówione będą pokrótce dwa najbardziej znane algorytmy kwantowe: algorytm Grovera, służący do przeszukiwania baz danych, oraz algorytm Shora, pozwalający na faktoryzację wielkich liczb. W podsumowaniu zaprezentowana będzie tabela stanowiąca kompendium wiedzy i stan technicznej realizacji wybranych problemów związanych z komputerami kwantowymi. Na końcu artykułu Czytelnik znajdzie kilka pozycji, które mogą posłużyć jako podstawa dalszego poszerzenia wiedzy na ten temat.

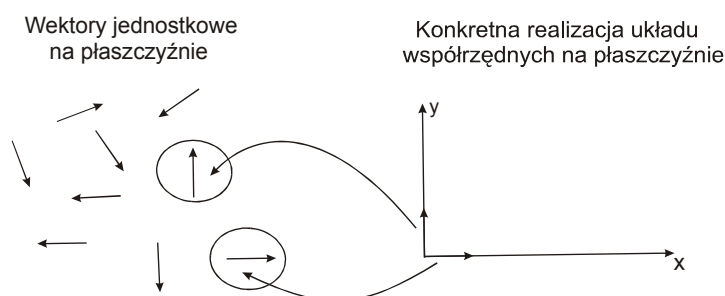
Z roku na rok skraca się czas, jakiego mikroprocesor komputerowy potrzebuje na wykonanie pojedynczego zadania. Zgodnie z prawem Moore'a, co osiemnaście miesięcy podwaja się liczba operacji, które procesor może wykonać w ciągu sekundy. Wydaje się, że jedynym sposobem, w jaki można przyspieszać działanie procesora, jest zwiększanie jego integracji, czyli miniaturyzacja poszczególnych elementów elektronicznych, z których jest on zbudowany. Stosowane współcześnie metody litograficzne pozwalają na wytwarzanie układów scalonych, na których wielkości podstawowych elementów elektronicznych oraz szerokość łączących je ścieżek nie przekraczają jednego mikrometra. Być może w ciągu następnych kilkunastu lat wymiary zintegrowanych na układach scalonych elementów zmaleją do rozmiarów kilku warstw atomowych. Abstrahując od technologicznych problemów związanych z wytwarzaniem tak małych elementów, trzeba zauważyć, że przy takich rozmiarach zaczną one być opisywane w sposób kwantowy, a co za tym idzie – ujawni się w nich probabilistyczna natura mechaniki kwantowej. Różne operacje logiczne, których miliardy wykonywane są każdorazowo przez procesor, przestaną być jednoznaczne, a zaczną podlegać rozkładowi statystycznemu. Przykładowo sumator dodający do siebie dwa bity generować będzie różne wyniki niezależnie od stanu początkowego obu bitów. Innymi słowy, dodając wielokrotnie do siebie pary takich samych liczb przy użyciu tego samego sumatora,

otrzymać możemy różne wyniki. Komputer, w którym wykorzystywano by taki mikroprocesor, bez przerwy generowałby błędy, co uniemożliwiłoby jego działanie.

Fizyczne podstawy funkcjonowania komputerów kwantowych

Mechanika kwantowa, która przez swoją probabilistyczną naturę ograniczy rozwój klasycznych komputerów, jednocześnie otwiera przed nami zupełnie nowe możliwości rozwiązań. Wszystko dzięki jej fundamentalnej własności zwanej *superpozycją*. W 1981 roku Richard Feynman zaproponował wykorzystanie własności superpozycji jako podstawy działania komputerów nowej generacji tzw. komputerów kwantowych.

Aby omówić własność superpozycji, wygodnie jest wykorzystać geometryczny opis mechaniki kwantowej. Z geometrii wiadomo, że na dowolnej płaszczyźnie istnieje nieskończenie wiele par jednostkowych, wzajemnie prostopadłych wektorów. Wybierając jedną z takich par, decydujemy się na konkretną realizację układu współrzędnych na płaszczyźnie, czyli na tzw. *bazę wektorową*. Przypadek ten został zeprezentowany na rysunku 1. Analogicznie można wybrać wektory bazowe w trzech wymiarach, a nawet w przestrzeni o większej liczbie wymiarów. Taka przestrzeń jest *wektorowa*, gdy dowolny wektor może zostać utworzony jako kombinacja liniowa wybranych przez nas wektorów bazowych.



Rys. 1. Utworzenie bazy wektorowej na płaszczyźnie

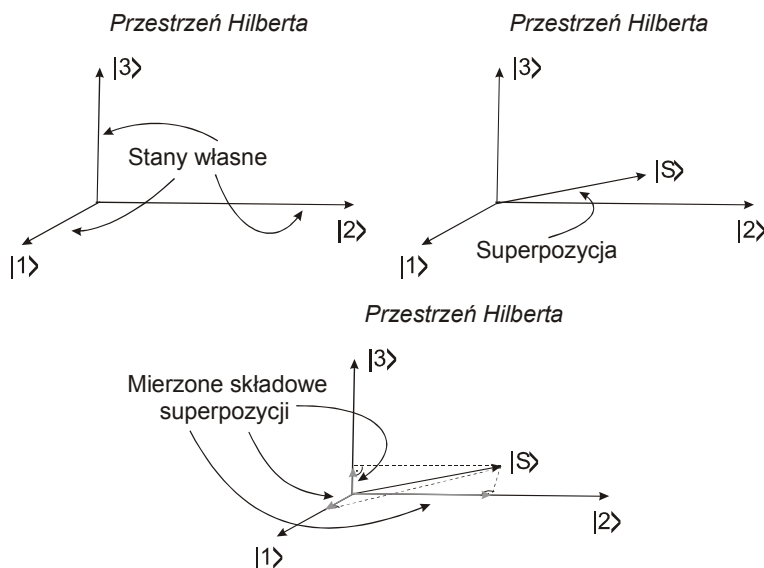
W opisie kwantowym każdy układ fizyczny ma pewne charakterystyczne dla siebie stany energetyczne, zwane *stanami własnymi*. Każdemu takiemu stanowi własnemu można przypisać wektor bazowy w pewnej abstrakcyjnej przestrzeni, która jest *przestrzenią Hilberta**. Liczba wektorów bazowych w tej przestrzeni zależy od tego, ile stanów własnych ma dany układ. Dla najprostszego, nietrywialnego układu fizycznego, czyli układu posiadającego dwa stany własne, przestrzeń

* Przestrzeń Hilberta ma ściśle określone własności, których tu nie przytaczamy.

Hilberta jest dwuwymiarowa. Większa liczba stanów charakterystycznych powoduje zwiększenie liczby wektorów bazowych. Ponieważ przestrzeń Hilberta jest przestrzenią wektorową, nic nie stoi na przeszkodzie, aby tworzyć w niej nowe wektory będące kombinacjami liniowymi wektorów bazowych. Jeśli w wyniku kombinacji liniowej wektorów bazowych stworzymy wektor o długości jednostkowej, to będzie on odpowiadał nowemu stanowi fizycznemu układu. Stan ten nosi nazwę *superpozycji stanów własnych*.

Zgodnie z postulatem mechaniki kwantowej, dokonując eksperymentalnego pomiaru stanu układu, nigdy nie uda nam się zaobserwować stanu będącego superpozycją.

Odwołując się do geometrycznej interpretacji mechaniki kwantowej, pomiar stanu układu odpowiada rzutowaniu wektora stanu z przestrzeni Hilberta na jeden z wektorów bazowych. Jeśli układ znajduje się w stanie własnym, to w wyniku pomiaru zmierzmy dokładnie ten stan. Jeśli jednak jest on w stanie superpozycji, to zawsze mierzymy jeden ze stanów własnych, z których ta superpozycja została utworzona. Prawdopodobieństwo zaobserwowania konkretnego stanu własnego zależy od tego, jaki jest jego wkład do mierzonej superpozycji.



Rys. 2. Przestrzeń Hilberta jako geometryczna interpretacja mechaniki kwantowej

Dla zilustrowania powyższych rozważań rozpatrzmy cząstkę o spinie $\frac{1}{2}$, np. elektron. Mechanika kwantowa podpowiada, że przy obranej osi spin elektronu

może mieć tylko dwie orientacje przestrzenne. Nazwijmy je umownie: „do góry”, której odpowiada stan $|\uparrow\rangle$ i „na dół” ze stanem $|\downarrow\rangle$. Te dwa stany są stanami własnymi spinu elektronu, przestrzeń Hilberta jest więc dwuwymiarowa. Oprócz dwóch stanów własnych elektron może istnieć w stanie będącym superpozycją obu stanów

$$|s\rangle = c_{\uparrow}|\uparrow\rangle + c_{\downarrow}|\downarrow\rangle$$

gdzie c_{\uparrow} i c_{\downarrow} są liczbami zespolonymi.

Kierunek spinu elektronu może być w ogólności inny niż „do góry” czy „na dół”. Jeśli nawet tak jest, to w wyniku pomiaru spinu i tak elektron ZAWSZE zaobserwujemy w stanie $|\uparrow\rangle$ lub $|\downarrow\rangle$. Jeśli wielokrotnie powtarzalibyśmy pomiar takiej samej superpozycji, to odpowiednio z prawdopodobieństwem $|c_{\uparrow}|^2$ rejestrowalibyśmy stan $|\uparrow\rangle$, a z prawdopodobieństwem $|c_{\downarrow}|^2$ stan $|\downarrow\rangle$, lecz zawsze tylko jeden z nich. Cząstkę obserwujemy w jednym z dwóch stanów, więc pomiędzy prawdopodobieństwami zachodzi relacja

$$|c_{\uparrow}|^2 + |c_{\downarrow}|^2 = 1$$

Warunek ten to nic innego, jak nasze żądanie by stan $|s\rangle$ w przestrzeni Hilberta miał długość jednostkową.

Klasyczne i kwantowe kodowanie informacji

Aby móc „porozumiewać” się z komputerem, niezbędne jest stworzenie swego rodzaju kodu rozumianego przez maszynę. Najprościej można tego dokonać, przypisując każdej informacji wymienianej z komputerem pewną liczbę, którą maszyna zinterpretuje jako żądanie wykonania danej operacji. Pozostaje jednak problem, w jaki sposób przekazać daną liczbę do komputera.

W życiu codziennym przyzwyczajeni jesteśmy do zapisywania liczb w systemie dziesiętnym. Chcąc go wykorzystać w komputerach, musielibyśmy każdej z dziesięciu cyfr tego systemu przypisać dziesięć różnych wartości pewnej wielkości fizycznej. Przykładowo możemy do tego celu wykorzystać dziesięć różnych wartości napięcia. Chcąc uniknąć problemów związanych z niejednoznacznością zdefiniowaniem danej cyfry wartości napięcia, za pomocą których dokonujemy kodowania, muszą się między sobą zdecydowanie różnić. Zakładając, że dwie kolejne liczby musi dzielić taka sama różnica potencjałów, można się łatwo przekonać, że do utworzenia systemu dziesiętnego niezbędne jest zarezerwowanie większego zakresu napięć niż dla systemu zbudowanego z mniejszej liczby cyfr. W szczególności najprościej zbudować system, w którym wykorzystywane będą jedynie dwie wartości napięcia. Doprowadza nas do najwygodniejszego w praktycznej realizacji systemu binarnego.

Systemy binarne wykorzystywane są dziś we wszystkich komputerach. Każda informacja kodowana jest za pomocą ciągu *bitów*. Bit fizycznie reprezentuje jeden z dwóch stanów: zero lub jedynkę. O ile na pojedynczym bicie można zapisać jedynie dwie liczby: 0 lub 1, o tyle ciągi bitów zwane *rejestrami* pozwalają na zapisanie dowolnej liczby. W szczególności ciąg ośmiu bitów, tzw. *bajt*, pozwala na zapisanie liczby od 0 do 255. Te 256 możliwości pozwala na skodyfikowanie wszystkich znaków alfabetu łacińskiego, cyfr arabskich i większości znaków specjalnych, tworząc wykorzystywany w komputerach kod ASCII.

Rozpatrzmy teraz rejestr składający się z trzech bitów. W klasycznym komputerze rejestr ten pozwala na zakodowanie liczby od 0 do 7. Dzięki omówionemu wyżej zjawisku superpozycji na rejestrze kwantowym zbudowanym z trzech *kubitów*, kwantowym odpowiedniku bitów, można JEDNOCZEŚNIE zapisać wszystkie osiem liczb

$$|r\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle + \dots + c_6|6\rangle + c_7|7\rangle$$

gdzie: $|0\rangle = |0\rangle_1|0\rangle_2|0\rangle_3$, $|1\rangle = |1\rangle_1|0\rangle_2|0\rangle_3$, ..., $|7\rangle = |1\rangle_1|1\rangle_2|1\rangle_3$

Dodanie każdego kolejnego kubitów do rejestru spowoduje podwojenie ilości przechowywanych w nim jednocześnie liczb. Jednakże dokonując pomiaru rejestru zawsze zaobserwujemy stan odpowiadający tylko jednej konkretnej liczbie. Analogicznie jak w przypadku pomiaru spinu elektronu, prawdopodobieństwo, która z wartości zostanie zaobserwowana, zależy od kwadratu modułu współczynników $|c_i|^2$.

Kwantowe algorytmy

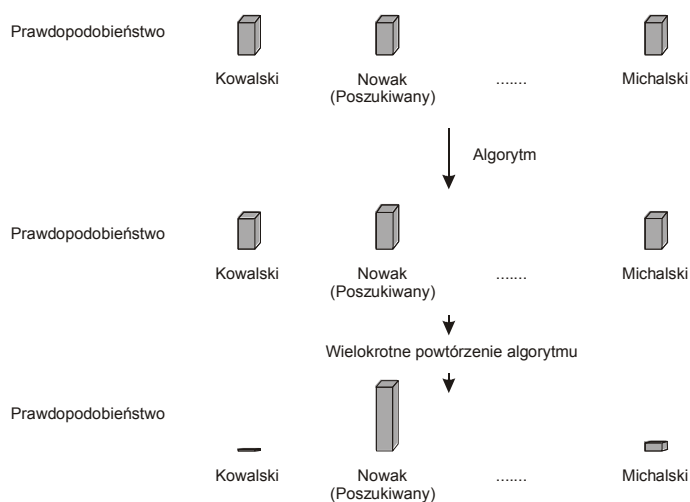
Wykorzystywanie kwantowych rejestrów ma jeszcze jedną ciekawą cechę. Jeśli rejestr kwantowy zbudowany jest z N kubitów, na których możemy zapisać 2^N liczb, to dokonując pewnej operacji na rejestrze przeprowadzamy ją jednocześnie na wszystkich liczbach z rejestru. Dla porównania komputer klasyczny, za pomocą którego chcielibyśmy osiągnąć ten sam skutek, potrzebowałby na to 2^N N -bitowych rejestrów, zaś daną operację musiałby przeprowadzić na każdym rejestrze z osobna. Daje to łącznie 2^N operacji. W pewnych zastosowaniach ta własność algorytmów pracujących w oparciu o rejestry kwantowe jest olbrzymia.

Dla zilustrowania powyższego zagadnienia rozważmy następującą sytuację. W bazie danych policji znajdują się dane osobowe i odciski palców miliona osób. Statystycznie w przypadku klasycznym, chcąc w tej bazie odnaleźć dane osoby, której odciski znaleziono na miejscu przestępstwa, trzeba wykonać pół miliona prób. Średnio po tylu powtórzeniach algorytmu przeszukującego odnajdziemy winowajcę.

Załóżmy teraz, że baza danych zapisana jest w sposób kwantowy oraz że dysponujemy pewnym dodatkowym kwantowym rejestrze, który posłuży nam do

odnalezienia przestępcy. Rejestr ten zawiera tyle samo pozycji co baza, a każda pozycja bazy stanowi jego stan własny. W chwili początkowej rejestr został przygotowany w stanie superpozycji, a każdej osobie, której dane zawarte są w rejestrze, przypisano te same, znalezione na miejscu przestępstwa odciski palców. Na początku więc założono, że każda z osób może być z tym samym prawdopodobieństwem poszukiwanym przestępcą, choć tylko jednej osobie przypisano odpowiednie odciski palców. Algorytm przeszukujący porównuje jednocześnie odciski palców każdej osoby w bazie i w rejestrze. Jeśli dla danej pozycji odciski są identyczne to nieznacznie wzrasta prawdopodobieństwo, że przy pomiarze rejestru otrzymamy właśnie tę pozycję. W przypadku gdy przydzielenie było błędne, prawdopodobieństwo, że przy pomiarze uzyskamy tę pozycję, zmniejsza się. Zmiana prawdopodobieństwa jest na tyle mała, że dopiero wielokrotne powtarzanie algorytmu na tym samym rejestrze porównawczym spowoduje zdecydowany wzrost prawdopodobieństwa znalezienia prawdziwego przestępcy. W rozważanym przez nas przypadku po tysiącu powtórzeniach algorytmu pomiar rejestru porównawczego da prawidłowy wynik z prawdopodobieństwem $\frac{1}{2}$. Kolejnych kilka powtórzeń spowoduje, że prawdopodobieństwo to będzie bliskie jedności.

Warto zauważyć, że przeszukując N-elementową bazę danych metodami klasycznymi, należy wykonać średnio $N/2$ kroków, by odnaleźć odpowiednią pozycję w bazie. Dla porównania, stosując algorytmy kwantowe, liczba kroków, jaką należy wykonać, jest nieco większa niż \sqrt{N} . Zysk płynący z wykorzystania kwantowych algorytmów przeszukujących jest tym większy, im większa jest przeszukiwana baza.



Rys. 3. Zasada działania algorytmu przeszukującego Lova Grovera

Innym przykładem zastosowania komputerów kwantowych jest wykorzystanie ich do wykonywania pewnych operacji matematycznych. Matematycy wierzą, że liczba kroków, którą należy wykonać, aby rozłożyć daną liczbę na liczby pierwsze, zależy eksponencjalnie od ilości tworzących ją cyfr. Zatem wybranie odpowiednio dużej liczby może praktycznie uniemożliwić znalezienie jej dzielników. Z matematycznego punktu widzenia problem szukania dzielników danej liczby może być zastąpiony przez problem szukania okresu pewnej funkcji. W klasycznym przypadku jednak fakt ten nie ma żadnego znaczenia, gdyż liczba kroków potrzebna na rozwiązanie obu problemów jest taka sama. Jednak dzięki niezwyklej efektywności komputerów kwantowych w określaniu okresowości funkcji periodycznych sytuacja ta ulega zmianie. Zastąpienie jednego problemu drugim powoduje, że faktoryzacji będziemy mogli dokonać w znacznie krótszym czasie. Przy użyciu komputerów kwantowych liczba kroków, którą należy wykonać, by znaleźć dzielniki danej liczby, zależy potęgowo, a nie jak wcześniej wykładniczo, od ilości tworzących ją cyfr.

Problem faktoryzacji dużych liczb jest szczególnie ważny, ponieważ stanowi on podstawę działania najpowszechniej obecnie stosowanego algorytmu kryptograficznego. Wielokrotne skrócenie czasu potrzebnego na złamanie klucza kodującego sprawiłoby, że używane m.in. w bankowości metody kryptograficzne przestałyby gwarantować bezpieczeństwo.

Prawdopodobnie jednak omówione wyżej *spekulacje algorytmiczne* nie będą stanowić najważniejszej dziedziny zastosowania komputerów kwantowych. Wspominany już wcześniej Richard Feynman zauważył, że rzeczywiste układy kwantowe charakteryzują się niezwykle złożonością obliczeniową, gdy chce się je opisywać w sposób klasyczny. Wydaje się więc naturalne, że komputery kwantowe, w które złożoność ta jest wpisana niejako z definicji, staną się bardzo wygodnym narzędziem w *symulacjach układów kwantowych*.

Podsumowanie

Trudno dziś dać jednoznaczną odpowiedź na pytanie, kiedy powstaną komputery kwantowe zdolne przeszukiwać bazy danych czy modelować skomplikowane układy kwantowe. Prototypy pierwszych komputerów zbudowanych z kilku kubitów zostały już skonstruowane w kilku laboratoriach badawczych na świecie. Do końca obecnej dekady powstaną prawdopodobnie komputery zbudowane z dziesięciu kubitów. Problemem jest jednak trwałość takich układów. Dodanie każdego kolejnego kubitów do rejestru powoduje eksponencjalne skrócenie *czasu życia* takiego układu. Innymi słowy, im więcej kubitów buduje dany rejestr, tym krócej istnieje on jako integralna całość.

Zagadnienia związane z komputerami kwantowymi są dziś rozwijane w wielu laboratoriach na całym świecie. Głównym celem zakrojonych na szeroką skalę programów badawczych jest zarówno teoretyczne, jak i eksperymentalne opraco-

wanie tego problemu. Z roku na rok zwiększa się liczba konkretnych realizacji komputerów kwantowych, zwiększa się również liczba algorytmów, w oparciu o które miałyby one działać. Powstał nawet pierwszy, prosty język programowania, który ma służyć do oprogramowania komputerów kwantowych. Wszystko po to, byśmy za kilkanaście lat dysponowali nowym, potężnym urządzeniem, którego potencjału nie sposób przecenić.

Zastosowanie	Liczba potrzebnych kubitów	Liczba niezbędnych do wykonania kroków	Status
Symulacje kwantowe	kilka	kilka	teoria niepełna
Proste algorytmy przeszukujące	więcej niż 3	więcej niż 6	zademonstrowane
Faktoryzacja	setki	setki	przyszłość
Uniwersalne komputery kwantowe	więcej niż tysiące	więcej niż tysiąc	przyszłość

Literatura

Książki:

G. J. Milburn, *Procesor Feynmana*, Wydawnictwo CiS, Warszawa (1998)

D. Bouweester, A. Ekert, A. Zeilinger, *The Physics of Quantum Information*, Springer, Berlin (2000)

Czasopisma:

Physics World (Wydanie specjalne), Marzec 1998

L. Jacak, *Postępy fizyki*, **53D**, 72 (2002)

Internet:

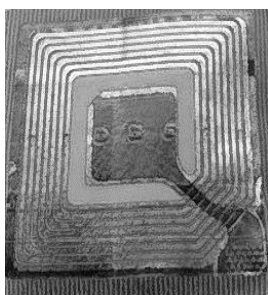
www.qubit.org



Fizyka przeciw złodziejom sklepowym i bibliotecznym

*Andrzej Sitarz
Instytut Fizyki UJ*

Przywykliśmy już, iż wejścia do wielu sklepów strzegą ochroniarze, ukryte kamery i dziwne metalowe bramki. O ile w większości z nich zabezpieczenia umieszczone na artykułach są łatwo rozpoznawalne i w widoczny sposób usuwane przez sprzedawcę po zakupie – o tyle zdziwienie może wywołać ten widok w księgarni czy bibliotece – zwłaszcza iż z zakupionej książki czy płyty kompaktowej nic nie jest usuwane. Gdzie mieszczą się te zabezpieczenia i jak działają?



Najprostszym, a zarazem najpopularniejszym systemem zabezpieczeń są niewielkie obwody elektryczne – takie jak ten na zdjęciu: cienkie i stosunkowo małych rozmiarów (2–3cm), pod warstwą papieru z nadrukowaną ceną i kodem kreskowym mogą spokojnie zostać przyklejone do niewielkich rozmiarów towaru. Obwód jest bardzo prosty – składa się z wąskiego paska aluminiowego oraz (w zależności od typu) diody lub kondensatora i opornika – tworząc miniaturową antenę odbiorczą reagującą (w zależności od jej parametrów)

na fale radiowe o charakterystycznej dla układu częstotliwości (zazwyczaj pomiędzy 2 a 10 MHz). Jedna z bramek instalowanych przy wyjściu ze sklepu jest anteną emitującą słabe pulsury sygnału radiowego o tej częstotliwości, podczas gdy druga bramka jest odbiornikiem nasłuchującym. Jeżeli pomiędzy bramkami znajdzie się zabezpieczenie, to wysyłany z bramki-nadajnika impuls radiowy wzbudzi prąd w naszej miniaturowej antenie, a ta z kolei wyśle wtedy swoją odpowiedź – echo sygnału, który ją pobudził. Odbiornik wychwyci to echo i wzbudzi alarm: rozbłyszczą czerwone lampki, rozlegną się alarmowe piski, a ochrona rzuci się w stronę osoby, która (świadomie lub nie) go wywołała.

Jak następuje dezaktywacja anteny-zabezpieczenia? Poprzez zniszczenie obwodu elektrycznego. Uszkodzenie mechaniczne (np. przecięcie obwodu) jest jednak niepraktyczne – znacznie wygodniejsze jest użycie bardzo silnego impulsu promieniowania o częstotliwości układu. Powoduje to wzbudzenie silnego prądu w układzie, który powoduje przepalenie jednego z elementów układu: diody lub opornika. Jest to metoda niewymagająca usuwania zabezpieczenia ani nawet znajomości miejsca, w którym się znajduje – niemniej jest „jednorazowa” – raz

zdezaktywowanego zabezpieczenia nie możemy ponownie użyć. Zdecydowanie nie jest to więc system nadający się do wykorzystania w bibliotekach!

Powszechnie stosowanym zabezpieczeniem „wielokrotnego użytku” są niepozornie wyglądające metalowe „druty” lub paski (zazwyczaj wtopione w plastik i przyklejone do artykułu bądź schowane w okładce czy grzbiecie książki). Podobnie jak w przypadku wcześniej opisywanych zabezpieczeń, bramka składa się z anteny emitującej słabe fale o niskiej częstotliwości (ok. 1 kHz) oraz odbiornika analizującego odbierany sygnał. Materiał, z którego zrobione jest zabezpieczenie, charakteryzuje się wysoką przenikalnością magnetyczną i jego oddziaływanie z falą elektromagnetyczną nadajnika zaburza sygnał, który odbierany jest w drugiej bramce. Odbiornik, porównując otrzymane sygnały z zapamiętanym wzorem, charakterystycznym dla użytego materiału, potrafi rozróżnić, czy pomiędzy bramkami znalazł się zwykły kawałek stalowego drutu (który też wykazuje podobny – lecz mniejszy efekt), czy też zabezpieczenie – i w zależności od tego wszczyna alarm. Dezaktywacja zabezpieczenia polega na umieszczeniu przy aktywnym materiale stałego magnesu – wtedy w stosunkowo słabym polu elektromagnetycznym bramki-nadajnika materiał nie zaburza już sygnału. W praktyce dodając koło paska będącego aktywnym materiałem kawałek ferromagnetyka, który możemy trwale namagnesowywać lub roznamagnesowywać, można odpowiednio wielokrotnie dezaktywować bądź ponownie włączać zabezpieczenie.

Opisane metody zabezpieczeń są stosunkowo tanie i proste w użyciu. Ich główną wadą jest konieczność rozstawiania bramek w niewielkiej odległości (ok. 1 m dla systemu „magnetycznego” i ok. 2 m dla „antenowego”), stąd nie nadają się do wykorzystania w sklepach czy bibliotekach o szerokim wyjściu.



Fizyka w szkole i komputery

Jerzy Karczmarczuk

Zakład Informatyki, Uniwersytet w Caen, Francja

Od odczytu danych i sterowania eksperymentami, poprzez symulację i wizualizację, aż do skomplikowanych obliczeń symboliczno-algebraicznych – fizyk bez komputera ani rusz. Wszystko to stanowi nieoddzielne elementy większości dziedzin naukowo-technicznych, z fizyką na czele. Co z tego *potrzebujemy* w szkole średniej?...

Potrzeba dydaktyczna zwykle bywa funkcją osobistej wizji uczącego i żaden program ministerialny tego nie zmienia. Pedagog, który nie lubi komputerów, nie będzie ich używał, a fascynaci mogą łatwo przesadzić. Niejeden wpada w pułapkę używania komputera jako symulowanego „świata”, w którym może modelować i ilustrować zjawiska fizyczne, nie przejmując się kłopotami z wyposażeniem rzeczywistej pracowni fizycznej i przesłaniając różnice między światem realnym a artefaktami numerycznymi (i często nie dostrzegając ich, a tutaj łatwo o poważne błędy). Inni, zachęcając uczniów do korzystania z zasobów Internetu, zapominają, że rozstrzelona informacja, nieoparta w miarę spójną metodologią nauczania, rzadko zostaje na trwałe w pamięci. Komputery stają się znakomitą zabawką, i... często nią pozostają...

Sensowne wykorzystanie tego narzędzia wymaga pewnej konsekwencji. Chcielibyśmy więc zaproponować Czytelnikom cykliczną rubrykę poświęconą zagadnieniom „fizyki komputerowej”, obejmującą głównie techniki obliczeniowe i graficzne. Nie ma to być kącik pokazowy, lecz raczej zachęta do samodzielnej pracy, przeznaczona dla osób, które nie boją się programowania. Pewna znajomość technik obliczeniowych będzie konieczna, aby w pełni skorzystać z tekstów i programów, dołączonych lub dostępnych na stronach internetowych działu, jednak nie mogą być one zawieszane w próżni, nauczyciele i uczniowie winni dysponować bogatą biblioteką oprogramowania pozwalającego na szybką realizację niewielkich projektów. Proponujemy więc zacząć od kryteriów, jakie winno ono spełniać, zdając sobie sprawę z faktu, że w tej dziedzinie nie ma panaceum.

- Po pierwsze, oprogramowanie winno być darmowe i w miarę możliwości dostępne zarówno pod Windows jak i pod Linuksem. Wtedy można myśleć o wspólnej bazie do pracy w szkole i w domu, a także o kontaktach z zainteresowanymi osobami pracującymi na wyższych uczelniach. Winno być stabilne, przetestowane przez instytucje dydaktyczne i dobrze udokumentowane (ze sporą liczbą przykładów). Oczywiście powinno być łatwe w instalacji.

- Winno być bogate i *zintegrowane*, dysponujące modułami numerycznymi i graficznymi, nadające się do pracy konwersacyjnej i wygodne w testowaniu. Te cechy są nieporównywalnie ważniejsze niż „szybkość” programów.
- Oprogramowanie winno ułatwiać pisanie programów krótkich i czytelnych. Takie będą nasze przykłady, a celem ich będzie nie tylko ich uruchomienie, ale przede wszystkim zrozumienie.

Ale co to jest właściwie „oprogramowanie” w niniejszym kontekście? Składają się nań następujące elementy:

- Język programowania, to oczywiste. Nie należy wpaść w pułapkę szukania najlepszego możliwego, bo go nie ma. Podstawowymi cechami będą dla nas łatwość opanowania i dysponowanie strukturami ułatwiającymi modelowanie naszej fizyki, a także dobra współpraca z modułami graficznymi. To może być (a na początku na pewno będzie) *niewielki* (w sensie struktur składniowych, deklaracji danych itp.) język, wbudowany w specjalistyczny pakiet.
- Interfejs użytkownika: łatwość redagowania i uruchamiania programów, wybór opcji, podręcznik *on-line*, operowanie okienkami graficznymi, poprawianie błędów itp.
- Bogata – jak już wspomnieliśmy – biblioteka z gotowymi podprogramami, modułami graficznymi, demonstracjami itp.

Wybór jest spory i wymaga przeanalizowania wielu możliwości. W ogóle nasz dział będzie miał raczej charakter zaawansowany i przeznaczony będzie dla Czytelników ambitnych i aktywnych. Uzupełnieniem materiałów drukowanych będą nasze strony internetowe, gdzie Czytelnik znajdzie instrukcje używania niektórych pakietów i języków programowania i będzie mógł korespondencyjnie wyjaśnić swoje wątpliwości. Ich utrzymywanie na bieżąco i rozwój będą jednak zależały w dużej mierze właśnie od echa ze strony Czytelników.

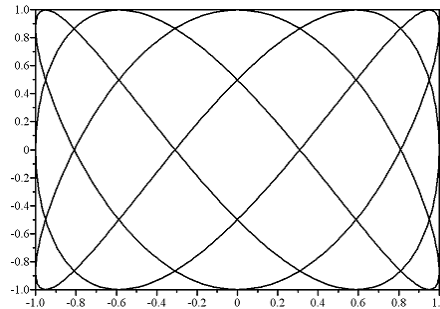
Proponujemy zacząć od zapoznania się ze **Scilabem**, uniwersalnym systemem do obliczeń naukowych i prezentacji, będącym dziełem instytutu INRIA (Roquencourt pod Paryżem). Jest to jedna z akademickich realizacji zbliżonych do komercyjnego pakietu **Matlab**, bardzo popularnego w środowisku naukowo-technicznym. Więcej można się dowiedzieć ze stron internetowych <http://pauillac.inria.fr/cdrom/www/scilab/eng.htm>.

Scilab dysponuje własnym językiem programowania, dość klasycznym (zblizonym do Pascala czy C), ale posiadającym użyteczną możliwość operowania na raz całymi tablicami w wyrażeniach algebraicznych, a także wygodne instrukcje tworzenia tych tablic. Te tablice (zbiory liczb: wektory, macierze) mogą reprezentować na raz całe trajektorie fizyczne, pola sił albo proste własności, ale dużej liczby cząstek. To pozwala unikać pisania pętli programowych, które wykonują te

same operacje wiele razy na kolejnych zmiennych. Jeśli x jest taką tablicą, to „sinus tablicy”, $\sin(x)$, staje się tablicą sinusów poszczególnych elementów.

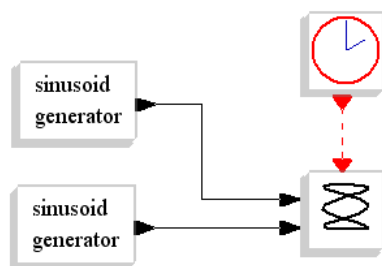
Napiszmy więc w tym stylu program, który rysuje na ekranie wykres Lissajoux, złożenie dwóch prostopadłych okresowych ruchów. Wystarczy trzy wiersze kodu:

```
t=2*pi*(0:1000)/1000;
x=sin(3*t); y=cos(5*t);
plot2d(x,y);
```



Zauważmy prostotę konstrukcji. t jest ciągiem liczb od 0 do 2π co 0.001. Definicje tablic x i y są tak samo zwarte, jak gdybyśmy chcieli sobie je po prostu zanotować na papierze. Procedura `plot2d` jest jedną z setek instrukcji dotyczących grafiki; w niniejszym kontekście działa jak „oscylograf”, wykreślając y względem x . Oczywiście mamy również do dyspozycji wiele procedur służących do generowania grafiki trójwymiarowej. Scilab dysponuje także modułami do tworzenia animacji, generatorami liczb losowych, niezbędnymi do symulowania zjawisk w fizyce statystycznej itp. Możemy wykonywać mnożenie tablic (odpowiadających sobie elementów): `(.*)` i mnożenie macierzowe `(*)`, użyteczne w składaniu obrotów. Większość tych elementów języka i towarzyszących bibliotek można opanować na prostych przykładach wbudowanych w pakiet albo towarzyszących dokumentacji.

Interesującym modułem wchodzącym w skład Scilabu jest **Scicos**, służący głównie do symulacji układów dynamicznych i pozwalający „rysować programy”, a właściwie składać je z cegiełek graficznych, połączonych liniami, którymi wędrują dane, oraz sygnały taktujące, definiujące „zdarzenia”, tj. z grubsza „momenty czasu, w których coś się dzieje”. Spróbujmy „narysować” program generujący takie same krzywe Lissajoux jak poprzednio.



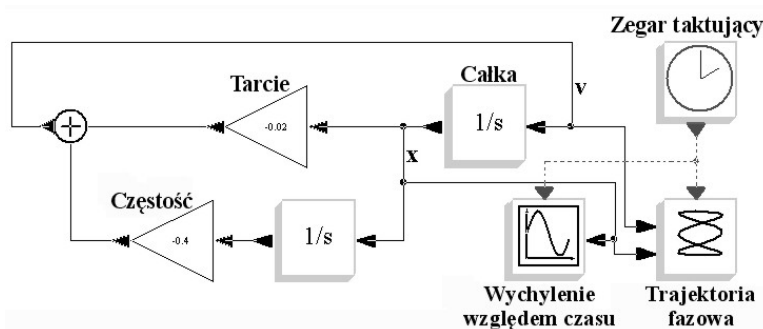
Otwieramy puste okienko i kilka okienek „palet”, zawierających rysunki takich elementów obwodu, jak zegar, generatory sinusoid, oscyloskopy, obwody całkujące itp. Wprowadzamy myszą te elementy do naszego okienka i łączymy obwód jak na rysunku. Teraz należy go sparametryzować.

W dalszym ciągu operując myszą, „otwieramy pudełka” i interakcyjnie definiujemy takie parametry, jak częstość sinusoid, fazy początkowe (aby druga z nich była raczej cosinusoidą, a nie sinusoidą), całkowity czas symulacji, czułość oscyloskopu itp. Następnie każemy program wykonać i dostajemy znany już nam wykres.

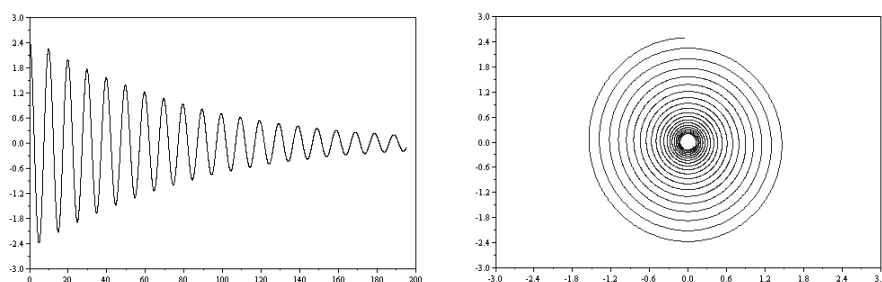
Scicos dostarcza nam dziesiątek różnych elementów: elementy mnożące sygnał przez stałą albo przez inny sygnał, całkowanie, dodawanie sygnałów, obcinanie powyżej progu, przełączniki pozwalające wybierać drogi przesyłania danych (które zastępują instrukcje warunkowe w programach tekstowych), „pudełka” programowalne pozwalające zadać dowolną funkcję napisaną w języku Scilabu, szereg wariantów obwodów do wizualizacji, statycznej i animowanej (gdzie czas biegnie rzeczywiście i plamka na ekranie porusza się) itp. Można także definiować własne elementy złożone z prostszych i zachować je na później w prywatnej palecie podukładów, „makrobloków”.

W tym odcinku proponujemy jeszcze jeden prosty (ale nie najprostszy) przykład na zaostrenie apetytu, później czekają nas inne modele, bardziej wyrafinowane. Pragniemy podkreślić, że naszym celem nie jest po prostu symulacja „prawdziwej fizyki”, ale potraktowanie komputera jako urządzenia ułatwiającego obserwację pewnych zjawisk, nie zawsze prostych w realizacji materialnej. A diagramy są czytelniejsze od programów tekstowych...

Naszym przykładem jest po prostu tłumiony oscylator harmoniczny w jednym wymiarze. Prędkość v jest pochodną czasową położenia, $v = \dot{x}$. Zapiszemy to symbolicznie odwrotnie, wyrażając położenie jako całkę z prędkości: $x = \int v$. Przyspieszenie \dot{v} spełnia równanie $\dot{v} + fv + kx = 0$, gdzie f jest współczynnikiem tarcia, a k określa kwadrat częstości drgań; masę przyjęliśmy równą 1. Prędkość jest więc symbolicznie określona przez $v = -fx - k \int x$. Definicje x i v są dwoma rekurencyjnymi, związanymi ze sobą równaniami. A oto program, który je rozwiązuje iteracyjnie, punkt po punkcie:



Linie ciągłe przenoszą „sygnały”, dane liczbowe, takie jak prędkość czy położenie, próbkowane w czasie. Linie przerywane są sygnałami taktującymi, łączącymi zegar z urządzeniami wykreślającymi wyniki. Trójkąty obrazują mnożenie przez stałe, tu: przez f lub k . Węzeł oznaczony jako $1/s$ jest obwodem całkującym (to symboliczne oznaczenie bierze się z reprezentacji całkowania przez transformatę Laplace’a w teorii obwodów liniowych), i to jest cały program. Całkowanie jest sumowaniem: sygnał wyjściowy jest (w przybliżeniu) sumą wszystkich wartości do tej pory odebranych na wejściu i akumulowanych. Zauważmy, jak zapętlona linia obrazuje równanie rekurencyjne spełniane przez prędkość: jest ona sumą wkładów otrzymanych po pojedynczym i podwójnym całkowaniu tejże prędkości. Doceńmy również, jak prosto jest dołączyć do „układu fizycznego” urządzenie obserwujące, tu: dwa warianty oscyloskopu. Parę sekund wystarczy, aby wrzucić inne urządzenie, np. obwód przesyłający dane do tablicy, która może być analizowana po zakończeniu symulacji. Uruchomienie programu generuje dwa (animowane albo statyczne) wykresy, wychylenie x w funkcji czasu oraz wykres fazowy: położenie x (na osi odciętych) względem prędkości v (oś rzędnych), parametryzowane czasem. A oto ich zdjęcia migawkowe:



Oczywiście, powyższy opis programu jest niekompletny, nie napisaliśmy, jak parametryzować pudełka (np. ustalać mnożniki, częstość taktowania zegara itp.). Jest to bardzo łatwe, możliwe w trybie konwersacyjnym, ale stanowi szczegół techniczny. Naszym celem było tylko pokazanie, że modelowanie i wizualizacja niekoniecznie muszą być związane z długimi i nieczytelnymi tekstami programów (oczywiście powyższy diagram posiada odpowiednik tekstowy, 240 wierszy kodu, którego lepiej na oczy nie oglądać..., ale nie musi nas to interesować). Zintegrowane pakiety w rodzaju Scilabu zmniejszają dystans między konceptualnymi modelami zjawisk fizycznych a ich realizacją na komputerze i pozwalają nie tylko na symulacje, ale i na projektowanie i analizę rzeczywistych doświadczeń. Ale pomysłów na ciekawe doświadczenia i ich wizualizację nie dostarczy żaden program, a składanie programu z graficznych klocków nie zmniejsza roli dyscypliny obliczeniowej programującego ani jego kompetencji w dziedzinie fizyki i mate-

matyki. W szczególności dobrze jest wiedzieć, że prosty oscylator tłumiony nie wymaga żadnego specjalnego programu do symulacji, gdyż rozwiązanie analityczne tego problemu jest dobrze znane.

Jednak, oprócz aspektów wizualnych, które są po prostu zabawne, pakiety w rodzaju Scicosu (czy innych, takich jak Labview, Simulink, Khoros albo Modelica) pozwalają popatrzeć nieco inaczej na model świata w komputerze: zamiast bloku programowego, który *kontroluje* zachowanie całego modelowanego „świata”, mamy zestaw podukładów, które widzą wzajemnie swoje własności i synchronizują swoje zachowania w sposób autonomiczny, trochę podobnie jak układy fizyczne w świecie realnym. Oczywiście nie wszystko daje się programować w ten sposób, ale pedagogiczne walory takiego wizualnego podejścia do symulacji zostały sprawdzone już wielokrotnie.

Nie chodzi tu zresztą wyłącznie o symulację fizyki, ale o konstrukcję oprogramowania naukowego i dydaktycznego w ogóle. Problemy obliczeniowe stają się coraz bardziej złożone i opanowanie techniki składania dużych aplikacji z małych modułów, które sobie wzajemnie przesyłają dane, jest rzeczą pierwszoplanową. W znacznej liczbie szkół (nie tylko w Polsce), i to nawet takich, gdzie naukę programowania traktuje się serio, popełnia się jednak zbyt często istotny błąd metodologiczny: poświęca się dużo czasu na opanowanie jakiegoś języka programowania i przerabia się małe, niezależne od siebie ćwiczenia, zapominając o tym, że istotny postęp w zastosowaniach komputerów bierze się nie ze sprawności programowania w jakimś języku, ani nawet z kodowania nowych algorytmów, ale z integracji istniejących rozwiązań, z umiejętności synchronizowania osobno programowanych modułów i współpracy wielu pakietów pisanych przez różne osoby w różnych językach.

Jak wspomnieliśmy na początku, zamierzamy poświęcić fizyce komputerowej cały cykl artykułów, nie ograniczając się zresztą do przykładów w Scilabie. Zapraszamy do współpracy, np. do nadsyłania propozycji tematów, które wydają się interesujące dla nauczycieli lub grup uczniowskich.



Poglądy Mariana Smoluchowskiego na nauczanie fizyki z perspektywy stulecia

Zofia Gołąb-Meyer

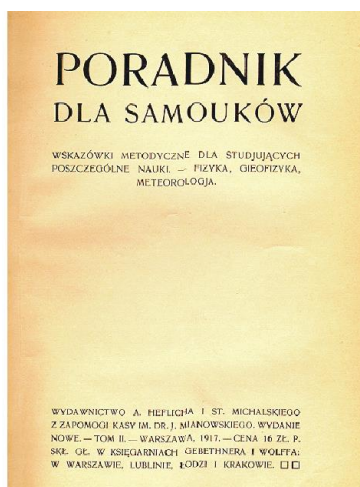
Wkład Smoluchowskiego w kształcenie fizyczne XX wieku w Polsce

Wiek XX został słusznie nazwany wiekiem fizyki. Jej niesłychanie szybki rozwój pociągnął za sobą takie zmiany w technice, iż zostało zrewolucjonizowane życie codzienne, powstały olbrzymie obszary powszechnego dobrobytu, zmienił się sposób komunikacji, podróżowania, prowadzenia wojen. Zmieniła się też edukacja, uległ zmianie, akceptowany przez większość, światopogląd.

Lawinowy rozwój fizyki został dokonany rękoma czy raczej mózгами wielkiej liczby fizyków i inżynierów, którzy zostali uprzednio odpowiednio przygotowani do tego zadania.

Wiek XIX pozostawił w spadku nie tylko trwały fundament rozwoju fizyki, lecz również wiedzę na temat, jak należy nauczać fizyki, rozumienie wagi powszechnej edukacji i, co równie ważne, zostawił w spadku powszechny szacunek dla nauki i uczonych oraz wolę wsparcia nauki. To solidna wiedza, na ogół podawana zgodnie z ustalonymi regułami sztuki, przygotowała kadrę dla wielkich odkryć i dla bardzo szerokiego frontu badań.

Marian Smoluchowski należał do wcale szerokiego kręgu tych wielkich uczonych, którzy przyczynili się nie tylko do powstania poprawnego kanonu nauczania, lecz również zastosowania go w praktyce. Smoluchowski w szeregu wielkich uczonych zajmujących się aktywnie problemem edukacji jest wyjątkowy. To on napisał *Poradnik dla Samouków* [1]. Książka Smoluchowskiego pod niewinnie brzmiącym tytułem jest jednym z tomów gigantycznego przedsięwzięcia elity uczonych polskich przełomu XIX i XX stulecia [2], przedsięwzięcia mającego przysłużyć się wzrostowi wykształcenia polskiego społeczeństwa, i jest w tym przedsięwzięciu dziełem szczególnym. Jest twórczą rekapitulacją współczesnej Smoluchowskiemu wiedzy na



Strona frontowa tomu II *Poradnika dla Samouków*, ukończonego przez Smoluchowskiego przed I wojną światową, a wydane w 1917 roku

temat nauczania, jest pracą zawierającą uniwersalne, ważne do dzisiaj (a wtedy nowe) uwagi na temat nauczania. Temu dziełu poświęcił Smoluchowski parę lat życia, zapewne kosztem pracy naukowej. W liście do żony z 9 stycznia 1915 roku z okazji robienia korekty napisał: „Wydaje mi się, jakby w tym tkwiła częśćka mojego ja” [3].

Smoluchowski zabrał się do pracy nad *Poradnikiem* w czasach, gdy panował klimat przychylny dla takich zainteresowań i aktywności. Wielcy uczeni pisywali prace popularnonaukowe, wypowiadali się publicznie na temat kształcenia, uczestniczyli w zjazdach nauczycieli i prowadzili aktywną działalność we wszelakich towarzystwach krzewiących naukę. Sami angażowali się w nauczanie eksperymentujące, jak np. Skłodowska-Curie z prowadzeniem domowej szkoły [4].

W owych czasach światłe kręgi społeczne, mieszczaństwo, inteligencja, urzędnicy, zaczęli przykładać wiele troski i uwagi w wychowanie, kształcenie i ogólnie rozwój swego potomstwa. Gdy czyta się biografie ludzi z tamtej epoki, odnajdujemy w nich (z punktu widzenia dzisiejszego) modelowe wręcz warunki dla rozwoju progenitury. Takie warunki znalazł w domu i szkole sam Smoluchowski.

Biorąc się za opracowanie *Poradnika*, nie wytyczał maczetą nowych szlaków, raczej tylko niezwykle solidnie i rzetelnie, z wielką inteligencją, wyczuciem i intuicją podsumował współczesną sobie wiedzę na temat nauczania. Z przenikliwością godną najwyższej uwagi ocenił stan nauczania fizyki na świecie i skonstruował istotne, ważne do dzisiaj uwagi na ten temat.

Wyjątkowość Smoluchowskiego na tle jemu współczesnych polega na niezwykłym oddaniu się słusznej sprawie oraz stworzeniu unikalnego dzieła o wielkiej praktycznej użyteczności. W *Poradniku* Smoluchowski omówił skrupulatnie przeszło 500 podręczników dla wszystkich szczebli nauczania, od podręczników dla szkół powszechnych, książek popularnonaukowych, do podręczników uniwersyteckich. Można sądzić, iż kolejne międzywojenne pokolenia polskich nauczycieli fizyki bezpośrednio czy pośrednio kształciły się i nauczały swoich uczniów, czerpiąc z wiedzy „poradnikowej”.

Ponieważ *Poradnik* został napisany po polsku, nie wywarł należnego wpływu na europejską i światową edukację. Idee i poglądy Smoluchowskiego na nauczanie fizyki, dzisiaj brzmiące jak oczywistości, zostały szerzej omówione w *Zeszytach Naukowych UJ* [5] oraz w *Fizyce w Szkole* przez autorkę artykułu [6].

Smoluchowski doceniał rolę nauczyciela w jakości nauczania. Podsumował to krótko: „lepiej żeby wcale nie uczył, niż żeby uczył fizyki dogmatycznie, czysto książkowo”.

Jednym z zagadnień żywo, a nawet z emocją, dyskutowany przez Smoluchowskiego jest problem zastosowań fizyki w technice i życiu codziennym [7]. Jest to problem wzbudzający zainteresowanie i emocje do dnia dzisiejszego. Wprawdzie Smoluchowski bardzo dobitnie stwierdzał, iż „naczelną zasadą w nau-

czaniu nie powinno być hasło «nauka dla nauki», lecz «nauka dla życia», to jednak pewne „pogłębienie filozoficzne” uważał za „kardynalny warunek ogólnego wykształcenia”. I tak chociaż Smoluchowski uważał „nieocenioną praktyczną wartość nauk ścisłych”, to „nie znaczy to bynajmniej, żeby w sposobie nauczania górować miał moment utylitarny. Przeciwnie, takie strywializowanie tej pięknej nauki uważałby za niepożądane”.

Smoluchowski, rasowy Europejczyk, dał wyraz swym poglądom we fragmencie recenzji jednego z podręczników amerykańskich [1], kreśląc jako rys czysto amerykański „zbyt wyraźne podkreślanie kwestii techniczno-uitylitarnych, mających służyć jako jedyny sposób zaciekawienia ucznia. W naszych szkołach przeciwnie, powinno się dążyć do wzbudzenia zaciekawienia samym przedmiotem i do wzbudzenia zapалу idealistycznego”.

W chwili obecnej europejskie podręczniki czasami mają tendencję bycia niemalże wyłącznie opisami zastosowań fizyki. Nawet tytuły podręczników, jak np. *Samochodem przez fizykę* [8], poddają się tej modzie.

Smoluchowski, światły intelektualista kształtujący edukację XX wieku nie mógł nie zająć stanowiska w kwestii udziału kobiet w nauce. Osobiście znał wybitne fizyczki: Marię Skłodowska-Curie, Tatianę Ehrenfest i Lisę Meitner. Był gorącym orędownikiem udostępnienia dziewczętom gimnazjów, szerokiego otwarcia uniwersytetów dla dziewcząt.

Jednakowoż sądził [9] (str. 152): „Nie wydaje się to prawdopodobnym, żeby na polu twórczości naukowej mogła zapanować z biegiem czasu równość zupełna, choć dysproporcja obecna niewątpliwie z czasem zmaleje”. Pomimo tej opinii twierdził, że „kobietom, które wstępują na drogę naukową, powinno się ułatwiać ich powołanie. Niech tu (jak na każdym innym polu) panuje zasada wolnej konkurencji. Oby ta konkurencja była jak najżywsza”.

Nauczanie i edukacja sto lat później

Ciekawa jest konfrontacja wizji i idei Smoluchowskiego (pisze on, co należy, jak być powinno) z praktyką i lansowanymi ideami obecnie, u progu XXI stulecia. Co się ziszcilo z ambitnych planów Smoluchowskiego i jemu współczesnych?

Gdyby tak dane było Smoluchowskiemu ocenić stan nauczania fizyki w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych, byłby on zapewne usatysfakcjonowany. Nauczanie fizyki weszło powszechnie do szkół jako kanon, a obowiązek szkolny obejmował, w zachodniej kulturze, całą zdolną do nauki populację.

Fizyka i jej problemy obecna była w mediach, młodzi z zapalem wstepowali do zawodu, który cieszył się prestige społecznym nie tylko z racji spektakularnych zastosowań technicznych. Wydawało się, że nauczano zgodnie z regułami sztuki, już znanymi Smoluchowskiemu, i udokumentowanymi później badaniami psychologów i pedagogów.

Gdyby jednak Smoluchowski dokonał krytycznej inspekcji stanu nauczania obecnie, być może jego zadowolenie nie byłoby tak wielkie. Z pewnością dostrzegłby negatywne, nieprzewidziane zjawiska w wymarzonej i spełnionej masowej edukacji. Czy jego krytyczny umysł dostrzegłby prawdziwe współczesne zagrożenia dla edukacji i ich konsekwencje?

Zamiast tego możemy postawić pytanie: „czy są obecnie równie przenikliwe jak Smoluchowski osobowości, równie poważne jak on i jemu współcześni, które zajęłyby się tym problemem?”. Czy incydentalne akcje noblistów, takie jak Leona Ledermana w Stanach Zjednoczonych (akcje w podmiejskich szkołach) lub jednak nieco oderwane od rzeczywistości projekty Kennetha Wilsona, czy nawet praktyczne działania francuskich noblistów: Pierre-Gillesa de Gennesa i George'a Charpaka, i paru innych wybitnych fizyków to działania wystarczające? Czy zainicjowana w CERN-ie akcja zbiorowa „Fizyka na Scenie” jest tym, co najbardziej potrzebne?

Nie ulega wątpliwości, iż obecnie sytuacja jest zupełnie odmienna, nowa i w pewnym sensie trudniejsza niż sto lat temu. Powszechne wykształcenie stało się faktem. Wizje Smoluchowskiego i jemu współczesnych, dotyczące powszechnego nauczania, zakładały milcząco, iż chęć do nauki wyrażą wszyscy, którym się (obowiązkowo) ją zaoferuje.

Niechęć do nauki, u części uczących się zarówno już wtedy jak i powszechnie teraz, jest spowodowana brakiem intelektualnych zdolności, jakie są potrzebne do realizacji klasycznych programów nauczania. Jest to fakt, o jakim w czasach elitarnych szkół nie myślano. To za to płacimy cenę dzisiaj. Niechęć do nauki występuje obecnie również z braku motywacji. Sto lat temu uważano, że każdy, kto dostałby szansę, rwałby się do nauki, a dzisiaj wiemy, że tak nie jest. Sto lat temu elita uczonych dyktowała, co uważa za ważne w powszechnym wykształceniu. Obecnie to uczący się (poprzez rodziców, ogół społeczeństwa) dyktują (tak właśnie, jest dyktat!), czego, kiedy i jak chcą się uczyć. Jedynym kryterium staje się „czy mi się przyda”, i to w krótkiej skali czasowej.

W odpowiedzi na ten dyktat fizycy oraz ludzie zajmujący się problemami nauczania wyprowadzają fizykę ze szkół na festiwale, pokazy, do muzeów. Ponieważ zauważono wreszcie niechęć do nauki i praktyczną (z rozmaitych powodów, takich jak np. brak zdolności uczniów, słaby poziom nauczycieli, brak czasu) niemożność nauczania ze zrozumieniem, w powszechnym nauczaniu postanowiono przesunąć akcent na propedeutykę i nauczanie o fizyce i jej zastosowaniach. Smoluchowski wierzył, że znajomość przedmiotów ścisłych wyrabia samodzielność sądów i odwagę przekonań, że „prowadzi walkę z błagą i z frazesem, chorobami, które toczą nasze społeczeństwo” [7].

Fizycy zgromadzeni na spotkaniu „Fizyka na Scenie” 2000 w Genewie postulują, by programy szkolne były tak skonstruowane, ażeby umożliwić uczniom podejmowanie racjonalnych decyzji, ocenianie szans i ryzyka w społecznym i eko-

onomicznym kontekście [10]. Jak widać, wiara w dobroczynne działanie znajomości fizyki pozostała. Zmieniają się tylko programy nauczania, zmienia się sposób nauczania.

Czy współczesne akcje dydaktyczne znalazłyby uznanie w oczach Smoluchowskiego?

Literatura:

- [1] Marian Smoluchowski, *Poradnik dla Samouków*, tom II, Wyd. A. Heflicha i St. Michalskiego, Warszawa 1917
- [2] Zofia Pawlikowska-Brożek, *Zeszyty Naukowe UJ. Prace Historyczne*, **8**, 131 (1987)
- [3] Armin Teske, Marian Smoluchowski, życie i twórczość, PWN, Warszawa 1955
- [4] Ewa Curie, *Maria Curie*, PWN, Warszawa 1972
- [5] Zofia Gołąb-Meyer, *Marian Smoluchowski and Physics Education*, Essays devoted to scientific and didactic work of Marian Smoluchowski (1872–1917), *Zeszyty Naukowe UJ MXXXIII*, Kraków 1991, pod redakcją Bronisława Średniawy
- [6] Zofia Gołąb-Meyer, „Mariana Smoluchowskiego poglądy na nauczanie fizyki”, *Fizyka w Szkole* 1983, a także *Foton**, 1993
- [7] Pisma Mariana Smoluchowskiego z polecenia PAU, zgromadzone i wydane przez Władysława Natansona, tom III, Kraków 1928, Drukarnia UJ
Rozdział IX, *Znaczenie nauk ścisłych w wykształceniu ogólnem* – Przemówienie wygłoszone podczas Zjazdu Członków Towarzystwa Nauczycieli Szkół Wyższych w dniu 27 maja 1917 roku w Auli UJ.
Muzeum, tom XXXIII, czerwiec 1917, str. 286–294
- [8] Jan Blinowski, *Samochodem przez fizykę*, Oficyna Edukacyjna K. Pazdro, Warszawa
- [9] Pisma Mariana Smoluchowskiego z polecenia PAU, zgromadzone i wydane przez Władysława Natansona, tom III, Kraków 1928, Drukarnia UJ
Rozdział XI, *Kobiety w naukach ścisłych*, Odczyt wygłoszony w Związku Naukowo-Literackim we Lwowie w roku 1912
- [10] *Proceedings Physics on Stage 2000*, CERN, Genewa 2001



fot. Z.G-M

Instytut Fizyki we Lwowie przy ulicy Długosza.
Tu być może Smoluchowski pracował nad *Poradnikiem*



Dlaczego widzimy trójwymiarowo?

Sławomir Brzezowski

Instytut Fizyki UJ

Aby widzieć trójwymiarowo, musimy mieć możliwość wyraźnego (ostrego) widzenia obydwójgiem oczu. Zwykła wada wzroku nie stanowi tu przeszkody: wystarczy włożyć odpowiednie okulary.

Widzenie trójwymiarowe to zdolność porównywania odległości różnych przedmiotów, które jednocześnie znajdują się w naszym polu widzenia. Nasz mózg potrafi dokonać takiej oceny dzięki temu, że patrzymy dwójgiem oczu, znajdujących się w różnych miejscach. To kilkucentymetrowe przesunięcie jednego oka względem drugiego sprawia, że obrazy przesyłane do mózgu z obydwójgiem oczu, chociaż podobne, nieco różnią się od siebie. Wyjaśnia to poniższy rysunek. Spoglądamy w terenie w stronę dwóch drzew. Każde oko widziałooby te drzewa nieco inaczej ustawione względem siebie i innych obiektów, a nasz mózg, porównując te dwa obrazy, wyciągnie z tych różnic wnioski, że drzewo z prawej stoi bliżej niż to z lewej, a obydwie są bliżej niż Słońce.



obraz w oku lewym



obraz w oku prawym

W każdym oku tworzy się nieco inny obraz.

Znajdź te różnice i na ich podstawie spróbuj odtworzyć przestrzenny rozkład obiektów

Warto sobie uświadomić, jak sprawnym komputerem jest mózg ludzki (i zapewne nie tylko ludzki): komputer ten widzi w zasadzie dwa różne obrazy. Potrafi jednak rozpoznać na nich te same przedmioty i dokonać porównania, a także „nałożyć” te dwa (różne!) obrazy na siebie w taki sposób, abyśmy nie widzieli

podwójnie. Drobnie różnice między obrazami są przez mózg rejestrowane poza naszą świadomością i interpretowane jako skutek różnych odległości do obiektów.

Wszystkie te umiejętności są nabyte i na przykład noworodek ich nie posiada. Spróbujmy, patrząc w dal, ucisnąć lekko róg oka tam, gdzie zbiegają się powieki. Na skutek tego gałka oczna ulegnie niewielkiemu obróceniu, co sprawi, że obraz na siatkówce tego oka ulegnie przesunięciu. Od razu zaczynamy widzieć podwójnie! Przyczyna tego jest następująca: obrazy tych samych przedmiotów tworzą się teraz na obydwu siatkówkach w różnych miejscach, a nie tak jak zwykle, w miejscach, które nasz mózg przyzwyczajony jest kojarzyć ze sobą. Z takim sygnałem nasz mózg sobie nie radzi i stwierdza, że każde z naszych oczu widzi coś zupełnie innego. Gdybyśmy jednak z takim „zezowatym” okiem pozostali na czas dłuższy, to mózg po jakimś czasie zorientuje się w nowej sytuacji, skojarzy obrazy odbierane z obydwójga oczu, inaczej przyporządkuje odpowiadające sobie pary punktów na siatkówkach i znowu zaczniemy widzieć pojedynczo.

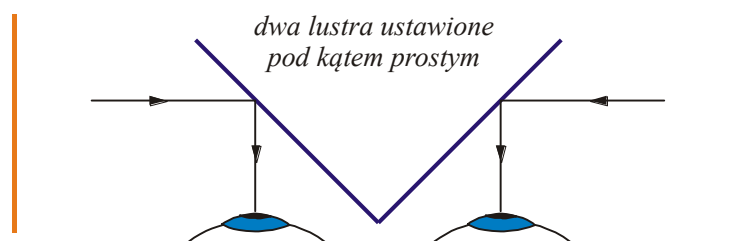
Nasza zdolność do widzenia trójwymiarowego pozwala na wywołanie wrażenia głębi za pomocą zwykłych, płaskich fotografii. Postępujemy następująco:

Wybieramy jakiś trójwymiarowy, nieruchomy obiekt, na przykład koronę rozłożystego, pozbawionego liści drzewa. Wykonujemy jedno po drugim dwa ostre zdjęcia tej korony, ustawiając aparat w dwóch różnych punktach pozostających w odległości 6–10 cm jeden od drugiego¹. Jest to odległość podobna do odległości naszych oczu. Odbitki tych zdjęć ustawiamy wraz z dwoma lustrami tak, jak pokazano na rysunku.

WIDOK Z GÓRY

zdjęcie lewe

zdjęcie prawe



Sposób na oglądanie obrazów trójwymiarowych z dwóch specjalnie przygotowanych zdjęć

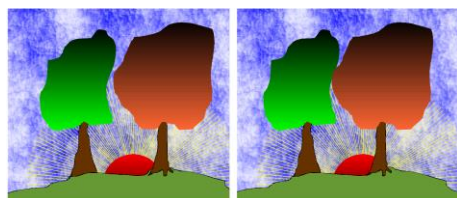
¹ Używa się specjalnych dwuobiektywowych aparatów fotograficznych, które pozwalają zrobić te dwa zdjęcia jednym „pstryknięciem” (a więc równocześnie), ale takiego aparatu zapewne nie mamy.

Patrzemy w lustra i tak manewrujemy zdjęciami, aby nie widzieć podwójnie. W chwili, gdy obrazy nałożą się na siebie, zobaczymy trójwymiarową koronę drzewa.

Na podobnej zasadzie działają dwuokularowe przegładarki do trójwymiarowych przeźroczy.

Istnieje możliwość widzenia trójwymiarowego z wykorzystaniem podwójnego obrazka naniesionego na jedną kartkę papieru. Metoda ta nazywa się „**okiem cyklopa**” i z przyczyn, które staną się jasne za chwilę, pozwala na oglądanie tylko bardzo niewielkich obrazków. Materiał do oglądania przygotowujemy następująco:

Parę nieco różnych obrazków (takich jak te z drzewami i Słońcem), po jednym dla każdego oka, układamy obok siebie na stole w możliwie małej odległości jeden obok drugiego. Tu wykorzystaliśmy obrazki z wcześniejszego rysunku. Oto one:



Obrazki przystosowane do oglądania „okiem cyklopa”

Teraz przychodzi kolej na wyćwiczenie pewnego odruchu a raczej na wyćwiczenie umiejętności przełamania odruchu, który posiadamy. Jest jasne, że patrząc na przedmioty bliskie, nieco zezujemy, a patrząc na dalekie, rozsuwamy źrenice. Przenosząc wzrok z obiektu bliskiego na daleki, musimy dodatkowo zwiększyć ogniskową soczewek w naszych oczach. W naszym mózgu obydwie te operacje są sprzężone ze sobą. Z przyczyn, które zaraz wyjaśnimy, będziemy musieli na potrzeby naszego eksperymentu nauczyć się przełamania tego sprzężenia: zaczynając od „zeza” przy spoglądaniu na książkę, spróbujemy zlikwidować tego zeza (czyli rozsunąć źrenice) i jednocześnie nie utracić ostrości widzenia tego, co jest na papierze. Rzecz wymaga ćwiczeń – niektórym może to na początku zająć nawet kilkadziesiąt minut.

Najlepiej ćwiczyć od razu na parze obrazków². Patrzymy na obrazki ustawione w odległości, z jakiej zwykle czytamy. Na siatkówce każdego oka powstaje obraz obydwu obrazków. Teraz wyobrażamy sobie, że książka jest przezroczysta,

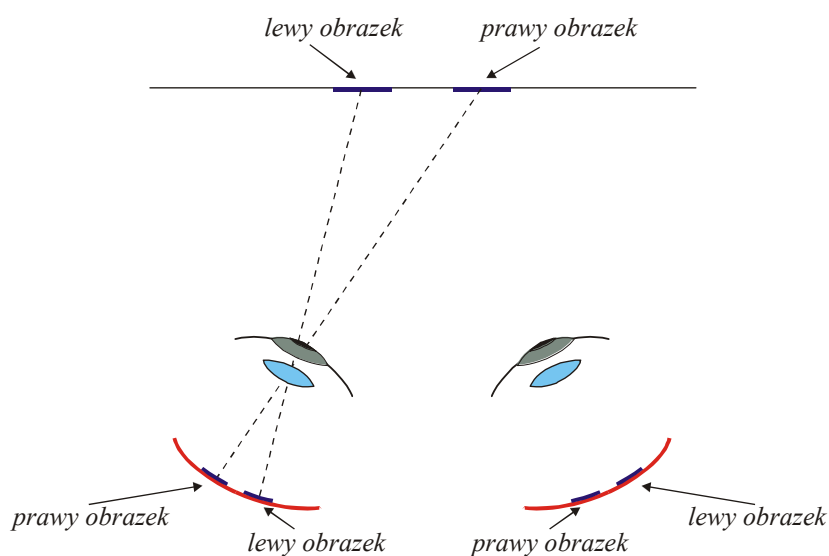
² Jeżeli mamy wadę wzroku i nie widzimy ostro każdym okiem z osobna, to bez okularów doświadczenie się nie uda.

że gdzieś w oddali za (pod) książką dzieje się coś, co chcemy zobaczyć. Nasze źrenice rozsuną się, co będzie miało dwojaki skutek:

1. zaczniemy widzieć podwójnie, czyli z miejsca, w którym jest każdy z dwóch obrazków, zaczną się rozsuwać na boki dwie jego kopie (zobaczymy więc np. cztery słoneczka),
2. obrazki zaczniemy widzieć nieostro.

Brakiem ostrości na razie nie warto się przejmować. Skupiamy uwagę na wewnętrznej parze słoneczek i staramy się, aby utworzyły jedno (nasunęły się na siebie). Po chwili wysiłków na pewno się uda. Gdy środkowe słoneczka pokryją się, widzimy trzy obrazki: dwa skrajne i jeden środkowy, zrobiony z dwóch³. Ten właśnie będzie trójwymiarowy.

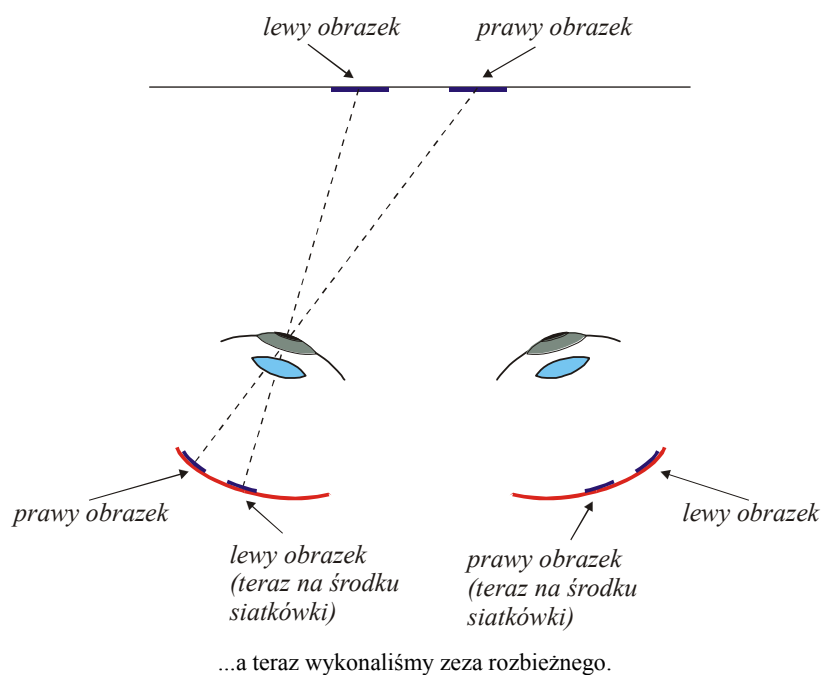
Czas na zrozumienie mechanizmu tego zjawiska. Jaki jest skutek rozsuwania źrenic? Jest jasne, że polega ono na obracaniu obydwoma gałkami ocznymi w kierunku boków twarzy. Sięgnijmy teraz wyobraźnią do wnętrza oczu. Na każdej siatkówce mamy parę obrazków. Jeżeli patrzymy na książkę w zwykły sposób, to obrazki te wypadają na siatkówkach obydwu oczu w miejscach pokazanych strzałkami (na siatkówce obraz jest odwrócony!).



Oglądanie „okiem cyklopa”. Jesteśmy przygotowani do wykonania zezu rozbieżnego...

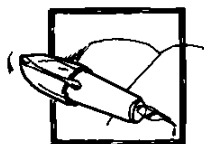
³ Najczęściej w tym samym momencie następuje wyostrenie obrazu.

Przypomnijmy sobie, że nasz mózg przyzwyczajony jest do kojarzenia odpowiadających sobie miejsc na obydwu siatkówkach. Na przykład środek lewej siatkówki kojarzony jest ze środkiem prawej, czyli nasz mózg przyzwyczajony jest do tego, że to, co widzi środek lewej siatkówki, to jest „ta sama rzecz”, którą widzi środek prawej siatkówki. Wykorzystamy to do oszukania mózgu.



Rozsuwamy źrenice, w wyniku czego w lewym oku środek siatkówki podsuwa się pod lewy obrazek, a w prawym pod prawy. Kiedy to się uda, widzimy trzy obrazki: środkami obydwu siatkówek widzimy obydwie, nieco różniące się wersje obrazków, lewym brzegiem lewej siatkówki widzimy prawy obrazek, prawym brzegiem prawej siatkówki – lewy obrazek. Te dwa ostatnie obrazki wypadają na skrajach pola widzenia i nie zwracamy na nie uwagi; źródłem naszej uciechy jest oczywiście to, co widzą środki siatkówek.

Artykuł jest rozdziałem z podręcznika *Fizyka i astronomia 2. Zakres rozszerzony*.
Wydrukowany dzięki uprzejmości i za zgodą Wydawnictwa Pedagogicznego OPERON.



RECENZJA

Ostrożnie z prezentami (o przewodniku dla nauczycieli)

Witold Zawadzki

Instytut Fizyki UJ

Darowanemu koniowi należy zajrzeć w zęby, czyli recenzja propozycji testów zawartych w *Przewodniku dla nauczyciela do pierwszej części podręcznika do liceum i technikum „Fizyka i astronomia”* autorstwa P. Walczaka i G.F. Wojewody (wyd. OPERON)

Przewodnik zawiera 45 zadań dostosowanych tematycznie do treści pierwszej części podręcznika. Znaleźć tu można zarówno zadania obliczeniowe, jak i pytania „teoretyczne”, sprawdzające wiedzę ucznia. Treści zadań są zwięzłe i krótkie. Większość zadań zawiera jednak poważne błędy! Zapewne ani Autorzy, ani Recenzenci nie przeczytali ich uważnie, a już na pewno nie pokusili się o ich samodzielne rozwiązanie. Mam nadzieję, że zadania te nie trafią do uczniów, a jeżeli tak, to tylko (tak samo jak podręcznik) w celu rozwijania zmysłu krytycznego ucznia. *Przewodnik* stanowi „Prezent od wydawnictwa OPERON”. To dobrze, bo kupować go nie warto!

Oto kilka przykładowych zadań zawartych w *Przewodniku* i nasze uwagi do nich. Pełne omówienie zadań można znaleźć na stronie internetowej Sekcji Nauczycielskiej PTF <http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~ptf/SN/> (wejście również przez *Foton*).

Ruch

5. Paweł jest dwa razy lżejszy od Michała. Obaj stoją na łyżwach. W pewnym momencie Michał odpycha się od Pawła i odjeżdża od niego z pewną prędkością. W wyniku tego Paweł:

- A. odjeżdża z większą prędkością od Piotra,
- B. odjeżdża z mniejszą prędkością,
- C. odjeżdża z taką samą prędkością,
- D. pozostaje w miejscu (nie działa na niego żadna siła poruszająca go).

Uwagi:

Pierwszą zagadką jest pojawienie się trzeciego imienia, drugą – brak poprawnej odpowiedzi! Zamierzeniem autorów było pewnie sprawdzenie, czy uczeń potrafi zastosować zasadę zachowania pędu. Sformułowanie „odjeżdża od niego z pewną prędkością” sugeruje jednak, że chodzi o prędkości względne, będące wektorami przeciwnymi.

Energia mechaniczna i efekty relatywistyczne

11. Sprawność układu napędowego silnika samochodu wynosi 90%. Moc silnika samochodu wynosi 50 kW. Oblicz wartość prędkości tego samochodu, jeśli wartość siły oporu powietrza wynosi 3 kN, a samochód jedzie z szybkością 50 km/h.

Uwagi:

Ewidentnie treść zadania nie była czytana przez Recenzenta – zauważyłby zamieszczenie odpowiedzi w samej treści. Co ciekawsze, podana odpowiedź jest sprzeczna z wartością obliczoną z pozostałych danych.

Energia mechaniczna i efekty relatywistyczne

1. W jednym z podanych przykładów NIE jest wykonywana praca mechaniczna. Wskaż, który to przykład.

- A. Kot Mruczek wchodzi po drabinie na dach.
- B. Michał przenosi siatkę z zakupami ze sklepu do samochodu.
- C. Monika pcha pusty wózek.
- D. Narciarz jest wciągany przez wyciąg na górkę.

Uwagi:

W każdym z podanych przykładów jest wykonywana praca mechaniczna. Można domyślić się, że najbardziej poprawna jest tu odpowiedź B. Jednak uczeń liceum wie o tym, że bohater zadania wykonuje pracę, gdyż pokonuje opory ruchu, może przyspiesza, zwalnia, na pewno zmienia się wysokość jego środka ciężkości.

8. Długość pręta znajdującego się w rakiecie, według obserwatora także będącego w tej rakiecie wynosi 1 m. Rakietę porusza się z prędkością 0,6 c względem Ziemi. Długość tego pręta według obserwatora stojącego na Ziemi wynosi:

- A. 1,6 m B. 1,2 m C. 1 m D. 0,8 m

Uwagi:

Autorzy nie podali, jak jest ustawiony pręt względem kierunku prędkości, a od tego zależy wynik.. To są zadania testowe i sytuacja fizyczna powinna być jednoznacznie określona, tak aby uczeń nie musiał domyślać się, o co chodziło Autorom.

Oddziaływania w przyrodzie

2. Gdy jedziesz windą do góry, twój ciężar:

- A. rośnie,
- B. maleje,
- C. nie zmienia się,
- D. jest równy zero.

Uwagi:

Prawdopodobnie autorom chodziło o sytuację człowieka stojącego na wadze w ruszającej do góry windzie. W takim razie pytanie powinno być na temat wskazania wagi.



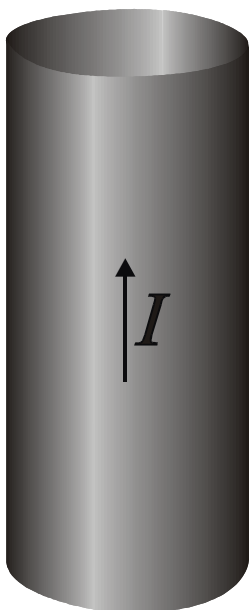
KĄCIK ZADAŃ

Rura przewodząca prąd – bilans energii

Sławomir Brzezowski

Instytut Fizyki UJ

Rozważmy długą prostą okrągłą cienkościenną rurę o promieniu r , której ściankami (wzdłuż rury) płynie prąd elektryczny o natężeniu I .



1. Jakie naprężenia wystąpią w rurze? Spróbuj udzielić ilościowej odpowiedzi na to pytanie w takiej formie, jaką uznasz za właściwą.

2. Wyobraź sobie, że rura jest zupełnie wiotka i utrzymuje swój kształt tylko dzięki temu, że jest wypełniona nieściśliwą, nieprzewodzącą substancją, utrzymywaną pod odpowiednim ciśnieniem p . Oblicz to ciśnienie.

3. Wyobraź sobie, że do rury wtłoczono taką ilość ww. substancji, że promień rury zwiększył się o dr (zakładamy, że ścianki rury są idealnie rozciągliwe i dla ich rozciągania nie trzeba wykonywać pracy). Rozważ następujący bilans energii:

a. Wtłoczenie cieczy wymaga wykonania pracy.

b. Na skutek zgrubnięcia rury tracimy energię zawartą w polu magnetycznym wypełniającym ciekłą warstwę przestrzeni otaczającej rurę przed napompowaniem, bo wewnątrz rury pola magnetycznego nie ma.

Bilans ten jest jawnie niedomknięty. Wskaż brakujący element w tym bilansie i przeprowadź odpowiedni rachunek wykazujący domknięcie się bilansu.

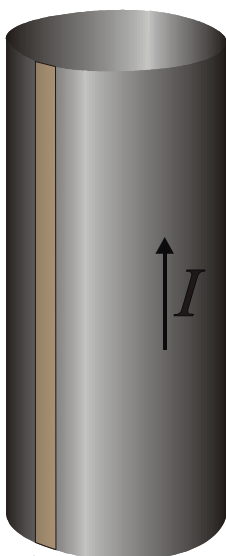
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Ad 1 i 2

Jak wiemy, wartość pola na zewnątrz rury maleje jak odwrotność odległości R od osi rury

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}.$$

Rozważmy wąski pasek powierzchni rury, równoległy do jej osi. Szerokość tego paska oznaczmy przez Δx . Pokażemy, że pasek ten wciągany jest do wnętrza rury, i obliczymy siłę działającą na odcinek paska o dowolnie wybranej, ustalonej długości l .



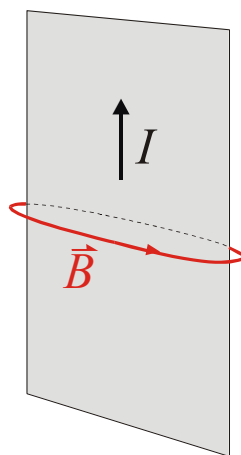
Δx

W tym celu zastanówmy się nad tym, jakie pole magnetyczne zastalibyśmy w szczelinie, która powstałaby po usunięciu paska. Pytanie tylko na pozór jest trudne. Zakładamy, że pasek jest na tyle wąski, że może być uznany za płaską wstęgę przewodzącą prąd elektryczny. Jak wiemy, wstęga taka otoczona jest polem magnetycznym, którego linie są zamkniętymi pętlami. Przy samej powierzchni wstęgi linie te są do powierzchni wstęgi równoległe, a wartość bezwzględna pola magnetycznego po obydwu stronach jest blisko wstęgi jednakowa i wynosi (σ oznacza gęstość powierzchniową prądu, o wymiarze $\frac{\text{A}}{\text{m}}$)

$$B_0 = \frac{\mu_0 \sigma}{2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}.$$

Dodanie tego pola do pola panującego w szczelinie sprawia, że po jednej stronie wstęgi pole znika, a po drugiej wynosi $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi}$. Na tej podstawie stwierdzamy, że pole w szczelinie jest prostopadłe do jej brzegów, jego wartość wynosi $B_0 = \frac{\mu_0 I}{4\pi}$, a jego zwrot jest taki, jak pokazano na rysunku (pole \vec{B}_0).

W tym właśnie polu zanurzony jest prąd płynący wyodrębnionym paskiem, na który ze strony tego pola działa siła Lorentza, wgniatająca pasek do wnętrza rury, o wartości



$$\Delta F = \Delta x \sigma B_0 = \Delta x l \frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 r^2}.$$

Dzieląc przez powierzchnię paska, otrzymujemy stąd poszukiwane ciśnienie

$$p = \frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 r^2}.$$

Możemy teraz obliczyć naprężenia powstające w ściankach realnej, sztywnej rury. Obliczmy siłę, jaką dociskane są do siebie połówki odcinka rury o długości l . Połówki wiotkiej rury utrzymywane byłyby w równowadze przez siłę powstającą z pomnożenia ciśnienia p przez powierzchnię przekroju, oddzielającą połówki

rury równą $2rl$, czyli połówki dociskane są siłą o wartości $F = \frac{\mu_0 I^2 l}{4\pi^2 r}$. Tak więc w ściankach rury powstaje naprężenie ściskające styczne do obwodu rury, o wartości $N = \frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 r}$ na jednostkę długości rury.

Ad 3

Właczając substancję nieściśliwą, wkładamy pracę dW_1 i jeszcze tracimy część energii zawartej w polu magnetycznym dW_2 . Na co idą te dwie porcje energii? Obliczmy je najpierw.

Jeżeli promień rury ma wzrosnąć o dr , to do odcinka rury o długości l musimy wtłoczyć objętość $dV = 2\pi r l dr$. Przy znanym ciśnieniu p wymaga to pracy

$$dW_1 = p dV = \frac{\mu_0 I^2 l dr}{4\pi}.$$

W tej samej objętości znika pole magnetyczne o wartości $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, czyli tracimy energię

$$dW_2 = \frac{1}{2\mu_0} B^2 dV = \frac{\mu_0 I^2 l dr}{4\pi}.$$

Co stało się z energią $dW_1 + dW_2 = \frac{\mu_0 I^2 l dr}{2\pi}$?

Musimy uświadomić, sobie, że rura jest częścią zamkniętego obwodu: w nieskończoności do „końców” rury przyczepione są przewody zasilające. Obwód ten obejmuje określony strumień pola magnetycznego, który ulega uszczupleniu, gdy

rura grubieje. Na odcinku l oznacza to zmniejszenie się strumienia o $d\Phi = Bldr$. Podczas zwiększania grubości rury na odcinek l przypada siła elektromotoryczna samoindukcji, która – jak można łatwo pokazać – działa w kierunku płynącego prądu. Siła ta przyczyniałaby się do wzrostu prądu, chyba że na czas zwiększania grubości rury włączymy do obwodu odpowiednio dobrany dodatkowy opór, który ten wzrost prądu uniemożliwi. Na tym oporze wydzieli się energia dW , którą teraz obliczymy.

Niech wzrost grubości rury nastąpi w czasie dt . Siła elektromotoryczna indukcji rodząca się na odcinku rury o długości l wyniesie $E = \frac{d\Phi}{dt}$ (możemy założyć, że siła elektromotoryczna samoindukcji jest stała podczas całego odcinka czasu dt – nie ma to istotnego znaczenia dla wyniku naszego rozumowania). Podczas pęcznienia rury siła elektromotoryczna samoindukcji wykona pracę $dW = Edq$, gdzie dq jest ładunkiem, który zdąży przepłynąć przez rurę w czasie dt , równym $I dt$.

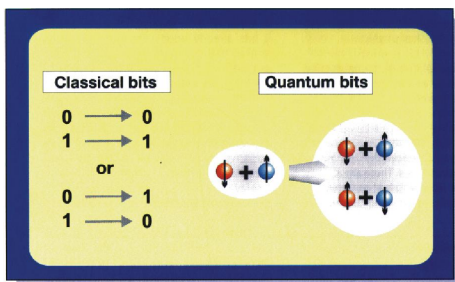
Mamy więc $dW = \frac{Bldr}{dt} I dt = Bldr = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} I l dr = \frac{\mu_0 I^2 l dr}{2\pi r}$, czyli bilans energetyczny został domknięty.



CZYTAMY PO ANGIELSKU

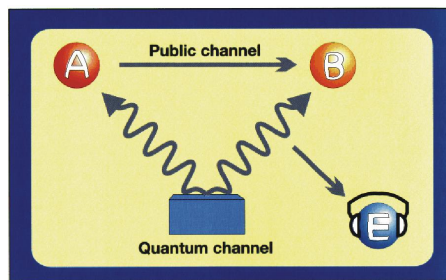
Quantum computers

Physics. Physics research: topics, significance and prospects, Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V., October 2002, str. 52



Classical bus (left) can only take on a value of “0” or “1”. In a computational operation, they can either retain or switch these values. Quantum bits can exist simultaneously in a state of “0” and “1” by means of superposition. After a computational operation, the result is a complex superposition of all possible output bits as a function of the input bits.

Secure data transmission can be achieved in quantum cryptography if Alice (A) and Bob (B) encrypt their data using a code that they exchange via a quantum channel. Eve (E), the spy, cannot top this code without Alice and Bob noticing. (Oliver Benson, University of Constance)



Dictionary:

switch – zamienić

complex – zespolony

encrypt – zaszyfrować

quantum channel – kanał kwantowy

to top the code – podglądać kod



DOŚWIADCZENIE NA DESER

Konstruowanie elementów optycznych z żelatyny

Witold Zawadzki

Instytut Fizyki UJ

Przy nauczaniu optyki w szkole niezbędne jest pokazanie przechodzenia promieni świetlnych przez różne elementy optyczne jak soczewki, pryzmaty itp. Przyrządy te można w łatwy i tani sposób wykonać wycinając je z bloku żelatyny. Dzięki zjawisku rozpraszania promień światła (np. ze wskaźnika laserowego) przechodzący przez taki element jest dobrze „widoczny”. Dużą trudność stanowi natomiast dokładne wycięcie żądanego kształtu.

M. Branca i I. Soletta przedstawili w kwietniowym numerze *The Physics Teacher* prostszy sposób. Polega on na wlewaniu płynnej żelatyny do odpowiednio wykonanej foremki. Przygotowaną foremkę można umieścić w większym naczyniu (np. rozciętym na połowy kartonie po soku). Po stwardnieniu element usuwa się z foremki, a tę można użyć powtórnie. Formę soczewki cylindrycznej można wykonać z gładkiej części plastikowej butelki po napojach, natomiast formę na pryzmat - z trzech szkiełek mikroskopowych sklejonych razem taśmą.

Ważne jest odpowiednie dobranie gęstości żelatyny. Wykonana zgodnie z przepisem jest zbyt miękka. Odpowiednią sztywność elementów optycznych uzyskano stosując dwukrotnie mniej wody, niż zaleca producent. Do formy należy wlewać żelatynę już lekko przestudzoną. Zbyt gorąca powoduje odkształcenie plastikowych form.

Przedstawiona metoda posiada kilka zalet: wykonanie elementów jest bardzo tanie, uczniowie sami mogą „tworzyć” soczewki o różnych ogniskowych. Wadą jest krótki czas przydatności – po około dwóch dniach elementy przestają być przezroczyste oraz tracą pierwotne kształty.



Physics Challenges for Teachers and Students

The Physics Teacher, American Association of Physics Teachers (AAPT) podaje adres: <http://www.aapt.org/tpt>, pod którym można znaleźć zadania Paula Hewitta i Borisa Korsunsky'ego z rubryki *Physics Challenges for Teachers and Students*. Rozwiązania zadań należy wysłać na adres Borisa Korsunsky'ego korsunbo@gse.harvard.edu

Prędkość/szybkość

Dyskusja na temat rozróżniania znaczeniowego tych pojęć, zainicjowana w *Fotonie 79*, toczy się. Zapraszamy do dyskusji i do odwiedzenia strony internetowej PTF <http://www.ptf.agh.edu.pl/SN>. Ostatnio Ludwik Lehman nadesłał artykuł *Nocne rozmyślenia fizyka szkolnego. O sztuce dzielenia włosów na cudzych głowach*. W Internecie zamieszczony jest również komentarz do tego artykułu Profesora Bernarda Jancewicza.

Zachęcamy do podróży w wirtualnym muzeum zegarów im. Przypkowskich na stronie internetowej <http://www.jedrzejow.home.pl>

Mamy nadzieję, że w czasie wakacyjnych wędrówek odwiedzicie to unikalne muzeum w Jędrzejowie.



CO CZYTAĆ

Einstein na huślawce czyli fizyka zabaw, gier i zabawek, Krzysztof Ernst, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2002, s. 222.

Długo zapowiadana przez Wydawnictwo Prószyński i S-ka publikacja jest pierwszym opracowaniem książkowym, dotyczącym fizyki zabawek, gier i zabaw, wydanym Polsce i jednym z nielicznych na świecie. Książka składa się z 25 rozdziałów. W każdym z nich omawiana jest określona zabawka, gra lub zabawa. Rozdziały te można czytać niezależnie od siebie. Kilka rozdziałów to rozszerzone i zmienione wersje wcześniejszych publikacji Autora, w formie artykułów, głównie w „Wiedzy i Życiu”. Rozważania fizyczne uzupełniają ciekawostki historyczne, szczegóły techniczne i anegdoty. Do zrozumienia tych rozważań wystarcza wiedza fizyczna z zakresu szkoły średniej. Tam, gdzie jest to konieczne i daje się łatwo wykonać, rozważania poparte są wzorami i obliczeniami. Główny nacisk jest jednak położony na wyjaśnienie zjawisk fizycznych wykorzystywanych w omawianych zabawkach, grach i zabawach. Ważnym i użytecznym elementem książki jest obszerna bibliografia, obejmująca 184 artykuły i 21 książek, głównie angielskojęzycznych. W kilku przypadkach podane zostały również adresy stron internetowych, dotyczących omawianej tematyki. Mankamentem publikacji są drobne błędy, głównie literowe. Podsumowując, książka napisana jest interesująco, przystępnie i wnikliwie. Warto więc ją polecić przede wszystkim uczniom i nauczycielom ale nie tylko – również dla studentów i fizyków może być pożyteczną i przyjemną lekturą.

Stanisław Bednarek

Mechanika, Jerzy Ginter, Wydział Fizyki UW, Warszawa 2003

Polecamy uwadze Państwa skrypt *Mechanika*, przygotowany przez Profesora Jerzego Gintera dla Studium Podyplomowego Fizyki z Astronomią Uniwersytetu Warszawskiego.

Skrypt jest przeznaczony dla tych, którzy komputer traktują jako naturalne uzupełnienie słowa pisanego. Na CD znajdują się „stowarzyszone” ze skryptem programy, zadania, animacje.

Fizyka. Spojrzenie na czas, przestrzeń i materię – Encyklopedia PWN, zgodnie z zaleceniem MENiS, Warszawa 2002

Z przykrością musimy ostrzec. Niewielka encyklopedia w przystępnej cenie, w zasadzie idealna dla licealistów jako uzupełnienie podręcznika. Niestety jest bardzo nierówna. Hasła astronomiczne, historyczne i filozoficzne są ciekawe i poprawne, natomiast nie można tego powiedzieć o niektórych hasłach z fizyki, wobec czego – nie polecamy.

Encyklopedia Szkolna. Fizyka z Astronomią

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna, Warszawa 2002

Każda szkoła powinna ją posiadać.

Fizyka. Tematy maturalne. Nowy zbiór zadań i arkusze egzaminacyjne

Wydawnictwo szkolne OMEGA

Redakcja **nie** poleca uczniom tej książki. Nauczyciele powinni czytać bardzo krytycznie i traktować jako źródło informacji o nowym stylu zadań.

ZG-M

Książki nadesłane:

Dowody z Księgi, Martin Aigner, Günter M. Ziegler

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002

Między duchem a materią pośredniczy matematyka, Hugo Steinhaus

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Wrocław 2000

Jan Czochralski i jego metoda, Paweł Tomaszewski

Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Oficyna Wydawnicza ATUT – Wrocławskie Wydawnictwo Oświatowe, Wrocław – Kcynia 2003

Nauka w nanosekundę, James A. Haught

Prószyński i S-ka, Warszawa 1997



XV Jesienna Szkoła „Problemy Dydaktyki Fizyki” Borowice

*Urszula Mięśok
Gimnazjum w Pieńsku*

W dniach 4–8 listopada 2002 r., jak zwykle w Borowicach, odbyła się XV Jesienna Szkoła „Problemy Dydaktyki Fizyki”, której organizatorami byli: Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego, Instytut Kształcenia Ustawicznego Nauczycieli i Studiów Edukacyjnych DSWE we Wrocławiu, OSI Compu Train S.A. W Warszawie, EDUKOM we Wrocławiu, Wrocławski Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli i Dolnośląskie Centrum Doskonalenia Nauczycieli.

Zajęcia trwały od rana do późnego wieczora, a ich główny temat to: „Fizyka w zreformowanej szkole – oczekiwania i pierwsze rezultaty”. Opiekunem naukowym XV Jesiennej Szkoły PDF był prof. dr hab. Waław Świątkowski, a jej „dużą i ciałem” (jak zwykle) Stanisław Jakubowicz, wspomagany przez Ewę Dębowską, Wojciecha Małeckiego i Zygmunta Mazura.

Uczestnicy wysłuchali niezwykle ciekawych wykładów, między innymi:

- „Czy można zatrzymać światło?” – prof. dr hab. Ewa Dębowska,
- „Refleksje recenzenta podręczników szkolnych” – prof. dr hab. Waław Świątkowski (dużo można by mówić o błędach w podręcznikach szkolnych),
- „Piękno gwiazd” – mgr Ludwik Lehman,
- „Chaos w szkole” – prof. dr hab. Piotr Pierański.

Uczestnicząc w różnorodnych warsztatach i seminariach, np.:

- ✓ Intel – nauczanie ku przyszłości (prowadzenie: Dariusz Pękała, Roman Rozmysłowicz),
 - ✓ Zderzenia – modelowanie numeryczne (prowadzenie: Stanisław Plebański, Tomasz Bartoszek, Andrzej Urbaniak),
 - ✓ Fizyka na progach: szkoła podstawowa – gimnazjum – liceum ogólnokształcące – studia (prowadzenie: Beata Krywult-Szczudło, Wojciech Małecki),
- mogliśmy pogłębiać naszą wiedzę, doskonalić umiejętności i wymieniać się refleksjami na temat poruszanych zagadnień.

Podczas warsztatów „Fizyka na progach” między innymi porównywaliśmy podstawy programowe przyrody w szkole podstawowej i fizyki w gimnazjum. Podstawy te są bardzo dobrze skorelowane, ale nauczyciele uczący w gimnazjum jednogłośnie stwierdzili, że w kl. I nie można wygzekwować od uczniów umiejętności przewidzianych programem nauczania przyrody. Jak to będzie dalej? Czy fizyka zaczynać się będzie w gimnazjum? A co z fizyką w przyrodzie? Jest jej tak mało w programie przyrody, a do tego realizacja zagadnień z fizyki pozostawia wiele do życzenia.

Pan Wojciech Dindorf, po raz kolejny, czarował nas swoimi pokazami. Wszystkie zajęcia były bardzo ciekawe i wywoływały burzliwe dyskusje, które prowadzono jeszcze podczas przerw i posiłków.

Tradycyjnie:

- o codziennie ukazywał się Biuletyn Informacyjny z refleksjami na temat tego, co już się odbyło, i propozycjami na dzień następny (skład redakcji Biuletynu: Ewa Dębowska – nadredaktor, Waław Świątkowski – szalejący fotoreporter, Wojciech Małecki – reporter, Maciej Sójka – oprawca graficzny oraz techniczny),
- o w środę odbyła się UROCZYSTA SESJA WIECZORNA,
- o bardzo późnymi wieczorami: gitara i śpiew (prowadzenie: Ludwik Lehman i Witek Polesiuk), które umilały czas.

Po raz pierwszy:

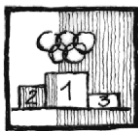
- o Maciek Sójka stworzył stronę WWW o Jesiennych Szkołach „Problemy Dydaktyki Fizyki”, nad którą będzie pracował (taką nadzieję mają wszyscy uczestnicy i autor strony też) – www.jspdf.prv.pl,
- o podczas Uroczystej Sesji Wieczornej, w wykonaniu aktorów-fizyków, zostały przedstawione fragmenty sztuki, która w roku jej powstania (1992) była komedią, a dziś poprzez jej aktualność, mimo gromkich śmiechów, stała się tragedią.

Uczestnicy Szkoły mieli też możliwość zapoznania się z propozycjami wydawniczymi: Wydawnictwa Szkolnego PWN oraz Wydawnictw Szkolnych i Pedagogicznych.

O Jesiennej Szkole PDF można pisać i pisać, a ja chcę jeszcze wspomnieć o tym, że wśród nas, fizyków, znalazł się plastyk, Krzysztof Kowalski, który zaprezentował wykorzystanie zagadnień z fizyki na swoich zajęciach z plastyki, a potwierdził to pracami uczniów.

Zajęcia i atmosfera Jesiennych Szkół PDF pozostaje w sercach jej uczestników na kolejne dwa lata (do następnej Szkoły), a zdanie wypowiedziane przez plastyka: „Tym bardziej trzymajmy się razem, tym większy sens naszych wspólnych spotkań i współpracy, bośmy ostoją normalności” niech świadczy o tym, że spotkania te są niezwykle twórcze i cenne.





Turniej Młodych Fizyków 2003

Andrzej Nadolny

Instytut Fizyki PAN, Warszawa

W Warszawie zakończył się **Turniej Młodych Fizyków 2003**, organizowany przez Polskie Towarzystwo Fizyczne dla uczniów szkół średnich. W przeciwieństwie do Olimpiady Fizycznej impreza ta wymaga nie tylko znajomości fizyki, ale także umiejętności publicznej prezentacji swoich opracowań, w których fizyka jest stosowana do rozwiązywania najrozmaitszych problemów, często związanych z codziennym życiem. Ważna jest tu również umiejętność prowadzenia dyskusji i obrony swoich racji. Są to cechy bardzo przydatne we wszelkich dziedzinach aktywności, dlatego ich rozwijanie u polskiej młodzieży jest szczególnie aktualne.

W Turnieju uczestniczyło 37 drużyn uczniowskich z całej Polski, skupiających ponad 200 uczniów. W pierwszym etapie uczniowie przesyłali pisemne opracowania zagadnień wybranych spośród 17 zadanych tematów, które wymagały nie tylko dużej wiedzy teoretycznej, ale również wykonywania doświadczeń. Drużyny, które nadesłały najlepsze prace, uczestniczyły następnie we właściwych zawodach turniejowych, wzorowanych na konferencji naukowej – z referatami i publiczną dyskusją. Zawody takie odbyły się w Katowicach (z udziałem 4 drużyn wybranych spośród 14, które nadesłały prace) oraz Warszawie (z udziałem 7 drużyn wybranych z 23, które nadesłały swe prace). Po dwie zwycięskie drużyny z zawodów katowickich i warszawskich zmierzyły się w końcu na zawodach finałowych, zorganizowanych w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Tutaj obowiązywał już język wszystkich poważnych konferencji naukowych (nie tylko fizycznych) – angielski. Grono jurorów, wywodzących się z krajowych i zagranicznych ośrodków naukowych, z wielką satysfakcją przysłuchiwało się referatom i dyskusjom stojącym na bardzo wysokim poziomie, zarówno pod względem merytorycznym, jak i językowym. Po wyrównanej i emocjonującej rywalizacji

– pierwsze miejsce zajęła drużyna XIV Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Staszica w Warszawie pod opieką nauczyciela Stanisława Lipińskiego, w składzie: Magda Sowińska (kapitan), Jacek Bobiński, Tomasz Czekala, Piotr Podziemski, Andrzej Nowojewski (uczeń XXXIII LO im. M. Kopernika w Warszawie).

Dalsze miejsca przypadły drużynom:

- drugie – I Liceum Ogólnokształcącego im. Tadeusza Kościuszki w Legnicy,
- trzecie – Grupy Twórczej *Quark* z Pałacu Młodzieży w Katowicach,
- czwarte – I Liceum Ogólnokształcącego im. Mieszka I w Świnoujściu).

Wszyscy uczestnicy finałowych zawodów otrzymali pięknie wydaną książkę o fizyce u progu XXI wieku *Physics research: topics, significance and prospects*, będącą darem Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego dla Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Zakład Teorii Cząstek Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego ufundował jednej z drużyn (ze Świnoujścia) nagrodę w postaci uczestnictwa w Przedszkolu Fizyki przy Zakopiańskiej Szkole Fizyki Teoretycznej w czerwcu br.

Zwycięska drużyna będzie reprezentowała nasz kraj w **Międzynarodowym Turnieju Młodych Fizyków**, który odbędzie się na początku lipca w Uppsali (Szwecja). Wezmą w nim udział 23 kraje z niemal wszystkich kontynentów.

Pelniejsze informacje o Turnieju Młodych Fizyków są dostępne na stronie internetowej <http://ptf.fuw.edu.pl//tmf.html>

Sponsorzy Turnieju

Fundacja J&S *Pro Bono Poloniae*

Fundacja Bankowa im. Leopolda Kronenberga

Ministerstwo Edukacji Narodowej i Sportu

Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk

Zakład Teorii Cząstek Instytutu Fizyki UJ

Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk



KRONIKA

Fizyka na Scenie w Tarnowie

Marek Lipiński

Uczniowie klasy 1b (matematyczno-informatycznej) z I Liceum Ogólnokształcącego im. K. Brodzińskiego w Tarnowie: **Paulina Kusza, Alicja Łoboda, Rafał Łośko, Błażej Rzepka, Damian Skarżyński, Piotr Zaszczudłowicz** wraz ze swym nauczycielem fizyki **Markiem Lipińskim** zorganizowali imprezę „Fizyka na Scenie” pod tytułem *Powietrze – życiodajna mieszanina gazów*. W kwietniu i maju odbyło się 8 pokazów, w których wzięło udział ponad 1000 uczniów z 32 klas licealnych i gimnazjalnych.

Pierwszy pokaz miał miejsce 23 kwietnia 2003 r. w auli szkolnej I LO. Udział wzięło 120 osób z 4 klas pierwszych. Obecny był dyrektor szkoły, nauczyciele fizyki oraz przedstawiciele grona pedagogicznego szkoły.

Stremowani na początku uczniowie dzięki przychylnemu przyjęciu przez widzów, z każdym wykonanym pokazem i doświadczeniem nabierali pewności siebie i wiary we własne możliwości.

Całość prezentacji wspomagana była multimedialną serią slajdów wykonanych przez uczniów w środowisku *Power Pointa* oraz kamerą, której obraz na dużym ekranie dawał możliwość dokładnego obejrzenia efektu wszystkich doświadczeń, nawet tym z ostatnich rzędów sali.

Ciekawe i efektowne pokazy przypominały i przybliżyły uczestnikom wiadomości na temat powietrza, jego składu i własności, łącząc mikroskopowy model kinetycznej teorii budowy gazów z makroskopowymi parametrami takimi jak ciśnienie, temperatura, objętość czy gęstość, opisującymi jego stan.

W czasie spotkania widzowie zostali proszeni o odpowiedzi na pytania np. o masę powietrza, jaką zawiera średniej wielkości pokój czy aula szkolna. Dużym zaskoczeniem było szacowanie tych mas powietrza – odpowiednio równe ok. 45 kg i 500 kg. Na oczach zebranych (przy użyciu pompy próżniowej) zważone zostało powietrze w litrowej kolbie szklanej oraz wykazana została różnica mas jednakowych baloników: napompowanego i pustego.

Pobudzająco na wyobraźnię podziałało wyliczenie-oszacowanie na podstawie „Rocznika statystycznego” ilości ziaren zbóż, jakie ludzkość zebrała od początku uprawiania roli i porównanie jej z liczbą Avogadra. Liczba Avogadra, z którą każdy uczeń obcuje na co dzień na lekcjach chemii, okazała się być 1000-krotnie większą od wspomnianej ilości ziaren.

Ważną rolę w prezentacji odegrała szkolna pompa próżniowa, dzięki której wszyscy przekonali się jak duże jest ciśnienie atmosferyczne z chwilą, gdy pod jej

kloszem znalazły się kolejno zawiązana gumowa rękawiczka i zawiązany nienapompowany balonik.

Duże wrażenie zrobiło ciastko-pianka w polewie czekoladowej, które prawie 2-krotnie „urośli” po odpompowaniu powietrza.

Zwrócono uwagę słuchaczy na to zjawisko w kontekście dekompresji, której rygory muszą zachować wynurzający się z dużych głębokości płetwonurkowie.

Zmniejszenie ciśnienia pod kloszem pompy umożliwiło ukazanie roli powietrza w propagacji fal dźwiękowych oraz skutek obecności powietrza, jakim jest siła oporu działająca podczas ruchu ciała (rura Newtona). Półkule magdeburskie dały możliwość wykazania ciężkości fizycznej niektórym z widzów. Wynik znów był zgodny z historycznym doświadczeniem.

Ostatnim doświadczeniem z aerostatyki było udowodnienie istnienia siły wyporu w powietrzu, zgodnie z prawem Archimedesesa. Zawieszona na wadze w powietrzu zamknięta szczelnie puszką aluminiową została zrównoważona odważnikami. Gdy zawieszono puszkę pod kloszem pompy próżniowej, okazało się, że puszką jest „cięższa”. Jakościowo podobny efekt można było zaobserwować porównując zachowanie unoszących się w powietrzu baloników napełnionych helem, z balonikami z argonem i powietrzem.

Końcowy fragment spotkania, to kilka doświadczeń ilustrujących prawo Bernoulliego, opisujące dynamikę płynów. Paradoksy hydrodynamiczne z blaszkami łukowymi, blaszkami kołowymi, lejkiem i stożkiem oraz z modelem rozpylacza pozwoliły widzom zrozumieć, wywodzące się z zasady zachowania energii, podstawowe prawo dynamiki płynów.

Doświadczenie z trzema piłeczkami pingpongowymi, które utrzymywały się nawet w ukośnej strudze powietrza, wydmuchiwanej przez specjalną końcówkę wykonaną na zajęciach koła, były punktem wyjścia do rozważań nad siłą nośną, jaka powstaje na płatach skrzydeł szybowców i samolotów silnikowych.

Spotkanie kończyły dwa efektowne doświadczenia z użyciem płomienia palnika. W jednym, w którym płomień palnika ogrzewał pionową 2 metrową rurę PCV, okazało się, że rura zaczęła wydawać jednostajny dość niski dźwięk. W drugim doświadczeniu z metalową rurą, wypływający z kilku otworów gaz zmieniał wysokość płomienia po nachyleniu jej pod pewnym kątem do poziomu.

Głęboki haust helu z balonika i następnie mgr Marek Lipiński głosem jak z filmów Kaczora Donalda pożegnał publiczność.

Fakt, że planowany jednokrotny występ stał się początkiem serii kolejnych z udziałem młodzieży ze starszych klas I LO, Zespołu Szkół Mechaniczno-Elektrycznych w Tarnowie oraz Gimnazjów Nr 2 i 4 w Tarnowie, może być uznany jako sukces tego rodzaju przedsięwzięcia na tarnowskim gruncie.

Udział w następnych spotkaniach zapowiedziały klasy trzecie kilku tarnowskich gimnazjów.



Demonstracja prawa Bernoulliego



Rękawiczka pod kloszem próżniowym



Rura z gazem



KOMUNIKAT
Sekcja Młodych
Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Chcielibyśmy zaprosić Państwa do współpracy w ramach **Sekcji Młodych Polskiego Towarzystwa Fizycznego**. Głównymi celami działalności Sekcji są:

- promocja oraz popularyzacja fizyki wśród młodzieży,
- aktywizacja studentów fizyki,
- umożliwienie młodym fizykom łatwiejszego wejścia w świat nauki,
- umożliwienie wymiany informacji między osobami pochodzącymi z różnych ośrodków naukowych.

Członkami Sekcji Młodych mogą zostać członkowie Polskiego Towarzystwa Fizycznego w wieku nieprzekraczającym 35 lat, nieposiadający stopnia naukowego doktora hab. – m.in. **uczniowie szkół średnich**, studenci studiów dziennych oraz doktoranckich.

Zainteresowanych dalszymi informacjami lub uczestnictwem w pracach Sekcji prosimy o kontakt listowny pod adresem:

Instytutu Fizyki im. Augusta Chełkowskiego,
Sekcja Młodych Polskiego Towarzystwa Fizycznego – pokój 152
ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice

lub poprzez pocztę elektroniczną z tymczasowym Zarządem Sekcji:

Beata Walasek – przewodnicząca Sekcji <beatawalasek@tlen.pl>,
Beata Kaczorowska – zastępca przewodniczącego <b_kaczorowska@tlen.pl>,
Andrzej Ptok – zastępca przewodniczącej <aptok@tlen.pl>.



KOMUNIKAT

II Małopolski Konkurs z Fizyki i Astronomii dla Gimnazjalistów w roku szkolnym 2002/2003

II Małopolski Konkurs z Fizyki i Astronomii dla Gimnazjalistów zorganizowany na zlecenie Małopolskiego Kuratora Oświaty w Krakowie przez Niepubliczną Placówkę Doskonalenia Nauczycieli – Studio Edukacyjne "INDEKS".

Patroni Konkursu to: Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Sekcja Nauczycielska Polskiego Towarzystwa Fizycznego i Redakcja *Fotonu*.

W finale konkursu udział wzięło 197 uczniów.

Puchar przechodni Prezesa Polskiego Towarzystwa Fizycznego Oddziału Krakowskiego zdobyli uczniowie z Publicznego Gimnazjum nr 54 im. Świętej Rodziny w Krakowie.

Trzy pierwsze miejsca przypadły:

Lp	Nazwisko ucznia	Imię ucznia	Klasa	Nazwa szkoły	Miasto	Nauczyciel
1	Fuerst	Jan	II c	Gimnazjum nr 17	w Krakowie	Matoga Barbara
2	Kawula	Krzysztof	III b	Gimnazjum nr 3	w Koszycach Wielkich	Miś Stanisław
3	Sobczyk	Marcin	III b	Gimnazjum nr 24	w Krakowie	Wójcicka Jadwiga

Pełna lista laureatów konkursu oraz licznych sponsorów znajduje się na stronie: <http://www.indeks.krakow.pl/>



KOMUNIKAT

Rozstrzygnięcie konkursu na afisz noblowski

Nie zawiedliście nas.

Na ogłoszony w numerze 69 *Fotonu* (Zima 2002) konkurs na afisz noblowski, odpowiedzieliście przysłaniem 55 bajecznie kolorowych prac z 9 szkół: z Bochni, Końskich, Szczecina, Skarżyska-Kamiennej, Samborca, Włoszczowy, Płocka, Nowego Sącza i Krakowa. To dla nas ogromna radość, kiedy tak żywo reagujecie na nasze propozycje. W pokojach Redakcji brakowało miejsca na ogromne tuby, a nam przybywało energii do pracy, bo każda nowa przesyłka świadczyła o poszerzaniu naszego oddziaływania.

Wasze prace, zaprezentowane na tablicach posterowych w holu Instytutu Fizyki przed salami wykładowymi, cieszyły oczy przez trzy dni, od 13 do 15 maja, i przyciągały tłumy oglądających. Wśród nich byli profesorowie naszego Instytutu jak i innych uczelni Krakowa, których przywiodło na te tereny znane, czwartkowe Konwersatorium. Wielu to wybitni specjaliści z dziedziny astrofizyki i cząstek elementarnych. Ocenili Wasze pomysły jako ciekawe, niektóre zostały nawet zakupione! Teraz będą ozdabiać gabinety naukowe i laboratoria.

Wiele prac wyróżniało się urodą graficzną, inne pomysłami. Stosowano rozmaite techniki: od rysunków ołówkiem do udanych propozycji komputerowych. Niestety, często prace udane graficznie miały wiele błędów merytorycznych. Szkoda. Powszechnie neutrino było rodzaju męskiego. To nie „ten neutrino”, tylko „to neutrino”!

W skład jury oprócz członków Redakcji *Fotonu* weszli znani profesorowie i pracownicy naukowcy Instytutu Fizyki UJ. Przyznano pierwszą nagrodę za afisz, który zawierał dużo bezbłędnie podanych informacji, co wśród Waszych prac było chlubnym wyjątkiem. Afisz nadesłała Justyna Baster z XXXI LO z Krakowa.

Drugą nagrodę uzyskała praca również z XXXI LO, autorstwa Katarzyny Jasińskiej, a trzecią, uwaga! gimnazjalistki Barbary Ryndak z Gimnazjum nr 3 w Nowym Sączu.

Nagrodę Publiczności – 44 głosy – zdobył afisz nazwany *Galaktyka spiralna* wykonany przez: Ninę Szmulewicz, Agnieszkę Lemonkiewicz, Agnieszkę Gościecką, Katarzynę Ziółkowską z III LO im. Marii Dąbrowskiej w Płocku.

Drugie miejsce (27 głosów) publiczność przyznała plakatowi Katarzyny Kubary ze Skarżyska-Kamiennej. Ten plakat, wykorzystany jako ilustracja okładki tego zeszytu, został wyróżniony też przez Redakcję *Fotonu*.

Wszystkim uczestnikom serdecznie dziękujemy za radość jaką sprawili Redakcji, oglądającym, swoim nauczycielom, i mamy nadzieję, sobie samym. W czasie wykonywania afiszy dowiedzieliście się zapewne wielu ciekawych rzeczy o zjawiskach, którymi zajmowali się Nobliści, o ich życiu, o krajach, z których pochodzą, i chyba nie żałujecie poświęconego czasu, nawet jeśli nie zdobyliście nagrody!

Dyrektor Instytutu Fizyki ufundował nagrody, roześlemy je na podane przez Was adresy.

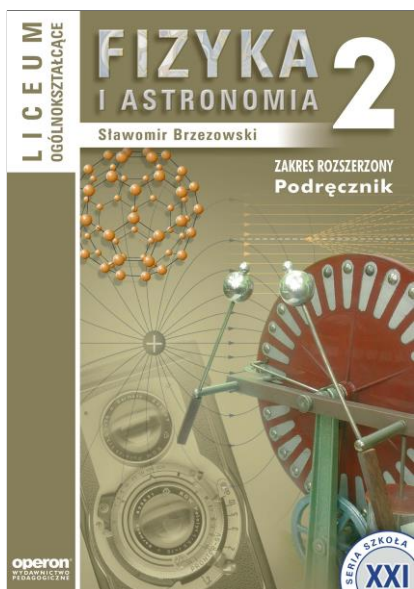
AD



I nagroda jury

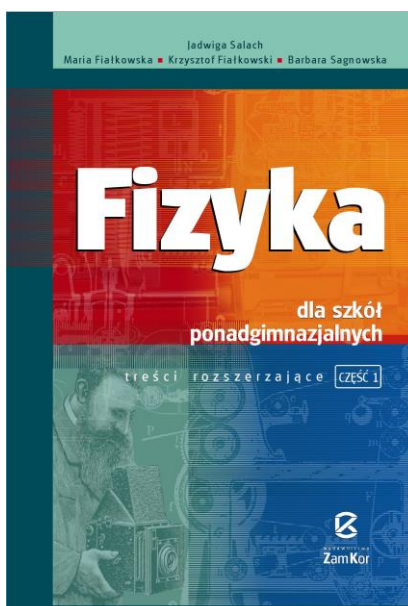
Zdjęcie z czasów szkolnych, portretowanego na wielu plakatach, Noblisty dra Masatoshi Koshiby zamieściliśmy na wewnętrznej stronie okładki.

Podręczniki do fizyki z zakresem poszerzonym



Wydawnictwo Pedagogiczne OPERON
ul. Hutnicza 3
81-212 Gdynia

Wydawnictwo ZamKor
ul. Tetmajera 19
31-352 Kraków





KOMUNIKATY REDAKCJI

SPOTKANIA ŚRODOWE W IF UJ

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

Uprzejmie informujemy, iż w **środy o 16⁰⁰** w roku szkolnym 2003/2004 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/>

Pracownia Zbiorów 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 Zbiorów, 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**

Foton — pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów
wydawane przez
FOTON
Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

ISSN 1234-4729

Zespół redakcyjny:
Zofia Gołąb-Meyer (red. nacz.), Katarzyna Cieślar, Anna Dohnalik,
Krystyna Dulińska, Paweł Góra, Jerzy Karczmarczyk

Adres Redakcji:
FOTON
Instytut Fizyki UJ, 30-059 Kraków, ul. Reymonta 4
tel. (0-12) 632-48-88 w. 5563 lub w. 5677
fax (0-12) 633-70-86 lub (0-12) 633-40-79
e-mail: foton@if.uj.edu.pl
e-mail: meyer@alphas.if.uj.edu.pl

<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>
łatwy alias <http://www.foton.z.pl>
Sekcja Nauczycielska PTF <http://www.ptf.agh.edu.pl/SN>

Redakcja techniczna, opracowanie graficzne i skład:
Anna Gagattek, IF UJ

Wykonanie okładki:
Wydawnictwo JAK Andrzej Choczewski
<http://www.jak.krakow.pl>

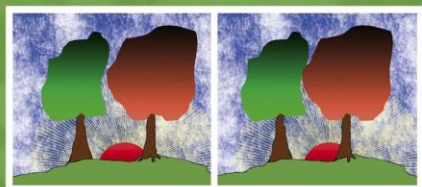
*Druk i oprawa: Poligrafia Inspektoratu Towarzystwa Salezjańskiego
ul. Konfederacka 6, 30-306 Kraków, tel. 266-40-00*

Warunki prenumeraty:

Cena prenumeraty rocznej wynosi 20,00 zł. Wyższe wpłaty, np. wyższych uczelni,
traktujemy jako sponsorowanie *Fotonu*. Pieniądze należy wpłacić na konto:

Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki UJ
"FOTON"
Bank Przemysłowo-Handlowy IV O Kraków
Nr r-ku: 10601389-320000477690

Prosimy o poinformowanie Redakcji o dokonanej wpłacie i podanie nr NIP.



Widzenie trójwymiarowe



Uczniowie Publicznego Gimnazjum im. Świętej Rodziny w Krakowie wraz z dyrektorką szkoły panią Krystyną Karkowską i nauczycielką fizyki panią Urszulą Krawiec-Wróbel prezentują zdobyty przez siebie puchar PTF