

Foton 88

WIOSNA
2005

Pismo dla nauczycieli fizyki i przyrody oraz ich uczniów

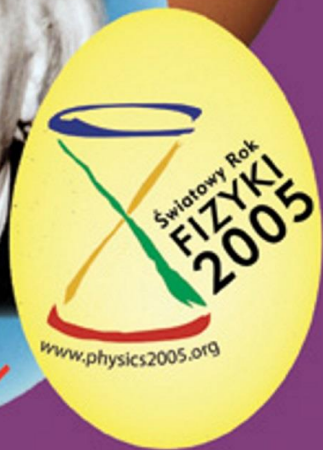
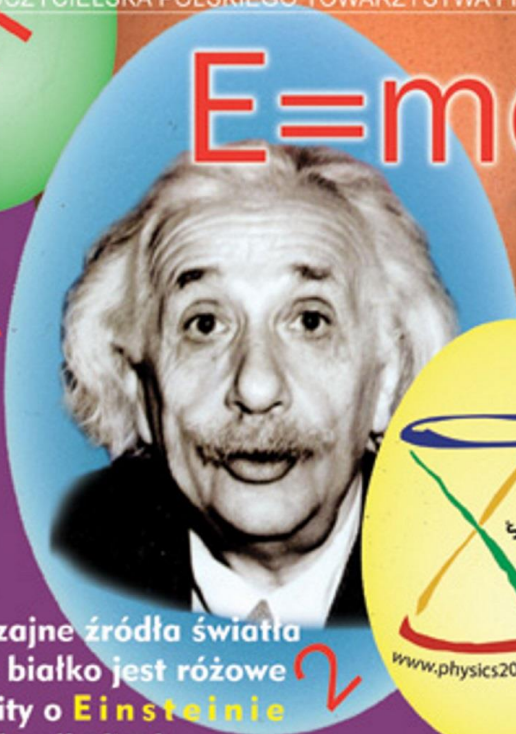
INSTYTUT FIZYKI x UNIwersYTETU JAGIELLOŃSKIEGO
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

E

$$E=mc^2$$

m

c



Nadzwyczajne źródła światła
Dlaczego białko jest różowe
Fakty i mity o **Einsteinie**
O szacunku dla liczb



Albert Einstein (1879–1955)



W poszukiwaniu młodych Einsteinów

Rok 2005 został ogłoszony rokiem fizyki i rokiem Einsteina. W 1905 roku Einstein opublikował swoją rewolucyjną pracę ze Szczególnej Teorii Względności. W bieżącym roku na świecie urządzanych jest tysiące festiwali nauki, wystaw, sympozjów, konkursów itp. W Polsce też postanowiliśmy „świętować”, odbędzie się wiele imprez. W czasie Zjazdu Fizyków Polskich będzie wykonany utwór muzyczny *Sinfonia de motu*, skomponowany na tę okazję przez Wojciecha Kilara.

W Krakowie w Bibliotece Głównej AGH jest czynna ciekawa ekspozycja poświęcona Einsteinowi. W mediach pojawiło się więcej artykułów dotyczących fizyki. Wysiłek obchodów roku fizyki skierowany jest do szerszej publiczności, i to dobrze. Ostatnio w szkolnictwie poświęca się więcej uwagi zainteresowaniu uczniów fizyką, odwróceniu negatywnego powszechnie nastawienia do fizyki. To zauważenie „zwykłych uczniów” to cenna rzecz. Rezultaty na razie są bardzo różne. Tym razem chodzi o zwrócenie uwagi Państwa na „sól ziemi”, na tych uzdolnionych przyszłych Einsteinów. Oby oni w powodzi zagłaskiwania zabawową fizyką nie uwiędli, nie poszybowali w inne rejony, gdzie trudne wyzwania czekają na nich od zaraz. Młody zdolny człowiek **musi** pokonywać trudne przeszkody, **chce** walczyć i rywalizować. Nauka fizyki w szkole może to oferować, tak jak to czyniła do tej pory. Oprócz olimpiady pojawiły się inne konkursy (np. turnieje), zawody. Trzeba je tylko dowartościować, no i co najtrudniejsze, zapewnić uczniom merytoryczną opiekę.

Wiadomo, że teraz jest trudniej być merytorycznym opiekunem niż jakieś nawet 20–30 lat temu. Z drugiej strony, jest więcej możliwości do korzystania z pomocy. Jest bogatsza literatura, pojawił się Internet, przybyło uniwersytetów, które utrzymują kontakty z nauczycielami.

Powtarzam do znudzenia – o wyborze zawodu fizyka decydują dwa elementy: autentyczna pasja poznawcza oraz bardzo potężna chęć rywalizacji i uzyskania uznania. Zараżenie ucznia miłością do fizyki to nasza rola, na spełnienie drugiego warunku też mamy duży wpływ.

W roku fizyki kieruję do Państwa apel: szukajmy pereł i dajmy im wzrastać do wielkości prawdziwych klejnotów. *Foton* jak zwykle pozostaje na usługi w osiągnięciu tego celu. *Foton* dołączył w swych działaniach do obchodzącej Złoty Jubileusz *Fizyki w Szkole*, której Redakcja ma ogromne zasługi w utrzymywaniu wysokiego poziomu nauczania fizyki w Polsce. Składamy *Fizyce w Szkole* nasze gratulacje i życzenia dalszych sukcesów. Muszą się spełnić!

Wszystkiego dobrego w 2005 roku fizyki.

Z.G-M



Contents

In search of young Einsteins <i>Zofia Gołab-Meyer</i>	1
More Light! Sources of synchrotron radiation <i>Edward A. Görlich</i>	4
Egg White <i>Aleksandra Sitko, Marcin Wolak</i>	13
The importance of understanding numbers <i>Andrzej Staruszkiewicz</i>	21
Albert Einstein – a symbol of XX century <i>Zofia Gołab-Meyer</i>	26
Albert Einstein in philately <i>Jerzy Bartke</i>	30
Computer manipulations of mathematical symbolic formulae <i>Jerzy Karczmarczyk</i>	32
Tsunami <i>Paweł Góra</i>	42
Natural Science Computer Minilabs <i>Henryk Szydłowski</i>	47
How to avoid the twin paradox – the philosopher’s point of view? <i>Jan Czerniawski</i>	50
Experiments. Electrolysis in the inhomogeneous magnetic field <i>Teresa Czajkowska-Krzysztofowicz, Andrzej Krzysztofowicz</i>	54
What to read	57
Problems	60
Physics literacy among Poles and adult education <i>Edward Pietras, Edward Rydygier</i>	62
Reading in English. Traveler Guide – Bern, Switzerland.....	63
Physics on the Internet	64
2005 International Year of Physics	65
Communication. XXXVIII Polish Physicists Convention	67
Lookong for talents <i>Anna Kaczorowska</i>	68
Competition	71
Editorial News	73



Spis treści

W poszukiwaniu młodych Einsteinów <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
Więcej światła! Źródła promieniowania synchrotronowego <i>Edward A. Görlich</i>	4
Białko jajka <i>Aleksandra Sitko, Marcin Wolak</i>	13
Uwagi o kulturze umysłowej – o rozumieniu liczb <i>Andrzej Staruszkiewicz</i>	21
Albert Einstein – idol XX wieku. Mity <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	26
Albert Einstein w filatelistyce <i>Jerzy Bartke</i>	30
Komputerowe rachunki symboliczne <i>Jerzy Karczmareczuk</i>	32
Tsunami <i>Paweł Góra</i>	42
Komputerowe minilaboratoria przyrodnicze <i>Henryk Szydłowski</i>	47
Jak uniknąć paradoksu bliźniąt? <i>Jan Czerniawski</i>	50
Kącik eksperymentatora. Elektroliza w niejednorodnym polu magnetycznym <i>Teresa Czajkowska-Krzysztofowicz, Andrzej Krzysztofowicz</i>	54
Co czytać	57
Kącik zadań	60
Wiedza Polaków o fizyce a edukacja dorosłych <i>Edward Pietras, Edward Rydygier</i>	62
Czytamy po angielsku	63
Fizyka w Internecie	64
Rok 2005 – Światowym Rokiem Fizyki	65
Komunikat. XXXVIII Zjazd Fizyków Polskich	67
Szukamy talentów <i>Anna Kaczorowska</i>	68
Konkurs	71
Komunikaty Redakcji	73



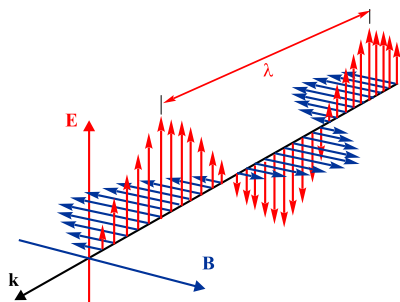
Więcej światła! Źródła promieniowania synchrotronowego

Edward A. Görlich

Instytut Fizyki UJ

Tym krótkim, jak na olbrzymi zakres zastosowań promieniowania synchrotronowego, artykułem mam nadzieję zainteresować czytelnika zarówno samym zjawiskiem, jak i możliwościami badań w wielu dziedzinach nauk przyrodniczych, jakie stwarzają współczesne synchrotronowe źródła światła. Tego rodzaju urządzenia wnoszą zasadniczy wkład w fascynujące osiągnięcia, jakich jesteśmy świadkami na drodze do uzyskania całościowego obrazu świata materialnego od poziomu subatomowego do makroskopowych własności materii skondensowanej, w tym także (a może przede wszystkim) organizmów żywych.

Światło – to pojęcie w naturalny sposób związane jest z bodajże najważniejszym źródłem informacji o otaczającym nas świecie uzyskiwanych poprzez odbieranie wrażeń wzrokowych. Natura tego nośnika informacji – fal elektromagnetycznych – okazała się być tożsama również dla form promieniowania, których początkowo w żaden sposób ze światłem, w jego potocznym znaczeniu, nie kojarzono. Około roku 1800 William Herschel odkrył, poprzez obserwację efektów cieplnych, występowanie promieniowania określanego dzisiaj jako podczerwone. Mniej więcej w tym samym czasie (1801 r.) Johan Wilhem Ritter doniósł o promieniowaniu (ultrafioletowym), które wywoływało zjawiska chemiczne (rozpad chlorku srebra). Sławne doświadczenie Thomasa Younga (1801 r.) z interferencją światła widzialnego wykazało falowy charakter tego zjawiska. Dopiero jednak na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XIX wieku udało się Jamesowi Clerkowi Maxwellowi sformułować teorię, która dawała konsystentny, ujednolicony obraz zjawisk elektrycznych i magnetycznych oraz przewidywała możliwość rozchodzenia się w przestrzeni zaburzeń tych pól – fal elektromagnetycznych.



Rys. 1. Przestrzenny rozkład pól \mathbf{E} i \mathbf{B} w linio-
wo spolaryzowanej fali elektromagnetycznej
rozchodzącej się w kierunku wskazanym przez
wektor falowy \mathbf{k}

Pierwsze bezpośrednie doświadczalne potwierdzenie występowania tego rodzaju promieniowania przyniosły eksperymenty Heinricha Hertza (1887 r.) dotyczące fal radiowych, a więc z obszaru fal długich (λ rzędu metrów) (por. „Kącik eksperymentatora”, *Foton* nr 80, Wiosna 2003). Teoria Maxwella wydawała się dawać kompletny i zamknięty opis zjawisk elektromagnetycznych. Okazało się jednak, że natura światła (od tego momentu używamy tego terminu, tak jak rozumiany jest obecnie w fizyce, na określenie promieniowania elektromagnetycznego o dowolnej długości fali λ – nie tylko z obszaru widzialnego ($350 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$)) jest bardziej złożona. Pewne doświadczenia przeprowadzone na początku XX wieku (efekt Comptona, zjawisko fotoelektryczne) w sposób przekonywający demonstrowały, że wykazuje ono również cechy korpuskularne (cząsteczkowe, strukturę „ziarnistą”). Sformułowana w drugiej połowie lat dwudziestych ubiegłego wieku teoria kwantowa uwzględnia te dwa trudne do pogodzenia z punktu widzenia klasycznej fizyki aspekty promieniowania elektromagnetycznego: falowy i korpuskularny. Ten ostatni opis posługuje się pojęciem kwantu promieniowania świetlnego (fotonu), którego energia związana jest z częstotliwością (ν), a zatem i długością fali (λ), czyli wielkościami falowymi, poprzez relację Einsteina: $\varepsilon = h\nu = hc/\lambda$. To bardzo szczególny rodzaj cząstek: względem dowolnego obserwatora poruszają się zawsze z prędkością światła c i cała ich energia ma naturę kinetyczną, gdyż ich masa spoczynkowa jest równa zeru. Natężenie promieniowania o określonej długości fali (czyli monochromatycznego), które w teorii Maxwella dane jest przez kwadrat amplitudy natężenia pola \mathbf{E} , $I \sim E^2$, w opisie kwantowym wyraża się przez liczbę fotonów, $I = nh\nu$.

Fale elektromagnetyczne, fotony...

Wielkości charakteryzujące falę (monochromatyczną):

Długość fali λ (m)

$$\text{Liczba falowa } |k| = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

Okres T (s)

$$\text{Częstotliwość } \nu = \frac{1}{T} \text{ (Hz) = (s}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Prędkość } c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

Energia fotonu $\varepsilon_\gamma = h\nu$ (eV)

Natężenie fali $I \sim E^2$, $I = nh\nu$ (J m⁻²s⁻¹)

Znaczenie promieniowania elektromagnetycznego w badaniach otaczającego nas świata wynika z faktu, że oddziaływania elektromagnetyczne (plus prawa kwantowe) decydują o postaci materii w zakresie rozmiarów od powyżej jądra atomowego do obiektów makroskopowych.

Nic więc dziwnego, że przez wiele dziesięcioleci udoskonalano najrozmaitsze źródła fal elektromagnetycznych. Istotny postęp, jeśli chodzi o pożądane parametry, istotne dla metod badania materii skondensowanej, nastąpił z chwilą wykorzystania zjawiska **promieniowania synchrotronowego** – obok naturalnie konstrukcji kwantowych maserów i laserów. Te ostatnie urządzenia pracują zasadniczo (w szczególności gdy chodzi o duże natężenia) przy określonych długościach fal z obszaru mikrofalowego i okołowidzialnego. Promieniowanie synchrotronowe to fale elektromagnetyczne wysyłane przez obdarzone ładunkiem elektrycznym cząstki, które poruszają się po zakrzywionym torze, obejmujące bardzo szeroki zakres długości fal, czyli w języku fizyki kwantowej, duży przedział energii fotonów.

Występujące w otaczającym nas środowisku skale wielkości, zarówno rozmiary obiektów jak i energie oddziaływań, odpowiadają długościom fal i energiom kwantów, które pokrywa źródło promieniowania synchrotronowego. Oznacza to, że jest to narzędzie dla wielu metod związanych z różnymi obszarami widma elektromagnetycznego. W konsekwencji naturalnego rozwoju nauk przyrodniczych jesteśmy obecnie w stanie prześledzić w skali atomowej podstawy fizyczne wielu zjawisk, będących przedmiotem autonomicznych do niedawna nauk, takich jak chemia, biochemia, biologia (medycyna), mineralogia czy geologia. W badaniach tych promieniowanie synchrotronowe pełni dzięki swoim unikalnym cechom istotną rolę: wyrafinowane metody fizyczne, wykorzystujące różne przedziały widma elektromagnetycznego, dostarczają niezwykle precyzyjnych informacji o podstawowym znaczeniu w wymienionych wyżej dziedzinach. Proszę zwrócić uwagę, że nie tylko określenie *światło*, ale również pojęcie *obserwowanie* uległo nadzwyczajnemu poszerzeniu.

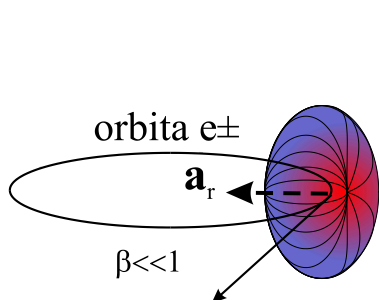
1. Promieniowanie synchrotronowe

Elektrodynamika klasyczna przewiduje, że ładunek elektryczny poruszający się z przyspieszeniem (ruchem niejednostajnym względem pewnego inercjalnego układu odniesienia) jest źródłem promieniowania elektromagnetycznego. Przyspieszenie to może być związane ze zmianą wartości prędkości w ruchu prostoliniowym cząstki i mamy wówczas do czynienia z tzw. *promieniowaniem hamowania*, bądź też może być ono wynikiem zakrzywienia toru ładunku elektrycznego i występujące promieniowanie określa się jako *promieniowanie synchrotronowe*. Całkowita moc P emitowanego promieniowania jest proporcjonalna do kwadratu

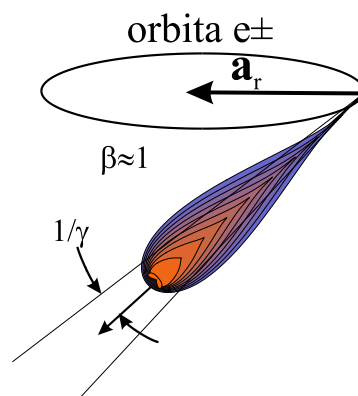
przyspieszenia i dla naładowanych cząstek o prędkościach bliskich prędkości światła ($\beta \equiv \frac{v}{c} \approx 1$) może być wyrażona przez zależność:

$$P \sim \beta^2 \frac{1}{R^2} \cdot \left(\frac{E_e}{m_0 c^2} \right)^4,$$

gdzie R jest promieniem krzywizny toru, $E_e = mc^2$ – całkowitą energią cząstki, a m_0 jej masą spoczynkową. Wielkość w nawiasie równa jest relatywistycznemu czynnikowi Lorentza $\gamma \equiv m/m_0$. Przyjmuje on przy określonej energii E_e cząstek wartość tym większą, im mniejsza jest ich masa spoczynkowa m_0 . Oznacza to, że dla zamierzonego wytwarzania promieniowania synchrotronowego korzystne jest stosowanie cząstek lekkich, a więc elektronów (lub pozytonów). Bezwymiarowy czynnik γ , który dla stosowanych energii elektronów osiąga wartość od kilku do kilkunastu tysięcy (np. przy energii elektronów 6 GeV wynosi 12 000), determinuje również stopień rozwarości „snopu” światła synchrotronowego. Rysunki 2 i 3 przedstawiają rozkład kątowy promieniowania synchrotronowego (prawdopodobieństwo emisji kwantu w określonym kierunku) w przypadku, odpowiednio, dla niskich prędkości ładunku ($\beta \ll 1$) i dla cząstki relatywistycznej ($\beta \approx 1$).



Rys. 2. Promieniowanie elektromagnetyczne ładunków, których przyspieszenie jest wynikiem zakrzywienia toru ruchu przy niewielkich ich prędkościach w porównaniu do prędkości światła ($\beta \equiv \frac{v}{c} \ll 1$) posiada rozkład kątowy zbliżony do promieniowania drgającego dipola elektrycznego



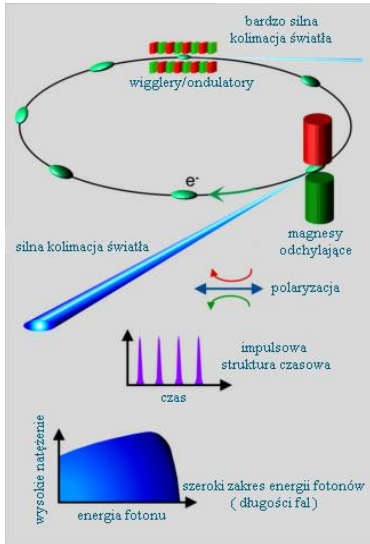
Rys. 3. Kinematyczny efekt relatywistyczny powoduje, że przy prędkościach elektronu bliskich prędkości światła ($\beta \equiv \frac{v}{c} \approx 1$) dla obserwatora w laboratorium rozkład kątowy promieniowania jest silnie skupiony w stożku o rozwarości rzędu $1/\gamma$ wokół kierunku prędkości elektronu

Zakres widmowy emitowanych fal elektromagnetycznych pokrywa bardzo szeroki przedział długości fal od promieniowania podczerwonego ($\lambda \cong 10^5 \text{ \AA}$) do długości fal charakterystycznych dla twardego promieniowania rentgenowskiego (czy też promieniowania γ , $\lambda \cong 10^{-3} \text{ \AA}$).

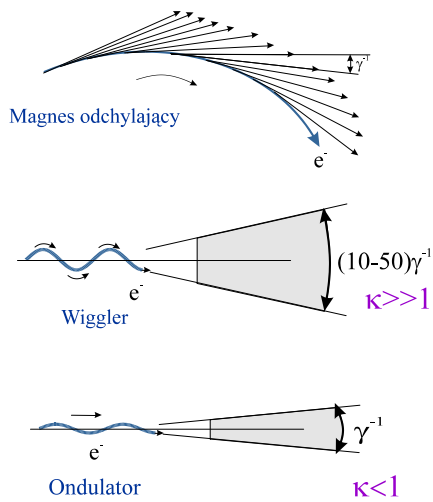
Promieniowanie synchrotronowe jest zjawiskiem powszechnym we Wszechświecie i stanowi na przykład główny składnik niemasywnego promieniowania, docierającego do nas z kosmosu. W warunkach ziemskich zaobserwowano je bezpośrednio po raz pierwszy w roku 1947 przy akceleratorze kołowym należącym do firmy General Electric (USA). Silna emisja światła również w obszarze widzialnym została niewiele wcześniej przewidziana przez teorię poprawnie uwzględniającą efekty relatywistyczne (Pomeranchuk, Schwinger) – obliczenia klasyczne kazały oczekiwać promieniowania z obszaru przede wszystkim fal radiowych lub mikrofal. Promieniowanie synchrotronowe postrzegane było zresztą początkowo (w latach czterdziestych XX wieku) wyłącznie jako niepożądane zjawisko, ograniczające możliwość uzyskania wielkich energii cząstek w akceleratorach kołowych. Pierwsze eksperymenty wykorzystujące promieniowanie synchrotronowe przeprowadzili w roku 1956 Tombouliau i Hartman, wykonując pomiary absorpcji promieniowania rentgenowskiego przez folie metaliczne. W ten sposób zjawisko, które stanowiło poważne utrudnienie i ograniczenie w osiągnięciu coraz to wyższych energii cząstek naładowanych w akceleratorach cyklicznych, okazało się dostarczać nadzwyczaj użytecznego i wszechstronnego narzędzia badawczego w innych działach fizyki, a pośrednio w innych dziedzinach nauki. Doprowadziło to do coraz szerszego wykorzystania istniejących synchrotronów, a następnie, w latach osiemdziesiątych, do konstrukcji urządzeń przeznaczonych wyłącznie do wytwarzania promieniowania synchrotronowego.

2. Budowa synchrotronowych źródeł promieniowania

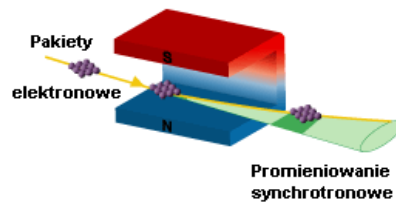
Rysunek 4 przedstawia schematycznie metodę wytwarzania promieniowania synchrotronowego i podsumowuje jego własności. Zasadniczy element stanowi pierścień akumulujący, zdolny do utrzymywania krążących cząstek (elektronów lub pozytonów) o określonej energii z zakresu od kilkuset MeV do kilku GeV. Nie jest to ciągły strumień, ale cząstki są skupione w grupy (paczki) o długości, z punktu widzenia obserwatora laboratoryjnego, rzędu mikrometrów. Promieniowanie elektromagnetyczne uzyskuje się dzięki zakrzywieniu toru elektronów w polu magnetycznym (rys. 5). Pole to może być wytwarzane między nabiegunnikami magnesu (magnes odchylający; rys. 6) bądź w nowoczesnych urządzeniach, zwanych ogólnie *insertion devices*, utworzonych przez specjalny liniowy układ magnesów (wiggler, undulator; rys. 7).



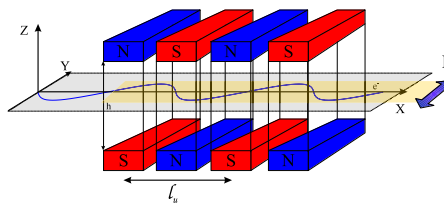
Rys. 4. Schematyczna ilustracja współczesnego źródła promieniowania synchrotronowego i przegląd jego zasadniczych własności [wg informatora BESSY II]



Rys. 5. Promieniowanie elektromagnetyczne ładunków, których przyspieszenie jest wynikiem zakrzywienia toru pod wpływem siły Lorentza w polu magnetycznym pomiędzy nabiegunkami magnesu dipolowego



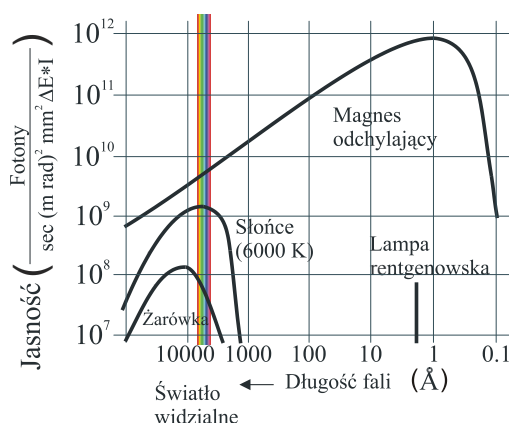
Rys. 6. Magnes odchylający (ang. *bending magnet*)



Rys. 7. Wiggler lub ondulator (ang. *wiggler, undulator*). Wartość parametru $\kappa \sim l_u \cdot B_0$ (B_0 – indukcja pola magnetycznego) określa typ urządzenia (por. rysunek 5)

Promieniowanie synchrotronowe – podstawowe własności

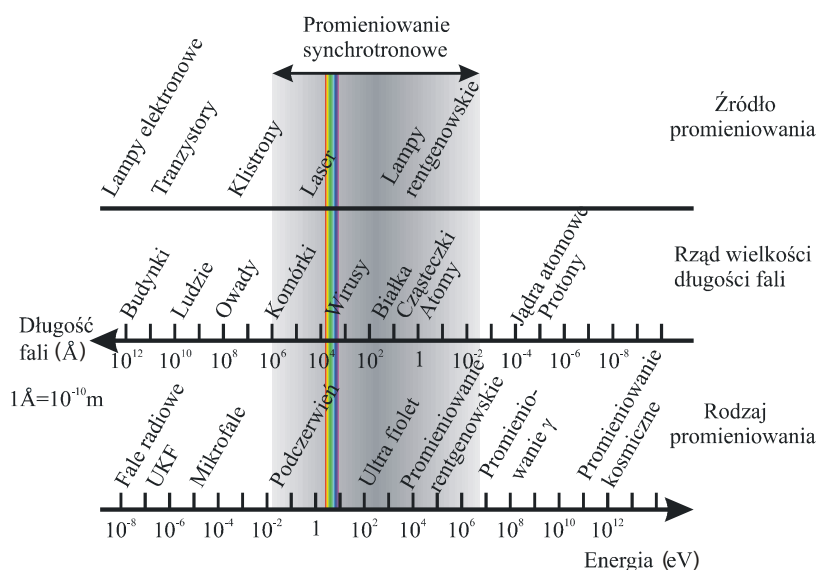
- szeroki zakres widmowy (przedział długości fal od promieniowania podczerwonego ($\lambda \approx 10^5 \text{ \AA}$) do długości fal charakterystycznych dla twardego promieniowania rentgenowskiego czy też promieniowania γ ; ($\lambda \approx 10^{-3} \text{ \AA}$) (rys. 9),
- nadzwyczajna intensywność,
- polaryzacja liniowa w płaszczyźnie toru elektronu,
- silna kolimacja będąca efektem kinematyki relatywistycznej,
- struktura czasowa: „wypełnienie” ringu w postaci paczek (pakietów) elektronowych jest w synchroniczny sposób źródłem impulsowego charakteru („błysków”) promieniowania synchrotronowego (czyli stanowiącego o jego strukturze czasowej),
- małe rozmiary źródła (dobre przybliżenie punktowego źródła promieniowania).



Rys. 8. Porównanie rozkładu natężenia promieniowania (ściślej: świetności powierzchniowej źródła), uzyskiwanego z najprostszego urządzenia, jakim jest magnes odchylający z widmem słonecznym i ziemskimi źródłami takimi jak żarówka czy lampa rentgenowska. Obydwie skale wykresu są logarytmiczne!

3. Przykłady zastosowań

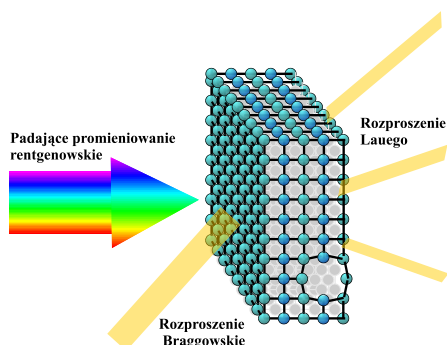
Znaczenie promieniowania synchrotronowego w tak wielu dziedzinach wynika z tego, że pokrywa ono zakres widmowy, w którym długości fali elektromagnetycznej odpowiadają skali wielkości obiektów od atomu do złożonych układów molekularnych, a związane z nim energie fotonów pokrywają skalę energetyczną wzbudzeń w tych obiektach – oddziaływań o naturze elektromagnetycznej (zob. rysunek 9).



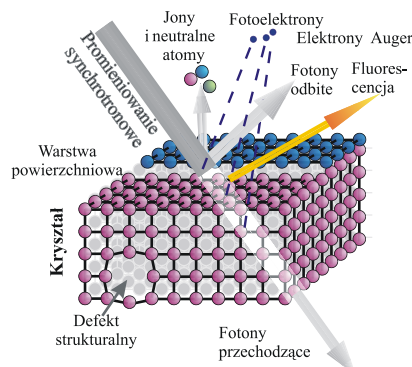
Rys. 9. Zakres widmowy promieniowania synchrotronowego uzyskiwanego za pomocą magnesu odchylającego, pokazany na tle skal odnoszących się do długości fali bądź energii fotonów

I tak na przykład obserwując kryształ diamentu w promieniowaniu o małej, porównywalnej z odległością międzyatomową długością fali ($\lambda \cong 1 \text{ Å}$ – promieniowanie rentgenowskie), zobaczymy obraz dyfrakcyjny (wtedy sieć krystaliczna działa jak swoista siatka dyfrakcyjna), podczas gdy oglądając go w promieniowaniu widzialnym ($\lambda \cong 5000 \text{ Å}$) dostrzeżemy dzięki nadzwyczaj dużemu współczynnikowi załamania światła ($n = 2,41$) wspaniałe refleksy, stanowiące o jego walorach estetycznych. Mało tego, jeszcze w innych obszarach długości fal oświetlających diament możemy zarejestrować wzmożoną absorpcję promieniowania, wynikającą z pochłaniania fotonów o określonych energiach ze względu na dopasowanie do występujących w tym kryształcie (a zatem systemie kwantowym) wzbudzeń: w zakresie promieniowania podczerwonego związanych z dynamiką sieci, w ultrafiolecie – z przejściami elektronów między różnymi stanami.

W następnym numerze *Fotonu* przedstawimy pewne wybrane zastosowania promieniowania synchrotronowego, które najogólniej można podzielić na metody dyfrakcyjne (rozproszenie elastyczne – zob. rysunek 10) i metody oparte na oddziaływaniach nieelastycznych promieniowania z materią (zmieniające lub zamieniające w całości na inne formy energii padającego promieniowania – zob. rysunek 11)



Rys. 10. Schematyczne przedstawienie rozproszenia (dyfrakcji) promieniowania rentgenowskiego na kryształach – periodycznym układzie atomów w przestrzeni. Rozmieszczenie atomów decyduje, pod jakimi kątami wystąpią refleksy i jakie będą miały natężenia



Rys. 11. Oddziaływanie nieelastyczne promieniowania z materią oznacza, że część lub całość energii fotonu jest przekazywana w różny sposób atomom lub ich układom. Mechanizm procesu zależy od dopasowania energii fotonów do określonego rodzaju „wzbudzeń”

Zachęcamy do odwiedzenia stron www ważnych ośrodków synchrotronowych na świecie, np.:

- http://www-ssrl.slac.stanford.edu/sr_sources.html – Synchrotron Radiation Sources worldwide (linki do wszystkich ośrodków synchrotronowych)
- <http://www.esrf.fr> – ESRF – (Grenoble, France)
- http://www.aps.anl.gov/aps/frame_home.html – the Advanced Photon Source (APS) – (Argonne National Laboratory, USA)
- <http://www.spring8.or.jp/e/index.html> – Spring8 – Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI) (Japan)
- <http://www.bessy.de/home.php> – BESSY II – (Berlin, Germany)
- <http://www-hasyllab.desy.de> – HASYLAB – (informacja także w języku polskim) (Hamburg, Germany)
- <http://www.synchrotron-soleil.fr/> – Synchrotron SOLEIL Saint-Aubin (Saclay-Orsay, France)
- <http://www.diamond.ac.uk/> – Diamond Light Source (the Harwell/Chilton Science Campus, UK)

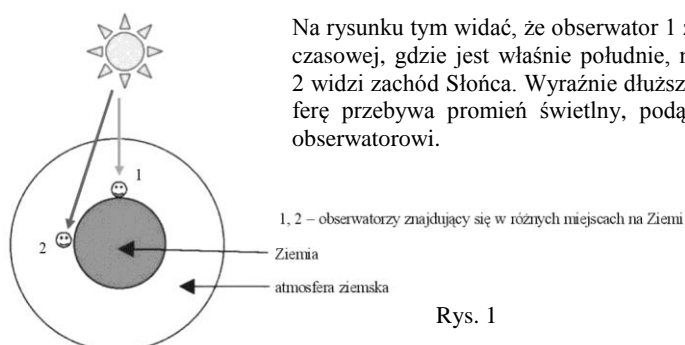


Białko jajka

Ola Sitko, Marcin Wolak
(z grupy IBACUO¹ z Opola)

Białe światło po przejściu przez plasterek ugotowanego białka jaja staje się czerwone. Zbadaj i wyjaśnij to zjawisko. Znajdź inne przykłady tego rodzaju.

Wieczorem, podczas zachodu Słońca obserwujemy, że przybiera ono barwę czerwoną. Tak samo zabarwiają się chmury niedaleko Słońca, mimo iż normalnie podczas dnia są białe, a Słońce świeci światłem białym. Dlaczego tak się dzieje? Jest to przypadek bardzo podobny do zjawiska, jakie zachodzi, kiedy świecimy światłem białym przez plasterek jajka; jednak jest on dużo lepiej widoczny i możliwy do zaobserwowania codziennie przy dobrej pogodzie. Co powoduje, że widzimy czerwone Słońce? Kluczem do tych rozważań jest atmosfera. Promienie słoneczne, nim dotrą do naszego oka, pokonują warstwę atmosfery, która otacza Ziemię. Oczywiście jest, że atmosfera stawia tym promieniom jakiś opór, dlatego nie cała energia dociera do powierzchni Ziemi. Zobaczmy, jak wygląda droga promieni świetlnych w ciągu dnia i podczas zachodu Słońca:



Rys. 1

Widzimy, że podczas zachodu promienie słoneczne mają do przebycia dużo dłuższą drogę przez atmosferę niż za dnia. Jaki to ma wpływ na barwę tego światła? Skupmy się na tym, jak zbudowane jest powietrze naszej atmosfery. Na budowę powietrza składa się bardzo dużo elementów. Jest to mieszanina wielu gazów o różnych stężeniach, a także para wodna. Cząsteczki powietrza nie są poukładane

¹ Nazwa pochodzi od skrótu IBaCuO będącego nazwą wysokotemperaturowego nadprzewodnika. Grupa powstała na potrzeby konkursu Turnieju Młodych Fizyków <http://ptf.fuw.edu.pl/tmf.html>.

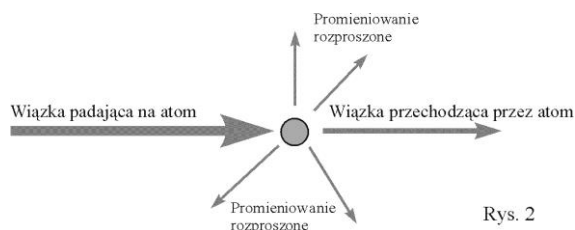
regularnie. Tak jak w każdym innym gazie, cząsteczki te poruszają się chaotycznie, przez co gdzieś jest ich więcej, a gdzieś indziej jest ich mniej. Jest to oczywiście ustawienie chwilowe i przypadkowe. Układ jest w ciągłym ruchu i cały czas się zmienia. Jaki to ma wpływ na nasze zjawisko? Wiadomo, że cząstka zawieszona w próżni stanowi tarczę dla wiązki światła. Promień napotyka ją taką przeszkodę może zostać przez nią odbity bądź pochłonięty. Jakiego są tego skutki? Oczywiście wynika z tego, że do powierzchni Ziemi dociera światło o mniejszym natężeniu niż wychodzące ze źródła. Ale zauważamy, że z wiązki światła polichromatycznego (światło białe jest złożeniem wielu barw światła, takich jak w tęczy) najbardziej zmalało natężenie barw bliższych błękitu, zieleni, natomiast najmniej zmieniło się natężenie barw żółtych i czerwonych. W efekcie widzimy światło czerwone.



Podobne zjawisko można zaobserwować, przepuszczając światło przez wodny roztwór mleka. Jak pokazuje doświadczenie, nie tylko odległość, jaką pokonuje światło przez roztwór, wpływa na zmianę barwy światła. W trzech różnych słójkach umieszczono kolejno: czystą wodę, wodę z kilkoma kroplami mleka oraz bardziej stężony roztwór mleka. Jak widać na zdjęciu, światło przechodząc przez czystą wodę, nie zmienia barwy. Przechodząc przez wodę z niewielką ilością mleka, przybiera lekkie zabarwienie pomarańczowożółte, większe stężenie mleka powoduje, że światło staje się coraz bardziej czerwone. Przy okazji widać, że słóiczki (na drugim zdjęciu) wydają się mieć niebieskawy odcień.



W literaturze naukowej mówi się o rozpraszaniu światła. Cząstki molekularne nie tyle odbijają światło (ponieważ wiemy, że cząstka nie jest jednolita i światło może przez nią przejść – jeśli rozpatrywać światło z korpuskularnego punktu widzenia), ile po prostu absorbują energię świetlną, a potem ją wypromieniowują, z tym że kierunek wypromieniowanej energii jest przypadkowy (rys. 2).



Rys. 2

Wiązka światła padająca na dany atom może wzbudzić jego elektrony do drgań (przedstawiamy model uproszczony, ponieważ zależy nam na zrozumieniu samego zjawiska). Stan wzbudzenia atomu może trwać bardzo krótko, szacuje się, że jest to wielkość rzędu 10^{-8} s. Jest to zgodne z zasadą, że każdy układ dąży do zajęcia możliwie najniższego poziomu energetycznego. Elektron będzie zatem wypromieniowywał energię pochłoniętą, wyhamowując swoje drgania. To, z jaką częstotliwością i z jaką amplitudą zacznie drgać dany elektron, zależy od tego, jaką porcję energii pochłoniął, czyli zależy od częstotliwości fotonu, który się z nim zderzył (barwa pochłoniętej wiązki światła). Szybkość wypromieniowywania energii jest zawsze zależna od amplitudy drgań (amplituda drgań tłumionych maleje eksponentalnie) oraz od częstotliwości tych drgań (opory ruchu są proporcjonalne do szybkości). Dlatego im wyższa częstotliwość i większa amplituda, tym szybciej wypromieniowywana jest pochłonięta energia. Całkowita energia świetlna na sekundę, rozpraszana we wszystkich kierunkach przez pojedynczy atom (zakładamy, że pochłonięta energia wzbudziła jeden elektron do drgań, oddziaływanie innych pomijamy), wynosi (*Feynmana wykłady z fizyki*):

$$P = \frac{q_e^2 \omega^4 x_0^2}{12\pi \epsilon_0 c^3} \quad [1]$$

gdzie q_e – ładunek elektronu, ω – częstotliwość pochłoniętego światła, x_0 – amplituda drgań wzbudzonego elektronu.

Elektron pod wpływem pola elektrycznego o amplitudzie E_0 zaczyna drgać z amplitudą x_0 (oscylator wymuszony bez tłumienia):

$$x_0 = \frac{q_e E_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)}$$

gdzie ω_0 jest częstotliwością drgań własnych elektronu w atomie.

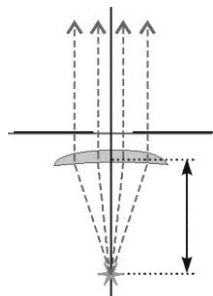
Łącząc te równania i dokonując odpowiednich przekształceń, otrzymujemy:

$$P = \frac{1}{2} \varepsilon_0 c E_0^2 \frac{8\pi r_0^2}{3} \frac{\omega^4}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2} \quad \text{przy założeniu że:} \quad r_0 = \frac{e^2}{m_e c^2} = \frac{q_e^2}{4\pi \varepsilon_0 m_e c^2}$$

Należy zauważyć, że ω_0 można (zgodnie z modelem budowy atomu według Bohra) powiązać z wielkością orbity, po której porusza się elektron, czyli wielkością atomu. Zatem można się spodziewać, że wielkość elementów rozpraszających ma wpływ na moc rozpraszania światła. W przypadku powietrza, gdzie naturalne oscylatory mają o wiele większą częstotliwość własną niż częstotliwość światła w widmie widzialnym (można w równaniu pominąć ω^2), widzimy, że im większa cząstka (a więc mniejsza częstotliwość drgań własnych), tym większa ilość światła jest rozpraszana. W takim przypadku również ilość rozpraszanego światła jest proporcjonalna do 4 potęgi częstotliwości padającego światła. Dlatego światło niebieskie jest dużo silniej rozpraszane niż czerwone i widzimy czerwone słońce podczas zachodu oraz niebieskie niebo nad nami (a także niebieskie zabarwienie słończków, kiedy np. patrzymy prostopadle do kierunku padania światła).

W powietrzu oraz w mleku mamy jednak do czynienia również z grupami cząsteczek, jakimi są np. kropelki wody w powietrzu (skondensowana para wodna) czy kropelki tłuszczu w mleku. Jeśli odległość tych cząstek jest nieporównywalnie mała w porównaniu do długości fali świetlnej, to te dwie cząstki będą drgać zgodnie w fazie, czyli rozproszone pole będzie sumą dwu pól. Oznacza to, że amplitudę rozpraszania na jednym atomie należy podwoić. Z wzoru widać, że energia rozproszona zależy od kwadratu amplitudy. Zatem energia rozpraszana rośnie bardzo szybko podczas powiększania cząsteczek rozpraszających. Jednak kiedy drobinki rozpraszające zaczynają mieć wielkości porównywalne z długościami fal świetlnych, wtedy wzrost rozproszonej energii już nie jest taki szybki, ponieważ nie wszystkie atomy w obrębie np. kropelki drgają w tej samej fazie. Gdy cząstki nie drgają razem, aby otrzymać ilość rozproszonej energii, należy po prostu pomnożyć ilość energii rozproszonej przez jedną cząstkę przez liczbę cząstek. Widzimy zatem, że najlepszy efekt rozpraszania danej barwy światła jest uzyskiwany, gdy drobinki rozpraszające mają rozmiary zbliżone do długości tej fali świetlnej. Widzimy również, że ilość rozpraszanego światła zależy od drogi, jaką przebywa światło przez ośrodek (im dłuższa ta droga, tym więcej cząstek rozprasza światło).

Zbudowaliśmy przyrząd do zbadania zjawiska zachodzącego w jajku (schemat – rys. 3).



Rys. 3



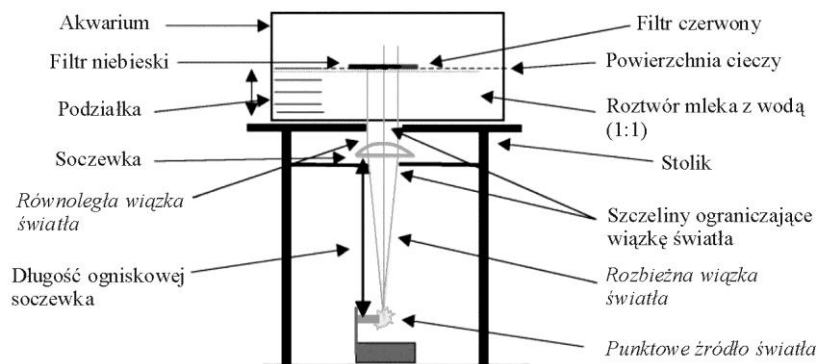
Przez plasterkę jajka przechodzi równoległa wiązka światła białego. Dzięki temu przez całą grubość plasterka jajka przechodzi wiązka światła o takim samym natężeniu. To jest ważne dla wytłumaczenia zjawiska, ponieważ eliminujemy z rozważań zmianę natężenia w zależności od odległości od źródła. Naszym źródłem światła jest mała żaróweczka żarowa (można ją uznać za źródło światła punktowego, ponieważ włókno żarówki jest bardzo małe). Żarówkę umieściliśmy w ognisku soczewki, przez co uzyskaliśmy równoległą wiązkę (sprawdziliśmy to porównując rozmiary otworu w przesłonie z rozmiarami jego obrazu na bardzo odległym ekranie, czyli suficie. Różnica w wielkości była mniejsza niż milimetr, co dawało nam pewność, że na odcinku tak długim jak grubość plasterka jajka – do 1,3 cm – różnica będzie do zaniedbania). Wiązkę tę ograniczyliśmy przesłoną z czarnego papieru z dwóch powodów: aby wyeliminować problemy związane z aberracją sferyczną soczewki oraz po to, aby wiązka ta nie była szersza od plasterków jajka, co by bardzo zaburzyło obserwację zmiany barwy jajka między środkiem plasterka a jego brzegiem. Jajko również przygotowaliśmy tak, aby ułatwić sobie obserwację. Białko surowego jajka waliśmy do pojemniczka po filmie fotograficznym. W pokrywie zrobiliśmy dziurkę, aby swobodnie mogło się wyrównywać ciśnienie i następnie ugotowaliśmy białko. Dzięki temu mieliśmy walec zrobiony z samego białka, który można było ciąć na dowolnie grube plastry. W naszym doświadczeniu kładliśmy plasterki białka nad otworem w przesłonie i obserwowaliśmy barwę, jaką przybierało jajko. Zauważyliśmy, że jest ona zależna od grubości plasterka jajka, jakiego użyliśmy. Światło prawie nie zmienia swej barwy, kiedy przechodzi przez bardzo cieniutki plasterki jajka. W miarę zwiększania grubości plasterka, światło zmienia swój kolor, dążąc do czerwieni, a jednocześnie traci dość szybko natężenie. Niestety, nie udało się nam osiągnąć barwy czerwonej w takim układzie, aby dało się to zarejestrować na kliszy fotograficznej, ponieważ miało ono tak małe natężenie, że aby je zaobserwować, musieliśmy umieścić układ w ciemni i przyciemnić również nasze źródło światła.



Barwę czerwoną (ze względu na subiektywność oceny barwy oraz bardzo małego natężenia tego światła nie mamy pewności, czy na pewno było to światło czerwone, czy bardziej pomarańczowe – badania ludzkiego oka wykazują, że naturalną reakcją jest widzenie różnych barw podczas dłuższych obserwacji konkretnej częstotliwości światła) obserwowaliśmy, kiedy na stoliku urządzenia położony był plasterek o grubości około 9 mm. Natężenie światła przechodzącego przez ten plasterek było tak małe, że musieliśmy prowadzić obserwacje w ciemni. Dodatkowo, aby nie widzieć światła pochodzącego ze źródła, użyliśmy rury z czarnego (w środku rury) papieru, przez którą obserwowaliśmy jajko (zdjęcie powyżej). Obserwacje prowadziliśmy także, używając żarówek o różnych mocach, aby zbadać wpływ natężenia światła na barwę określonej grubości plasterka. Zauważyliśmy, że przy większym natężeniu światła taką samą barwę światła uzyskujemy w przypadku grubszego plasterka.

Lepszy efekt uzyskaliśmy, kiedy zamiast jajka użyliśmy wodnego roztworu mleka. W mleku znajdują się kropelki tłuszczu, które pełnią rolę ziarnistości rozpraszających światło. W zależności od stężenia roztworu uzyskiwaliśmy dłuższą bądź krótszą drogę, na jakiej rozpraszane było całkowicie światło niebieskie. Wiązka światła, przechodząc przez warstwę cieczy, powoli zmienia kolor na różne kolory tęczy. Zauważmy też, że w zależności od grubości warstwy, przez jaką wiązka światła się przedostaje, w przypadku danego stężenia roztworu kolor na wyjściu jest inny. Zbliża się ku czerwieni, gdy grubość warstwy wzrasta. Ponieważ w TMF 2003/ 2004 pojawił się podobny problem, postanowiliśmy użyć także wyników badań z tamtych doświadczeń, aby przedstawić to zjawisko. Badaliśmy wtedy wielkość kropelek tłuszczu w mleku za pomocą bardzo podobnego urządzenia (zasada działania była taka sama, jednak użyto wtedy innej podstawki oraz mocniejszego źródła światła). Urządzenie to korzysta z tego, iż z widma światła białego najsilniej rozproszone zostaje światło niebieskie.

Rysunek schematyczny ilustruje ogólną zasadę działania urządzenia:



Nasze doświadczenie polegało na tym, że przepuszczaliśmy równoległą wiązkę światła białego przez roztwór mleka z wodą (taki układ pozwala uzyskać większą dokładność pomiarową). Na początku nalewamy niewiele cieczy i kładziemy na powierzchni filtr czerwono-niebieski. Wiadomo, że filtr niebieski przepuszcza tylko promieniowanie o długości fali odpowiadającej światłu o niebieskiej barwie, analogicznie czerwony filtr – światłu o czerwonej barwie. Obserwujemy więc jasną plamkę na filtrze (jest to światło niebieskie i czerwone, przechodzące przez filtr). Dodajemy ciągle mleka, dzięki czemu wydłuża się droga wiązki przez ciecz, a w rezultacie więcej światła ulega rozproszeniu. Wiemy jednak, że silniej rozpraszane jest światło niebieskie, więc poziom cieczy ustalamy na takiej wysokości, na jakiej na filtrze zniknie jasna plamka po stronie niebieskiej. Co to oznacza? Oznacza to, że z widma wiązki światła białego całkowitemu rozproszeniu uległo światło niebieskie. Następnie ustalamy poziom, na którym rozproszeniu całkowitemu ulega światło czerwone. Te dwa punkty charakteryzują zależność stopnia rozproszenia od długości drogi (głębokości) przez roztwór. Można przewidzieć, że mleko bardziej tłuste szybciej rozproszy światło niebieskie, ponieważ ma więcej kropelek. Jednocześnie zauważamy też, że w kolejnych doświadczeniach odległość między punktem, gdzie wygasło światło niebieskie, a punktem, gdzie wygasło światło czerwone, może być różna nawet dla tej samej zawartości tłuszczu w mleku. Interpretujemy to tak, że kropelki tłuszczu mogą się łączyć ze sobą, tworząc większe kropelki; jednocześnie zmniejsza się ich ilość. W rezultacie zgodnie z prawem Rayleigha większe kropelki bardziej rozpraszają światło o większych długościach, czyli szybciej jest rozpraszane światło czerwone. Użyliśmy mleka 0%, 0,5%, 1,5%, 2%, 3% w roztworze 1 do 1 z wodą. A oto wyniki tamtego doświadczenia:

Dla mleka 0% wygaszenie światła niebieskiego 6,2 cm

Dla mleka 0,5% wygaszenie światła niebieskiego 5,5 cm

Dla mleka 1,5% wygaszenie światła niebieskiego 4,5 cm

Dla mleka 2% wygaszenie światła niebieskiego 4,3 cm

Dla mleka 3% wygaszenie światła niebieskiego 4 cm

Dlaczego zjawisko to jest tak słabo widoczne na jajku? Nasza teoria na ten temat jest następująca: W powietrzu, w porównaniu z białkiem jajka, mamy bardzo mało cząsteczek, dlatego odległość pomiędzy ewentualnymi ziarnistościami (zgrupowaniami cząstek, jak np. w kropelce mgły) jest dużo większa niż rozmiar samych ziarnistości. W jajku rolę takich ziarnistości najprawdopodobniej pełnią cząsteczki białka. Wiemy, że cząsteczki te są bardzo duże w porównaniu do innych. Jednak w jajku cząsteczek tych jest mnóstwo (białko jest zbudowane niemal z samych cząsteczek białka J). Dlatego odległości pomiędzy konkretnymi „ziarnistościami” są niewiele większe, a nawet mniejsze niż same ziarnistości. Prawo opisane wzorem [1] odnosi się nie tylko do zależności natężenia rozproszonego światła od częstotliwości wiązki przechodzącej przez ośrodek. Odnosi się również do zależności tegoż natężenia od budowy samego ośrodka. Mówi ono, że im większe ziarnistości w ośrodku, tym większej długości fale świetlne są rozpraszane. Dokładniej mówiąc, długość fali, jaka zostaje rozpraszana, jest porównywalna z wielkością ziarnistości. W praktyce im większe „grudki” substancji, tym więcej światła zbliżającego się ku czerwieni zostaje rozpraszona. Dlatego kiedy mamy do czynienia z białkiem jajka, zjawisko rozpraszania jedynie barw niskoenergetycznych jest bardzo mało zauważalne. Ziarnistości białka jajka są tak duże i gęsto poukładane, że prawie całe pasmo widma światła białego jest szybko rozpraszane.

Pomoc:

- Wyniki badań do problemu z Turnieju Młodych Fizyków 2003/2004 (rozpraszanie światła).
- Zdjęcia z własnego archiwum.

Bibliografia:

- *Feynmana wykłady z fizyki* (tom 1, cz. 2, § 32-5)

Od Redakcji:

Artykuł umieszczony jest na stronie internetowej *Fotonu*, tam też znajdują się kolorowe ilustracje. Pierwsza wersja artykułu na stronie *Mojej Fizyki*

http://draco.uni.opole.pl/moja_fizyka/numer4/zadania/jajko.html.

Ola Sitko jest obecnie studentką fizyki I roku UJ.



Uwagi o kulturze umysłowej – o rozumieniu liczb

Andrzej Staruszkiewicz

Od Redakcji:

Poniższy tekst jest fragmentem wykładu inauguracyjnego na Studium Podyplomowym Dziennikarstwa Naukowego UJ, wygłoszonego przez Andrzeja Staruszkiewicza 16 października 2004 r. Zamieszczamy ten fragment gwoździ przypomnienia, iż zrozumienie i wyrobienie szacunku dla liczb jest jednym z celów nauczania fizyki.

Wbrew pozorom nie jest to proste, zrozumienie i oswojenie się z liczbami różnych rzędów wielkości stanowi bowiem poważną barierę poznawczą. Sztuki tej nie nabędzie się bez ciągłego ćwiczenia.

[...] Chciałbym zwrócić uwagę na kilka elementów składających się na właściwą dla przyrodników kulturę umysłową.

Po pierwsze, jest to rozumienie liczb i szacunek dla liczb. Nasi dziennikarze, i to ci z najwyższej półki, np. prezenterzy głównego wydania dziennika telewizyjnego, notorycznie mylą milion z miliardem, i to w sposób całkowicie przypadkowy. [...] Ponieważ słowa te często padają w związku z wydatkami publicznymi, uważam, że mylenie miliona dolarów z miliardem dolarów, notorycznie wśród polskich dziennikarzy, dyskwalifikuje każdego człowieka, który chce uchodzić za wykształconego. Milion dolarów to mniej więcej wartość porządnej kamienicy w centrum Krakowa. Ponieważ wiele kamienic w Krakowie jest w rękach prywatnych, można powiedzieć, że w Krakowie jest trochę ludzi, których osobisty majątek **jest rzędu (ważne słowo!) miliona dolarów**. Tymczasem miliard dolarów to coś zupełnie innego, to suma, która waży w budżecie nie tylko Polski, ale nawet Stanów Zjednoczonych. Np. wojna w Iraku miała teoretycznie kosztować 87 miliardów dolarów, co znaczy, że miliard dolarów jest jednostką, w której mierzy się koszt takiej imprezy jak wojna w Iraku.

Rozumienie liczb i szacunek dla liczb są rzeczą tak niezwykle ważną, że pozwolę sobie podeprzeć się pięknym cytatem z *Dziennika* Witolda Gombrowicza. Gombrowicz był zjawiskiem unikalnym w polskiej literaturze, był wybitnym pisarzem, a jednocześnie człowiekiem inteligentnym i mającym, to co nazwałbym kulturą umysłową charakterystyczną dla przyrodników. Proszę posłuchać następującego fragmentu z *Dziennika* Witolda Gombrowicza (t. VIII, str. 168):

Rozmawiam w Tandilu z pewnym właścicielem pięknej willi, kierownikiem sporego przedsiębiorstwa, człowiekiem doświadczonym. Pytam się: jak pan myśli, ilu było zabitych w Cordobie podczas rewolucji 16 września? Pomyślał chwilę: – Dwadzieścia pięć tysięcy.

Otóż w mieście Cordoba odbyła się jedyna bitwa tej rewolucji, w której wzięły udział dwa pułki piechoty, szkoła artylerii i jeszcze ze dwie formacje wojskowe. Bitwa polegała na ostrzeliwaniu się przeważnie z lekkiej broni i trwała dwa dni. Nie ogłoszono liczby zabitych, ale jeśli ich było trzysta, to dużo... A ten mi mówi: dwadzieścia pięć tysięcy! Dwadzieścia pięć tysięcy? Przerazająca bezmyślność – czy on się zastanowił przez chwilę, co to znaczy dwadzieścia pięć tysięcy trupów?

W Goya (Corrientes) kiedy powiedziałem, że 16 czerwca 55 r. podczas bombardowania Casa Rosada w Buenos Aires zginęło dwieście osób, spojrzano na mnie jak na wariata. Ich zdaniem, nie mniej niż piętnaście tysięcy! Piętnaście tysięcy! Pozwoliłem sobie zaryzykować twierdzenie, że cała ich rewolucja z 55 roku nie kosztowała na szczęście więcej niż kilkuset żyć, i to prawdopodobnie w większości wskutek wypadków samochodowych (bo mnóstwo ludzi wiało, inni ich ścigali). O co bardzo się obrazili.

Słyszą Państwo zapewne lekceważenie Gombrowicza dla ludzi, którzy nie wiedzą, co znaczą liczby. Szacunek dla liczb łączył się u Gombrowicza z niezwykle ostrym i trafnym widzeniem rzeczywistości.

[...] W dalszym ciągu swojego wykładu chcę powiedzieć parę ciepłych słów o telewizji BBC, która potrafi robić znakomite programy popularyzujące naukę. Nie ma jednak róży bez kolców. Telewizja BBC przy wszystkich swoich niewątpliwych zaletach ma też pewną wadę: jest ideologicznie przywiązana do teorii *global warming* i ewidencję znajduje wszędzie. Parę dni temu usłyszałem w BBC, że brytyjscy uczeni stwierdzili, że kilkadziesiąt milionów lat temu na Antarktydzie panował klimat śródziemnomorski i że to stwierdzenie ma wielkie znaczenie dla teorii *global warming*. To ponownie jest przykład całkowitego niezrozumienia tego, co znaczą liczby. Gdy mówimy o zjawisku *global warming* to stawiamy pytanie o to, czy nasze dzieci i wnuki będą mogły żyć na tej planecie w jakim takim komforcie, tzn. pytamy o zjawiska, których charakterystyczną skalą czasu jest kilkaset lat.

Tymczasem w skali kilkudziesięciu milionów lat Układ Słoneczny robi się chaotyczny i nawet astronomowie nie są w stanie przewidzieć jego zachowania się. Zestawianie ze sobą tych dwu skal czasu to czysty nonsens, a zarazem ilustracja tego, że nierozumienie tego, co znaczą liczby, jest zjawiskiem dość powszechnym, występuje nawet wśród ludzi redagujących często znakomite wiadomości naukowe BBC.

Drugim elementem kultury umysłowej charakterystycznej dla przyrodników jest trafne rozpoznawanie natury naszych decyzji umysłowych lub moralnych: czy mają one umocowanie w niewątpliwiej wiedzy, czy też raczej w ideologii, religii, emocjach lub interesie materialnym. Nie chcę, broń Boże,

powiedzieć, że wszyscy uczeni potrafią takich rozróżnień dokonywać. Gdyby tak było, to nie musielibyśmy wysłuchiwać gorszących dyskusji na temat efektu cieplarnianego lub elektrowni atomowych. Chcę jedynie powiedzieć, że umiejętność dokonywania tego typu rozróżnień jest wynikiem kwalifikacji raczej moralnych niż czysto umysłowych i że praca naukowa bardzo sprzyja powstawaniu tych kwalifikacji.

Wreszcie, po trzecie, bardzo istotną cechą pracy naukowej jest dokładne rozpoznawanie i dokumentowanie źródeł naszej wiedzy. Długa lista referencji kończąca prawie każdą pracę naukową ma dwa zadania do spełnienia: chodzi, po pierwsze, o uznanie zasług naukowych innych autorów oraz, po drugie, o zlokalizowanie odpowiedzialności naukowej. To drugie zadanie jest moim zdaniem ważniejsze. Gdy autor przytacza np. liczbę z tablic wielkości fizycznych i liczba ta nie jest poprawna, to winne są tablice, a nie autor, chyba że niewiarygodność źródła jest powszechnie znana i powinna być znana także autorowi. Uważam, że dziennikarze specjalizujący się w problematyce naukowej mogą i powinni tworzyć standardy rzetelności pracy dziennikarskiej. Nie chodzi oczywiście o to, żeby artykuł przeznaczony dla szerszej publiczności przeladowywać referencjami, ale o to, żeby naprawdę, na swój własny użytek i dla satysfakcji własnego sumienia, sprawdzać wiarygodność źródeł, na których się opieramy, żeby zawsze zadawać sobie ważne pytanie: czy ja naprawdę wiem to, co piszę, a jeżeli tak to, skąd ja to wiem? We współczesnym świecie nie zawsze jest to proste. Np. prace naukowe i inne informacje zamieszczone w Internecie są z reguły nierecenzowane, a więc prawdopodobieństwo błędu lub braku rzetelności jest odpowiednio większe.

[...] Współczesna nauka zajmuje się zagadnieniami tak złożonymi, że nie powinno się ich popularyzować, nie będąc specjalistą. Zresztą tak się akurat składa, że wybitni uczeni nie stronią od popularyzacji. Np. w Anglii Stephen Hawking zrobił ogromny majątek na swoich książkach popularnych, bardzo płodnym popularyzatorem jest też astronom królewski sir Martin Rees. Wiele książek obu tych autorów zostało przetłumaczonych na język polski. Bardzo chętnie widziałbym natomiast, po pierwsze, rzetelne informacje o nowych odkryciach i ich znaczeniu, informacje niemające być popularyzacją, a jedynie doniesieniem o ważnym wydarzeniu.

[...] Samo słowo nauka może być rozumiane albo wąsko, jako treść twierdzeń i teorii naukowych, albo szeroko jako nauka w poprzednim rozumieniu wraz z towarzyszącymi jej zjawiskami społecznymi, takimi jak instytucje naukowe, czasopisma naukowe *etc.* Zachęcam Państwa do tego szerszego rozumienia słowa nauka, gdyż nauka jako zjawisko społeczne jest zjawiskiem najważniejszym ze wszystkich. Nawet zajmując się nauką w wąskim znaczeniu, nie unikną Państwo zetknięcia się z jej społecznym wymiarem. Żyjemy w sztucznym świecie, całkowicie ukształtowanym przez naukę, a intuicyjne rozumienie tego świata staje się coraz trudniejsze. Coraz trudniej jest także mieć dobre samopoczucie, będące

wynikiem rozumienia i akceptacji swojego miejsca w świecie. Nauka i technologia zmieniają świat w sposób widoczny w ciągu życia jednego człowieka, co jest zjawiskiem zupełnie nowym. Jeszcze 200 lat temu człowiek rodził się i umierał w tym samym świecie. Obecnie jest to niemożliwe. Widziałem kiedyś w BBC królową Anglii, mówiącą, że bardzo współczuje ludziom, którzy nie mogą, tak jak ona, wykonywać tego samego zawodu przez całe życie. Opanowanie umysłowe i emocjonalne świata wokół nas jest warunkiem przetrwania w tym świecie. Dla młodego człowieka w Polsce podstawową formą odnalezienia się w świecie jest znalezienie pracy. Jest to absolutnie podstawowa forma rozumienia świata, ważniejsza niż wszelkie słowa i pojęcia. W związku z tym byłoby bardzo dobrze wiedzieć, czy wykształcenie oferowane przez polskie uczelnie, zwłaszcza mnożące się uczelnie prywatne, pomaga w znalezieniu pracy. Niedawno *Tygodnik Powszechny* zestresował nas wszystkich, drukując artykuł moich młodych kolegów (młodych oczywiście w zestawieniu ze mną, obiektywnie nie są to ludzie całkiem młodzi), dra hab. Życzkowskiego z Krakowa i dra Wittlina z Warszawy, z którego wynika, że Uniwersytet Jagielloński (a także Uniwersytet Warszawski, co jest pewną pociechą) znajduje się w dziewiątej pięćdziesiątce najlepszych uniwersytetów świata. Ranking opisany przez panów Życzkowskiego i Wittlina powstał tylko dlatego, że można go było zrobić, nie odchodząc od komputera, tzn. nie interesując się rzeczywistością, która istnieje za oknami naszego gabinetu. Obawiam się, że rzetelna odpowiedź na postawione wyżej pytanie o cywilizacyjną skuteczność wykształcenia oferowanego przez polskie uczelnie nie da się wycisnąć z komputera, potrzebna jest raczej pewna realna wiedza tradycyjnego typu. Dotarcie do tej wiedzy może być dla Państwa interesującym wyzwaniem. Nie chcę oczywiście sugerować, że problem nie jest dostrzegany. Pisała o nim np. *Gazeta Prawna* z 1 września b.r. Nie znalazłem tam jednak żadnych liczb, a sam problem na pewno zostałby najlepiej oświetlony przez ludzi bezpośrednio zainteresowanych.

Chciałbym teraz powiedzieć coś, co wydaje mi się dość ważne. Ludzie piszący o nauce powinni zastanawiać się nie tylko nad tym, o czym pisać, ale także nad tym, o czym nie pisać. Na świecie działa bardzo wielu uczonych, produkują oni bardzo wiele prac, teorii, pomysłów *etc.* Należy bardzo uważnie zastanowić się, czy warto daną sprawą zaśmiecać uwagę publiczności. Wiadomo dobrze, że w naukach technicznych ponad 90% innowacji, patentów *etc.* nadaje się tylko do kosza. Zrobienie poważnej innowacji w naukach podstawowych jest znacznie trudniejsze niż w naukach technicznych, należy więc oczekiwać, że procent badań całkowicie bezużytecznych jest odpowiednio większy, aczkolwiek żadne liczby z tym związane nie są mi znane. Zwróciłem uwagę Państwa na przedziwny język, którego używają profesorowie Bousso i Polchinski w swoim artykule „Krajobraz teorii strun”¹. Język ten, moim zdaniem, bierze się stąd, że obaj panowie profesio-

¹ *Świat Nauki*, numer specjalny poświęcony 100-leciu STW Einsteina.

rowie nie są pewni, co chcą powiedzieć. Istnieje sprzężenie między jakością myślenia a tekstem będącym materialną manifestacją tego myślenia; warto o tym wiedzieć, bo to pozwala często ocenić tekst bez rzeczywistego wchodzenia w jego zawartość umysłową. Pozwolę sobie zilustrować to, co powiedziałem, wspomnieniem z mojej własnej działalności dydaktycznej.

Gdy ja zaczynałem swoją działalność, studentów fizyki było znacznie więcej, a wykładowców mniej. Grupy ćwiczeniowe liczyły po 30 osób i często znajdowałem się wobec grubej sterty pisemnych ćwiczeń, które trzeba było poprawić i ocenić. Zastanawiałem się, czy tego procesu nie da się jakoś zracjonalizować, i rzeczywiście znalazłem użyteczną radę u angielskiego pisarza Parkinsona, który w młodości też był nauczycielem akademickim na Malajach. Według Parkinsona, ze sterty wypracowań należy wygrzebać to, którego autor, sądząc po zewnętrznych objawach, takich jak układ strony i sposób pisania, ma jakieś blade pojęcie, o czym pisze, sprawdzić to jedno wypracowanie, a pozostałe ocenić przez porównanie. Muszę powiedzieć, że na tej metodzie Parkinsona nigdy się nie zawiodłem.



Albert Einstein – idol XX wieku. Mity

Zofia Gołąb-Meyer

Instytut Fizyki UJ

Kiedys W. Orliński, dziennikarz *Gazety Wyborczej* w artykule (dodatek *Wysokie Obcasy*) zamieścił listę „dwunastu mężczyzn dwudziestego wieku, którzy budzili pożądanie kobiet, bo dla Sprawy wyrzekli się miłości, budzili zazdrość mężczyzn, pasją, sławą, bogactwem, sztuką uwodzenia”.

Wśród tej dwunastki znalazł się tylko jeden naukowiec, fizyk Albert Einstein. Słusznie, gdyż dorównywał on popularnością gwiazdom kina czy sportu. Stał się jednym z symboli XX wieku. Jego podobiznę rozpoznają nawet dzieci i ludzie w odległych zakątkach globu.

Wiek XX obfitował w wybitnych uczonych fizyków, których odkrycia zmieniły oblicze fizyki i techniki. Einstein w tej plejadzie wielkich zajmuje pozycję wyjątkową.

Dzięki odkryciu Ogólnej Teorii Względności dołączył Einstein do trójki największych fizyków wszech czasów: Newton, Maxwell i Einstein tworzą to wielkie trio.

W wypadku Einsteina jego nominacja na ikonę XX wieku ma uzasadnienie, chociaż jak to z opiniami publicznymi bywa, nie opierała się na rzeczywistym docenieniu wielkości odkryć naukowych Einsteina. Jako ikona – Einstein już za życia stał się legendą. Legendę tę tworzy też parę nieprawdziwych sądów o Einsteinie.

Nie jest prawdą, jak pisze W. Orliński, powtarzając obiegowe opinie, że fizyką Einstein zajmował się „w gruncie rzeczy tylko dwadzieścia lat” (cytuję za W.O.) i że „resztę życia poświęcił muzyce, rodzinie i działalności społecznej na rzecz pokoju” (W.O.). **Sensem całego życia Einsteina była fizyka.**

I chociaż prawdą jest, że to, co zostało niefortunnie nazwane Szczególną Teorią Względności (1905), niejako wisiało w powietrzu i że inni wybitni fizycy (H. Poincaré) byli bliscy podobnego odkrycia, to jednak właśnie Einstein, dzięki swej nadzwyczajnej intuicji fizycznej, był tym, który tę teorię jasno sformułował. Jednak nie za tę teorię dostał Einstein później Nagrodę Nobla. Przyznano mu ją za wyjaśnienie efektu fotoelektrycznego.

Największe dokonanie Einsteina, które go tak wysoko w rankingu historii fizyki wyniosło, to Ogólna Teoria Względności, dotycząca oddziaływań grawitacyjnych i ich związku z geometrią przestrzeni fizycznej. Teoria ta w tamtym czasie nie była „prowokowana” przez żadne doświadczenie, przez żadne zjawisko.

Sformułowanie jej wymagało niebywałej odwagi intelektualnej i ogromnej pracy umysłowej. Po sformułowaniu Ogólnej Teorii Względności (OTW) Einstein był tak pewny jej słuszności, że udawał, że nie interesują go wyniki pomiarów ugięcia światła w czasie zaćmienia Słońca. W owym czasie był to jedyny fakt doświadczalny potwierdzający słuszność OTW. Dzisiaj, choć o tym prawie nikt nie wie, korzystamy z OTW wtedy, gdy używamy GPS. Precyzja GPS bazuje na obliczeniach biorących pod uwagę OTW.

Po sformułowaniu OTW Einstein zajął się następnym, do tej pory nierozwiązanym problemem z fizyki, a mianowicie unifikacją oddziaływań grawitacyjnych z innymi oddziaływaniami. Aby spróbować zrozumieć sens unifikacji oddziaływań, warto przypomnieć sobie pewne fakty z historii fizyki. Newton, formułując słynne, znane ze szkoły prawo grawitacji, dokonał unifikacji zjawisk zachodzących w pobliżu Ziemi (spadanie ciał) ze zjawiskami „niebieskimi” (ruchy planet). Maxwell dlatego jest taki wielki, że dokonał ostatecznej unifikacji oddziaływań elektrostatycznych i magnetycznych. Teraz rozumiemy, że siła, która powoduje przyciąganie kurzu, uderzenie pioruna i siła dyktująca igielce magnetycznej, jak się ustawić, to w gruncie rzeczy objaw jednego oddziaływania, które dzisiaj nazywamy elektromagnetycznym i którego własności pozwalają nam wysyłać i odbierać przeróżne fale radiowe. Rozumiemy też, jakie konsekwencje ma fakt, że światło jest także falą elektromagnetyczną. Einstein dostrzegł potrzebę unifikacji i temu zagadnieniu poświęcił intensywnie resztę życia. Nie rozwiązał go. Historia nauki pokazała, że udane próby rozpoczęto później, gdy lepiej poznano naturę wszystkich oddziaływań. Do satysfakcjonującego rozwiązania problemu unifikacji jeszcze daleko, aczkolwiek dokonano już unifikacji oddziaływań elektromagnetycznych i tak zwanych słabych jądrowych. Nad problemem tym pracują od kilkudziesięciu lat rzesze wybitnych fizyków. Einstein był samotnikiem, pracował sam.

Rozmyślenia nad fizyką, nad tym konkretnym zagadnieniem, rozważania nad fizyką jako taką (Einstein był filozofem), wypełniały Einsteinowi życie. Działalnością na rzecz pokoju zajął się nie tyle z pasji społecznikowskiej, ile z głębokiego poczucia obowiązku. Doskonale zdawał sobie sprawę z popularności, czy jakbyśmy to dzisiaj powiedzieli, z medialności swojej osoby, z autorytetu, jakim się cieszył. Swój image wykorzystywał w polityce do krzewienia pacyfizmu. Jego pacyfistyczne poglądy ściągnęły burzę nad jego głowę po wybuchu I wojny światowej. Był jednym z niewielu intelektualistów europejskich, którzy nie zostali uwiedzeni przez nacjonalistyczne hasła, nie dał się też nabrać na komunizm. Był indywidualistą, superinteligentnym i wcale mocno stąpającym po ziemi.

Einstein, jak każdy sławny człowiek, miał powodzenie u kobiet i niewykluczone, że lubił z tego czasami skorzystać, jednakże emocje były zarezerwowane dla fizyki.

Nie był też wzorowym mężem i ojcem. Pierwszorzędną rzeczą, jakiej szukał w życiu rodzinnym, był „święty spokój”. Pierwsze małżeństwo z koleżanką ze studiów Milewą Marič nie przetrwało próby czasu. Prawdą jest, że było wiele okoliczności niesprzyjających. Przedślubne dziecko – dziewczynka, oddane do adopcji, niechęć matki Einsteina do synowej, fatalne warunki finansowe i życie rodzinne zaburzające intensywne rozmyślenia o fizyce. Dwoje dzieci (synowie), znerwicowana żona w ubogim domu – to z pewnością elementy odciągające geniusza od pracy. Miło było zapewne Einsteinowi uciec pod ciepłutkie, drobno-mieszczzańskie skrzydełka swojej dalekiej kuzynki Elsy.

Można odnieść wrażenie, że długoletni związek z Elsą polegał na tym, iż stworzyła mu ona wygodny azyl od przyziemnych kłopotów. Trudno mówić o szczęściu, jakie w tym związku miałby Einstein znaleźć. Ale też go tam prawdopodobnie nie szukał. Nie znamy wypowiedzi Elsy na ten temat. Czy ona była szczęśliwa? Nie była bardzo młoda, gdy wychodziła za Einsteina, miała okazję dobrze go poznać i akceptowała swoją rolę. Przekazanie Nagrody Nobla pierwszej żonie było gestem autentycznej troski o nią i o synów (jeden już wtedy wykazywał objawy poważnej choroby psychicznej), a nie chęcią zapewnienia sobie spokoju i kreacji pozytywnego image'u. Einstein już wtedy był osobą publiczną.

O ile z Milewą mógł Einstein prowadzić partnerskie rozmowy (choć między bajki należy włożyć hipotezę o współdziałaniu Milewy w odkryciu Szczególnej Teorii Względności – STW), to raczej nie ma powodów do przypuszczenia, że Elsa była dla niego intelektualną partnerką. Do grona niewolniczo oddanych Einsteinowi kobiet należy zaliczyć jego wieloletnią sekretarkę, a później strażniczkę jego spuścizny Helen Ducas. Einstein był bardzo zżyty ze swoją siostrą Mają i pasierbicą Margot. Wydaje się, że Einstein ignorował kobiety jako równorzędne partnerki. Niewątpliwie czuł respekt przed Marią Skłodowską-Curie, z którą łączyło go coś na kształt przyjaźni.

W korespondencji Einsteina listy wymieniane z kobietami są rzadkością. Korespondencję od licznych wielbicielek, zapewne często egzaltowanych, wkładał do pudła z listami maniaków. Do wyjątków należy korespondencja z żoną wielkiego fizyka Maxa Borną; poruszali oni w listach problemy etyczne.

Einstein był do końca swego życia aktywnym fizykiem i filozofem. Tak jak wielu innych fizyków tamtych czasów, odnajdywał relaks w muzyce. W sposobie uprawiania fizyki Einstein był bliski wielkim artystom.

Za grubą przesadę należy uznać rozpowszechniane mniemanie, iż Einstein był przeciętnym uczniem i że miał kłopoty w szkole. Talenty Einsteina ujawniły się wcześniej. Jako gimnazjalista okazywał wielką niezależność myślenia i sądów. Jego talent matematyczny i przyrodnicza pasja poznawcza były już w szkole wyraźne. Zainteresowanie filozofią i lektury poważne, głębokie. Einstein nie miał uzdolnień językowych. Już w szkole niechętnie tracił czas na coś, co go nie interesowało.

W monachijskim gimnazjum Luipolda nie miał okazji natrafić na prawdziwego przewodnika i mistrza, tak jak się to udało we Wiedniu Smoluchowskiemu, którego wprowadzał w arkana fizyki Hoefler.

Monachijski nauczyciel Einsteina zauważył jednak talent młodego ucznia i zezwolił mu na coś w rodzaju indywidualnego toku nauczania, co w sztywnej niemieckiej szkole było zapewne ze strony nauczyciela aktem nietypowym. I czyż możemy mieć pretensję, że nauczyciel nie dorósł do genialnego ucznia?

Einstein dusił się w monachijskim gimnazjum i jako nastolatek sam przeniósł się do Szwajcarii do nowoczesnej szkoły w Aarau, gdzie uzupełnił braki w wykształceniu, które w owym czasie uważano za kanon. Poddał się tam bez szemrania rygorom szkolnym. Przyszło mu to tym łatwiej, iż w szkole tej nawiązał partnerskie przyjaźnie, tak potrzebne dojrzewającym ludziom.

Jako fizycy możemy być zadowoleni, że kapryśna opinia publiczna uznała Einsteina za idola XX wieku. I chociaż musimy się w związku z tym pogodzić, iż jego obraz odbiega od rzeczywistości, nie oznacza to, że sami nie możemy znać prawdy o osobie Einsteina.



Zdjęcie ślubne Milevy Marić i Alberta Einsteina z 1903 roku (Evelyn Einstein) (z książki *Prywatne życie Alberta Einsteina*, patrz rubryka „Co czytać”)



Einstein z drugą żoną, Elszą Löwenthal i pasierbicą Margot w domu w Berlinie, 1929 rok (fot. Ullstein Bilderdienst, Berlin) (z książki *Einstein w cytatach* patrz rubryka „Co czytać”)

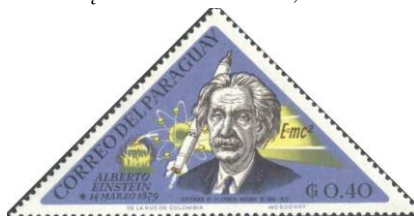
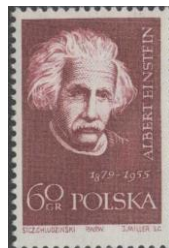


Albert Einstein w filatelistyce

Jerzy Bartke

Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie

Albertowi Einsteinowi (ur. 1879, zm. 1955) poświęcono już ok. 50 znaczków oraz wiele okolicznościowych stempli pocztowych. Wkrótce po śmierci Einsteina, w roku 1956, uczciła go znaczkiem poczta Izraela. Kolejne wydania to: Polska (rok 1959, w sześcioznaczkowej serii „Wielcy uczeni”), Paragwaj (rok 1965, jedyny znaczek w formacie trójkątnym) i Stany Zjednoczone (rok 1966). Wiele znaczków ukazało się w setną rocznicę urodzin Einsteina, w roku 1979.



Prawie wszystkie znaczki poświęcone Albertowi Einsteinowi pokazują jego podobiznę, często pojawia się także sławna formuła Szczególnej Teorii Względności $E = mc^2$, wyrażająca równoważność masy i energii. Odniesienie do Ogólnej Teorii Względności znaleźć można na dwóch

znaczkach: na znaczku wydanym przez pocztę Republiki Togo w roku 1979 pokazane jest przewidziane przez ogólną teorię względności ugięcie światła w polu grawitacyjnym Słońca, natomiast na znaczku wydanym w roku 1995

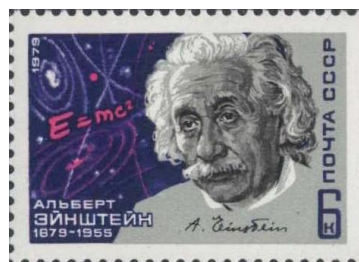
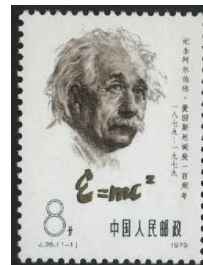


przez pocztę Włoch obok podobizn Galileusza i Einsteina

widnieje równanie $G_{\mu\nu} = kT_{\mu\nu}$, określające związek tensora metrycznego z tensorem materii i energii. Ten ostatni znaczek został wydany z okazji XIV Światowej Konferencji Ogólnej Teorii Względności i Grawitacji, odbywającej się wówczas we Florencji.

Ukazaniu się znaczków towarzyszy często wprowadzenie okolicznościowych stempli związanych z nimi tematycznie. Pokazujemy dwa takie stemple: włoski z 1979 roku, upamiętniający setną rocznicę urodzin Einsteina, i szwedzki z 1981 roku, upamiętniający 60. rocznicę przyznania mu Nagrody Nobla (Einstein otrzymał Nagrodę Nobla w 1921 roku „za odkrycie praw zjawiska fotoelektrycznego i prace w zakresie fizyki teoretycznej”).

W roku 2005, ogłoszonym Światowym Rokiem Fizyki, w którym upływa 100 lat od ogłoszenia najważniejszych prac Alberta Einsteina oraz 50 lat od jego śmierci, zapowiedziano już emisję wielu znaczków poświęconych temu wielkiemu uczonemu.





Komputerowe rachunki symboliczne

Jerzy Karczmarczuk

Zakład Informatyki, Uniwersytet w Caen, Francja

1. Wstęp

Minęły czasy, gdy komputery służyły głównie do pracy numerycznej, tj. do przekształcania i generowania ciągów liczb obrazujących wyniki doświadczeń itp. Teraz są niezastąpione również w grafice, komunikacji, tworzeniu i analizie muzyki itd. Ponieważ to wszystko jest przetwarzaniem nadających się do formalizacji danych, fizykowi – od szkoły podstawowej, aż po noblistów (serio!) – mogą się także przydać do pracy z *formalnymi, symbolicznymi wzorami*. Możemy więc np. symbolicznie rozwiązywać równania, upraszczać formuły matematyczne w oparciu o ich *formalne* własności, różniczkować i całkować funkcje wyrażone wzorami, i tak dalej. Przykład: uruchamiamy jeden z popularniejszych systemów algebry komputerowej Maple i wpisujemy:

```
solve (a*x^2+b*x+c=0, x) ;
```

czyli: rozwiąż równanie $ax^2 + bx + c = 0$ względem x . a, b, c, x są *symbolami*, nie mają żadnej wartości numerycznej. Problem jest **strukturalny**, a nie liczbowy, program reprezentuje w pamięci znane nam równanie w postaci nadającej się do analizy, uruchamia swoje procedury, które przypominają znane ze szkoły algorytmy, i odpowiada:

$$\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

w takiej właśnie, czytelnej postaci. Mając do dyspozycji symboliczne zmienne czyli dane, które określają nazwę zmiennej, np. tekst „ x ” itp., oraz mogą tworzyć i przetwarzać *złożone struktury danych* w rodzaju wielomianu $3z^3 - 8z - 7$, który jest reprezentowany jako para: nazwa zmiennej i *lista* współczynników, przy potęgach zero, 1, 2, ... *Współczynnik* to jest (jak powyżej) albo stała numeryczna, albo inna zmienna, albo w ogóle jakiś dowolny wielomian niezawierający zmiennej zasadniczej.

Tak więc przez rekurencję możemy utworzyć w komputerze dość skomplikowane wyrażenia, i to w *dowolnym* nowoczesnym języku programowania, który pozwala reprezentować w jakiejś danej *referencji* do innej danej, oraz tablice/listy

dowolnych danych, a przynajmniej pary danych. Ale języki „algebry komputerowej” się wyspecjalizowały, gdyż trzeba wiedzieć, jak reprezentować i realizować *algorytmy* pozwalające obliczać pochodne i całki funkcji symbolicznych, np. dzielić szeregi potęgowe, jak rozwiązywać równania wyższych stopni itp. Tak więc to nie sam język programowania decyduje o zastosowaniach symbolicznych, ale bogata biblioteka wspomagająca, często rozwijana przez wspólnotę użytkowników.

Wyrażenia matematyczne mogą być przedstawione zewnętrznie w postaci wzorów, albo w postaci graficznej, więc wyspecjalizowane języki symboliczne są także zwykle wyposażone w bogatą bibliotekę do drukowania wykresów 2- i 3-wymiarowych, choć niektóre korzystają z innych, niezależnych pakietów, takich jak Gnuplot (radzimy zaznajomić się z nim).

Oczywiście mamy do dyspozycji nie tylko wielomiany, ale i ułamki, i wektory, i formy różniczkowe, i symboliczne wyrażenia logiczne. Wyspecjalizowane pakiety dla fizyków zawierają procedury i wyrażenia ułatwiające pracę w kwantowej teorii pola czy teorii względności... Reprezentacja wewnętrzna wzorów jest zwykle dość przejrzysta dla specjalistów (listy złożone z list o odpowiedniej strukturze), ale jest ukryta przed oczami przeciętnego użytkownika. Nie będziemy więcej o tym mówić. Pewnym problemem jest niejednoznaczność reprezentacji wynikająca z faktu, że wiele różnych matematycznych wyrażeń może opisywać tę samą wartość, np. $(x + 1)(x - 1) = x^2 - 1$, i nie da się na ogół powiedzieć, która forma jest „lepsza” (krótsza, bardziej czytelna, czy wyrażająca pewne pożyteczne własności, tu np. wartości zer wielomianu?...), gdyż wszystko zależy od kontekstu. Zwykle jest możliwa transformacja między różnymi postaciami, ale czasami wygodnie jest dysponować nie jednym, a kilkoma różnymi pakietami algebry symbolicznej, które operują różnymi konwencjami, mniej lub bardziej przydatnymi w konkretnych zastosowaniach.

Czasami pakiety algebry symbolicznej służą nie po to, by bezpośrednio wspomóc nasze zrozumienie jakichś wzorów, ale aby – po czasami bardzo skomplikowanych przekształceniach – wygenerować *program numeryczny* w takich językach jak Fortran czy C.

2. Jeszcze kilka przykładów

2.1. Upraszczenie wyrażeń i rozwiązywanie równań

Wpiszmy w MuPADzie, innym systemie zbliżonym nieco do Maple'a

```
f := x/(x + y) + y/(x + y) - sin(x)^2 - cos(x)^2:
f = simplify(f)
```

gdzie := przypisuje wyrażenie po prawej zmiennej `f`, a dwukropek kończy instrukcję, blokując jednocześnie automatyczne drukowanie wartości. Wyrażenie

`f = simplify(f)` jest *równaniem*, a nie przypisaniem. MuPAD oblicza i drukuje wartość obu stron:

$$\frac{x}{x+y} - \sin(x)^2 - \cos(x)^2 + \frac{y}{x+y} = 0$$

Wydruk jest dwuwymiarowy, ale w darmowej wersji systemu formatowanie używa standardowych czcionek, co daje wynik mniej elegancki niż w Maple. Możliwe jest także generowanie wydruków w formacie umożliwiającym powtórne wczytanie przez system, a także w formacie LaTeXu, w celu umieszczenia wyniku np. w artykule lub książce.

Jeśli Axiom, jeszcze inny system, dostanie wyrażenie: `solve(x^3-1)`, zareaguje w sposób nieoczekiwany:

```

2
[x= 1,x + x + 1= 0]
Type: List Equation Fraction Polynomial Integer

```

czyli znajdzie jedną wartość *explicite*, a dwie pozostałe zostawi w postaci równania. Dobrze znający Axiom spojrzą na **typ** wyrażenia i stwierdzą, że system „chciał” podać rozwiązanie w postaci wyrażenia wymiernego, co nie było w pełni możliwe. Jeśli natomiast zażądamy `radicalSolve(x^3-1)`, system odpowie:

```

+---+ +---+
- \|- 3 - 1 \|- 3 - 1
[x= -----, x= -----, x= 1]
2 2
Type: List Equation Expression Integer

```

i tutaj widzimy różnicę między Maplem a Axiomem, który liczy bardziej na użytkownika odnośnie do określenia dziedziny rozwiązań. Procedura `radicalSolve` zezwala na używanie pierwiastków. Czasami forma: $(x+y)/2$ bądź $x/2+y/2$ zależy od żądanego *typu*: czy chcemy mieć ułamek złożony z wielomianów, czy odwrotnie, wielomian złożony z wyrażeń wymiernych. Nie miejmy złudzeń: maszyna nie zastąpi naszej wiedzy matematycznej, a zwłaszcza nie będzie w stanie określić formy, w której chcemy mieć wynik, jeśli jest wiele możliwości.

2.2. Różniczkowanie i całkowanie

Praktycznie wszystkie pakiety potrafią różniczkować wyrażenia, a większość potrafi obliczać proste całki, rozwiązywać symbolicznie nieskomplikowane równania różniczkowe itp. Maxima oblicza i (niektóre) całki nieoznaczone, np. `integrate(x/(1+x^3), x)` dostarcza:

$$-\frac{\text{LOG}(x^2 - x + 1)}{6} + \frac{\text{ATAN}\left(\frac{2x - 1}{\text{SQRT}(3)}\right)}{\text{SQRT}(3)} + \frac{\text{LOG}(x + 1)}{3}$$

i także oznaczone, wynik wyrażenia `integrate(1/(1+x^2), x, 0, 1)` jest równy `%PI/4`. Gdy czegoś się nie da scałkować do końca, np. przy rozwiązywaniu równania różniczkowego $y'(x)+3xy = \sin(x)/x$: `ode2('diff(y,x)+3*x*y = sin(x)/x, y, x)`, wynik zawiera symbol całki (tutaj sformatowaliśmy go czytelniej...):

$$y = e^{-\frac{3x^2}{2}} \left(\int \frac{e^{\frac{3x^2}{2}} \sin(x)}{x} dx + C \right)$$

Możemy również obliczać granice funkcji i przeprowadzać rachunki z analizy wektorowej: obliczać gradienty, rotacje itp. Ba, niektóre rachunki dają się przeprowadzać w przestrzeni, której liczba wymiarów jest także zmienną symboliczną!

2.3. Macierze

Oto reakcja MuPADu na wyrażenie `x:=matrix([[a,b],[c,d]]), 1/x;`:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline a, & b \\ \hline c, & d \\ \hline \end{array}, \begin{array}{|c|c|} \hline d & b \\ \hline -ad + bc & -ad + bc \\ \hline c & a \\ \hline -ad + bc & -ad + bc \\ \hline \end{array}$$

Potrąfimy więc obliczać wyznaczniki, odwracać macierze, a także wykonywać inne operacje macierzowe, np. diagonalizacje, użyteczne w mechanice i innych gałęziach fizyki.

3. Pakiety algebry symbolicznej, komercyjne i dostępne publicznie/darmowo

Programów pozwalających operować symbolicznymi wzorami jest na rynku kilkadziesiąt. Większość to programy komercyjne, niektóre bardzo wyspecjalizowane, służące w konkretnych dziedzinach, np. w diagnostyka programów przemysłowych.

słowych, ale sporo uniwersalnych, które mogłyby się przydać w szkole, ale używane są rzadziej, gdyż kosztują sporo. Na początku były to pakiety akademickie, wymagające dużych komputerów, ale wkrótce okazało się, że takie systemy, jak muMath czy Derive (ten ostatni nadal jest sprzedawany przez Texas Instruments), mogą być także instalowane na domowych komputerkach wyposażonych w procesory 8-bitowe. Lawina ruszyła.

Oto kilka nazw programów komercyjnych, pozostawimy Czytelnikom odszukanie ich; redakcja *Fotonu* oferuje wszelką pomoc w ich lokalizacji i odpowieździ na konkretne pytania dotyczące ich używania:

- **Maple.** Jeden z najpopularniejszych w środowiskach akademickich, w związku z czym ciągle rozwijany; dodatkowe pakiety są tworzone na uniwersytetach i innych szkołach, i często dostarczane darmowo. Klasycznie wyglądający język programowania, wygoda graficzna. Podstawowa biblioteka rachunków symbolicznych bywa czasami używana z wnętrza innych programów, np. Matlabu, systemu służącego głównie do obliczeń numerycznych.
- **Mathematica.** Chyba najbardziej reklamowany system na świecie. Powstał w środowisku akademickim, ale jeden z jego autorów postanowił zrobić na nim pieniądze i dzieła dokonał (choć nie obyło się bez konfliktów). Bardzo dobra grafika, sporo dokumentacji. Według autorów i niektórych użytkowników jest to system dobrze dostosowany do psychiki debutantów, ale zaawansowane zastosowania wymagają sporo studiów.
- **Reduce.** Jeden z najstarszych systemów algebraicznych, kiedyś bardzo popularny wśród fizyków. Był kiedyś rozprowadzany darmowo, ale jego twórca, Anthony Hearn i inni autorzy musieli wydać sporo pieniędzy, aby system przeżył, stał się więc komercyjny... Posiada sporo wyspecjalizowanych pakietów, rachunki tensorowe, równania różniczkowe itd. Nie posiada własnej grafiki, używa systemu Gnuplot, ale ciągle użyteczny. Głównie dla tych, którzy mają już z nim pewne doświadczenie.
- **Magma.** Jeden z nowszych systemów, w którym pojęcie *struktury matematycznej*, jako obiektu o sformalizowanych własnościach, jest bardzo ważne, co pozwala na konstruowanie algorytmów, które „patrzą” bardziej na elementy formalnej matematyki niż na konstrukcję danych informatycznych. Do tych systemów prawdopodobnie należy przyszłość, choć początkujący będą mieli więcej informacji do opanowania...
- **Derive.** Prosty w użyciu, interakcyjny. Popularny w licznych szkołach w Stanach Zjednoczonych. Dysponuje nieskomplikowaną grafiką.

- MuPAD. Podobnie jak w Magma, typy obiektów i struktury matematyczne (pierścienie, ciała itp.) są bardzo ważne. Prostszy niż Magma, MuPAD jest systemem dość popularnym w Niemczech, także w szkołach; powstał na uniwersytecie w Paderborn. **Ważne:** Prof. Fuchssteiner i jego współpracownicy oferują także wersję darmową. Niezła grafika, choć ustępująca niektórym innym systemom.

Podkreślmy, że to jest zaledwie kilka wśród mnóstwa! Systemów darmowych jest także sporo, niektóre nie ustępują systemom sprzedawanym, a nawet pod pewnymi względami je przewyższają.

- MuPAD. Jak już stwierdziliśmy, ten pakiet jest dystrybuowany darmowo, ale w ograniczonej wersji, mniej „przyjaznej” niż wersja komercyjna. Podstawowy pakiet rachunkowo/algebraiczny jest ten sam, tylko interfejs jest mniej wygodny, więc szkoły są zachęcane, aby kupić wersję kompletną, a darmowa może być ściągnięta przez uczniów (uniwersytet w Paderborn wydaje licencje osobiste). Składniowo trochę zbliżony do Maple’a. Aktualna wersja może być dystrybuowana razem ze Scilabem, pakietem do obliczeń numerycznych, który był już przez nas polecany na łamach *Fotonu*.
Miroslaw Majewski napisał książkę „MuPAD dla niecierpliwych”, polska wersja została wydana przez Bibliotekę Nauczyciela Matematyki.
- Axiom. Niegdyś komercyjny, rozwijany intensywnie przez bardzo liczną ekipę (głównie akademicką), stał się darmowy. Jest to pierwszy system (nazywający się ówczesnie Scratchpad), w którym własności obiektów matematycznych zostały ujęte nowocześnie i formalnie. Zarówno Magma jak i MuPAD zostały nim zainspirowane. Aktualna wersja pod Windows ma kłopoty z grafiką, ale to się zmieni (wymaga *X-Window System*, prace nad dostosowaniem są w toku). Axiom dobrze współpracuje z edytorem zwanym TeXmacs, który pozwala na drukowanie wyników w postaci elegancko formatowanej, podobnie jak Maple.
- Maxima (niegdyś komercyjny o nazwie Macsymba). Jeden ze starszych i najbardziej popularnych systemów, któremu dano nowe życie. Prostszy niż Axiom, o bardzo bogatej dokumentacji. Nie posiada własnej grafiki, ale jest dystrybuowany razem z Gnuplotem, z którym współpracuje w sposób przejrzysty i automatyczny.
- Inne: GAP i Macaulay2 są bardziej profesjonalne, dla matematyków. Niektórzy matematycy, przyzwyczajeni do innych systemów, korzystają z tych jako z bibliotek specyficznych algorytmów.

Co wybrać? Nauczyciel, który zamierza na serio poświęcić trochę czasu metodom rachowania symbolicznego i zachęcić uczniów do skorzystania zeń, ma aż nad-

miar możliwości. Ważne, aby wybrać jakiś system i go *dobrze* opanować. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby przetestować kilka jednocześnie, ale w przypadku pracy z grupami uczniowskimi lepiej jest używać jednego, żeby się nie pogubić. Sądzymy, że aktualnie najwygodniejszym systemem z opisanych jest MuPAD, między innymi dlatego, iż istnieje do niego polska książka. Z drugiej strony, Maxima dysponuje niektórymi pakietami interesującymi dla fizyka, np. analizą wymiarową.

4. Grafika i programowanie

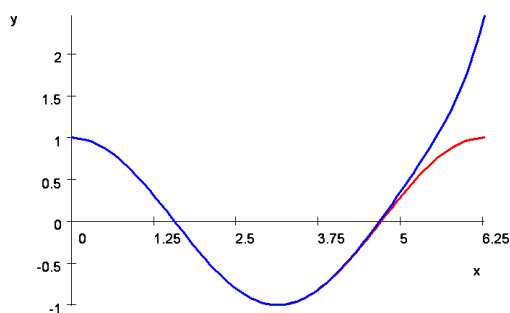
4.1. Grafika

Aczkolwiek wykresy są z konieczności oparte na wartościach liczbowych wyrażeń matematycznych, a nie symbolicznych, grafika stanowi bardzo ważny element omawianych pakietów i często stanowi o ich sukcesie, gdyż pozwala sprawdzać interakcyjnie niektóre wzory, a poza tym każdy wie, że jeden dobry rysunek może zastąpić tysiąc słów. Zwykle dysponujemy możliwościami wykresów 2- i 3-wymiarowych oraz wieloma stylami i opcjami rysowania; często także animacją.

Poniższy wykres został wygenerowany przez MuPAD instrukcją:

```
plotfunc2d(cos(x), scos(x), x=0 .. 2*PI, LineWidth=10);
```

gdzie `scos` jest procedurą przybliżającą funkcję cosinus szeregiem potęgowym. Konstruujemy ją w następnym rozdziale. Pakiety algebraiczne (a także Gnuplot) potrafią tworzyć pliki w różnych formatach, np. w kodzie PostScriptu, co pozwala na dołączenie wykresów o bardzo dobrej jakości do tekstów drukowanych, nie tylko na ekranie.



4.2. Programowanie

Opisane pakiety nie są tylko „kalkulatorami”, ale stanowią pełne języki programowania, umożliwiające konstrukcję programów iteracyjnych, procedur przepro-

wadzających analizę rozwiązań itp. Znaczna część bibliotek tych pakietów jest konstruowana właśnie w tych językach: Maple'a, MuPADu, Axiomu itd. Oto procedura obliczająca przybliżenie funkcji $\cos(x)$ przez szereg potęgowy:

$$1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots, \text{ aż do wykładnika równego 12.}$$

```
scos:=proc(x) local f,y,s;
begin
f:=1; s:=-1; y:=1;
for n from 2 to 12 step 2 do
f:=f*x*x/(n*(n-1)); y:=y+s*f;
s:=-s;
end_for;
return(y);
end_proc;
```

Ten urwany szereg może być przedstawiony symbolicznie, ale także użyty do wykresu sprawdzającego jakość przybliżenia, jak powyżej. W tym wypadku znaleźliśmy jawną postać rozwinięcia, ale często musimy operować funkcją bardziej skomplikowaną. Wtedy można zażyczyć rozwinięcia przez sam system, np. Maxima pozwala na otrzymanie szeregu powyżej przez `taylor(cos(x), x, 0, 12)`. Szereg ten może być następnie przetwarzany przez nasze własne (albo biblioteczne) procedury, aby otrzymać np. przybliżenie funkcjami wymiernymi.

Aby móc sprawnie programować, zwykle konieczna jest znajomość wewnętrznej struktury wyrażeń, a w każdym razie możliwość stwierdzenia, czy mamy do czynienia z wielomianem (sumą), ułamkiem, funkcją specjalną itp., oraz możliwość ekstrakcji pojedynczych zmiennych z dowolnego wyrażenia. To przekracza ramy niniejszego artykułu.

5. Możliwe zastosowania fizyczne

Na ten temat można napisać całe książki, fizyka była głównym motorem tworzenia pakietów symbolicznych w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. Autorem jednego z nich, Schoonschipu jest późniejszy laureat Nagrody Nobla z fizyki, M. Veltman. Reduce i Mathematica również powstawały na terenie opartym przez fizyków. Istniejące biblioteki algorytmów zawierają więc tysiące procedur użytecznych w teorii względności czy fizyce cząstek. Elementarnych zastosowań jest mniej, ale np. Maxima posiada przynajmniej:

- Pakiet do analizy wymiarowej, pozwalający sprawdzić spójność wzorów względem użytych jednostek, albo np. znaleźć taką kombinację ładunków, sił, czasu itp., która jest bezwymiarowa.

- Pakiet do algebry i analizy wektorowej (gradienty, laplasjan itp.; różne układy współrzędnych), użyteczny w przetwarzaniu wzorów z mechaniki i elektrodynamiki. Inne systemy, jak MuPAD czy Reduce, również zawierają zbliżone pakiety.

Być może w przyszłości, w miarę zapotrzebowania, poświęcimy kilka stron *Fotonu* na konkretne przykłady, na razie kilka sugestii dla początkujących.

- Systemy symboliczne nadają się również do prostych, interakcyjnych obliczeń numerycznych, np. do rozwiązywania układu równań. Wynik może być podany w postaci ułamków wymiernych, co często jest korzystniejsze niż wartości zmiennoprzecinkowe. W MuPADzie wystarczy np. napisać
`solve([2*x+4*y-3=0, 3*x+y=8]);`
 żeby otrzymać
`{[x = 29/10, y = -7/10]}`.

Omawiane pakiety często używają list i podobnych struktur danych o dowolnej liczbie elementów. Jest to bardzo wygodne do przechowywania danych statystycznych, a następnie do obliczania średnich, dyspersji itp.

- Wbudowane procedury obliczania pochodnych są użyteczne do różniczkowych metod szacowania błędów doświadczalnego, więc i pracownia doświadczalna skorzysta z metod algebry komputerowej.
- Całkowanie równań różniczkowych pozwala generować i wykreślać trajektorie wynikające z równań ruchu, np. przy symulacji układu planetarnego.
- Wspomniana już analiza wymiarowa. Możemy np. przypisać $v:=3.01*\text{cm}/\text{sec}$, gdzie cm , sec są symbolami. Następnie wprowadzić $m:=100*\text{cm}$, itd. Wzory wyrażone liczbowo *razem* z jednostkami podadzą nam wymiar wyrażenia i dostaniemy ostrzeżenie, że przytrafiła się pomyłka, gdy np. wymiar będzie nie jednomianem, a wielomianem względem którejś jednostki, jeśli popełnimy głupstwo w rodzaju $v+a*v*v$, a a jest bezwymiarowe...
- Procedury wizualizacji danych: wykresy 2- i 3-wymiarowe, szybkie przetwarzanie formalnych wzorów w informację graficzną, są po prostu niezastąpione.
- Pakiety algebry symbolicznej pozwalają *ładnie formatować wzory*, a czytelność formuł matematycznych jest z pedagogicznego punktu widzenia dość zasadnicza.

Oczywiście omawiane systemy nie zastąpią nam znajomości wzorów i technik ich przekształcania, podobnie jak kalkulatory nie zastąpią całkowicie znajomości tabliczki mnożenia. Pozwolą jednak skoncentrować uwagę uczniów na *sensie*

przetwarzanych wyrażeń, a mniej na ich czysto składniowych, banalnych aspektach.

6. Referencje

Podajemy zaledwie kilka, wybranych dość losowo.

- [1] Wykaz systemów algebry komputerowej: research.mupad.de/CAIN/SYSPACK/.
- [2] Porównanie różnych systemów:
page.axiom-developer.org/zope/mathaction/RosettaStone.
- [3] *Newsgroup* poświęcona rachunkom symbolicznym: sci.math.symbolic.
- [4] System MuPAD, URL: research.mupad.de/.
- [5] Maxima: maxima.sourceforge.net/.
- [6] Axiom. page.axiom-developer.org/zope/mathaction/FrontPage.
- [7] Richard H. Enns, *Computer Algebra Recipes for Mathematical Physics*, Springer (2005).
- [8] Dla użytkowników pakietu Mathematica – pakiet przykładów fizycznych:
library.wolfram.com/infocenter/Courseware/4706/.
- [9] Gnuplot. www.gnuplot.info/.



Tsunami

Paweł F. Góra
Instytut Fizyki UJ

Katastrofa, jaka 26 grudnia 2004 roku nawiedziła południowo-wschodnią Azję i pochłonęła setki tysięcy (ostatnie raporty mówią o prawie trzystu tysiącach) istnień ludzkich, każe zadać pytanie o przyczyny i mechanizm powstawania fal tsunami. Ponieważ zjawisko to występuje stosunkowo często, głównie na Oceanie Spokojnym, wiele – choć bynajmniej nie wszystko – na ten temat wiadomo. Szczegółowe informacje można znaleźć w literaturze specjalistycznej i w Internecie. W tym krótkim artykule przedstawimy tylko najważniejsze aspekty mechanizmu wywołującego tsunami.

Samo słowo tsunami pochodzi od japońskich słów *tsu*, oznaczającego zatokę, i *nami*, oznaczającego falę. Jest to zatem wielka fala, którą można zauważyć w zatoce, a więc blisko wybrzeża, nie na otwartym oceanie. Japonia, leżąca w bardzo aktywnym sejsmicznym regionie świata, w przeszłości doświadczyła wielu ataków fal tsunami (rys. 1).



Rys. 1. Katsushika Hokusai, *Wielka fala u wybrzeża Kanagawa*, fragment cyklu *Trzydzieści sześć widoków góry Fuji* (1823–1839). Choć autor zamierzał przedstawić falę tsunami, rysunek jest mylący, gdyż tsunami na ogół nie wyglądają jak wielkie, łamiące się fale

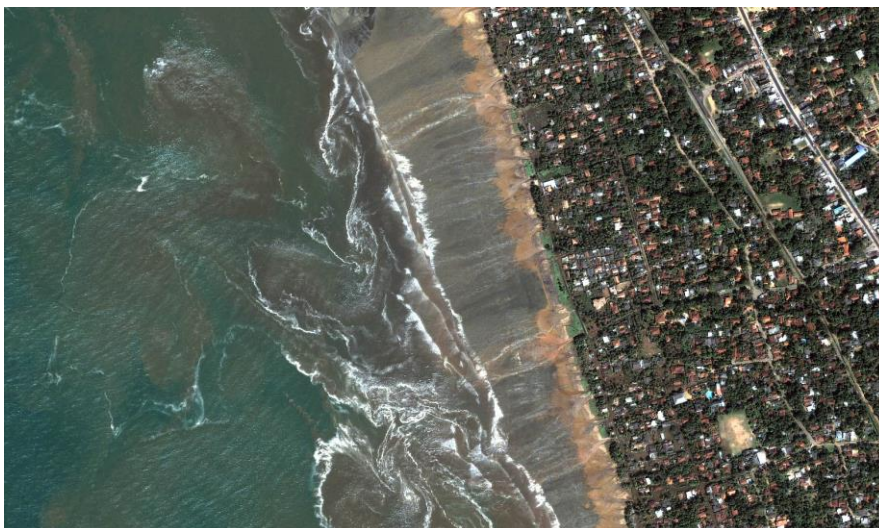
Najczęstszym typem tsunami są tsunami sejsmiczne, wywołane podmorskimi trzęsieniami ziemi zdarzającymi się na głębokich wodach otwartego oceanu. Jednak nie każde podoceaniczne trzęsienie ziemi wywołuje tsunami. Trzęsienie ziemi na Morzu Andamańskim, które wywołało tsunami 26 grudnia, miało natężenie 9,0 stopni w skali Richtera. Niewiele jednak osób wie, że trzy dni wcześniej, 400 kilometrów na południe od Nowej Zelandii, zdarzyło się trzęsienie ziemi o po-

równywalnej skali (8,2 stopnia), które nie wywołało najmniejszego nawet tsunami i znane jest tylko z zapisów sejsmicznych. Trzęsienia ziemi pojawiają się, gdy wzajemny ruch dwu płyt tektonicznych zostaje zablokowany – po jakimś czasie zgromadzona w uskoku energia zostaje wyzwolona poprzez gwałtowne ruchy skorupy ziemskiej. Są trzy główne typy trzęsień ziemi: płyty mogą przesuwać się względem siebie równolegle, trąć o siebie wzdłuż uskoku (taki był mechanizm niedawnego trzęsienia ziemi w Turcji), płyty mogą oddalać się od uskoku (tak dzieje się na przykład na dnie Oceanu Atlantyckiego), wreszcie jedna płyta może być wciągana pod drugą. Tylko ten trzeci typ trzęsienia ziemi może wywołać tsunami.

Gdy jedna płyta tektoniczna jest wciągana pod drugą, energia wyzwolona w trzęsieniu ziemi może spowodować gwałtowne wypiętrzenie fragmentu dna oceanicznego. Jeśli wypiętrzenie to jest dostatecznie duże (według obliczeń 15 metrów lub więcej), cała kolumna wody, znajdująca się nad wypiętrzoną w wyniku trzęsienia fragmentem dna, zostaje uniesiona. Oczywiście powoduje to straszliwe naruszenie równowagi mas wody – woda „rozbiega się” od epicentrum w poszukiwaniu nowego położenia równowagi. Tsunami nie jest zjawiskiem powierzchniowym, udział w nim bierze cała masa wody, od dna aż po powierzchnię oceanu.

Na otwartym oceanie, gdzie głębokość sięga tysięcy metrów, fala tsunami nie jest wysoka – nie przekracza kilkudziesięciu centymetrów ponad normalną powierzchnię morza – za to przemieszcza się z prędkością odrzutowca (około 800 kilometrów na godzinę), a jej długość może przekraczać 200 kilometrów. Gdy fala zbliża się do lądu, zwalnia, skraca się i wypiętrza. Gdy morze jest głębokie na 10 metrów, fala tsunami ma około 10 kilometrów długości, przemieszcza się z prędkością 30–40 kilometrów na godzinę i unosi się na kilka–kilkanaście (lub więcej) metrów ponad normalny poziom morza. Na skutek skomplikowanych oddziaływań mas wody i dna morskiego mogą powstawać dodatkowe prądy, dzielące jedną falę tsunami na kilka fal. Dlatego też jedno trzęsienie ziemi może spowodować rozłożony na kilka godzin atak kilku fal tsunami na wybrzeże, przy czym niekoniecznie pierwsza fala jest najwyższa i najbardziej niszczycielska. Fala, która w nocy z 22 na 23 maja 1960 roku zniszczyła miasto Hilo na Hawajach, zabijając 61 osób i ciężko raniąc 282, była trzecią z kolei i nadeszła godzinę po pierwszej fali tsunami. Po niej w ciągu następnej godziny nadeszło pięć kolejnych fal.

Wypiętrzające się na płytkich wodach tsunami może też „zasysać” wodę sprzed siebie. Poziom morza przed nadciągającym tsunami w takim wypadku spada, niekiedy bardzo znacznie. Kolejne fale tsunami mogą być więc rozdzielone czymś, co wygląda jak wyjątkowo silny odpływ (rys. 2). Niekiedy zjawisko to poprzedza atak pierwszej fali.



Rys. 2. Plaża Kalutara na Sri Lance, 26 grudnia 2004. Cofająca się fala tsunami powoduje gigantyczny „odpływ” morza

Wbrew popularnym opiniom i wbrew licznym artystycznym wyobrażeniom, atakująca wybrzeże fala tsunami na ogół nie przypomina wielkiego grzywacza pędzonego wiatrem. Tsunami wygląda raczej jak niezwykle silny i raptowny przypływ – cały poziom morza lokalnie podnosi się i o ląd uderza nie tyle ściana, ile wysoka na wiele metrów płyta wody. To nie wysokość fali jest najbardziej niszczycielskim czynnikiem tsunami. Niekiedy wiatry mogą wywołać powierzchniowe fale przyboju o wysokości porównywalnej do fali tsunami. Taka fala uderza o wybrzeże, łamie się i cofa, ustępuje, powodując co najwyżej lokalne zniszczenia. Tsunami nie ustępuje, tylko wdziera się w ląd i pędzi, pędzi, pędzi, niszcząc wszystko po drodze. Najwięcej zniszczeń powodują silne prądy i porwane przez nie szczątki, często o wadze setek kilogramów, które burzą kolejne budowle, łamią drzewa, unoszą przedmioty, miażdżą i ranią ludzi.

Jak już napisałem, tsunami występują głównie na Oceanie Spokojnym, dlatego też kraje leżące wokół pacyficznego pierścienia ognia (wybrzeża Pacyfiku są bardzo aktywne sejsmicznie i upstrzone wulkanami) opracowały i zainstalowały system automatycznych mierników, ostrzegających przed nadciągającymi tsunami, co daje ludziom czas na ucieczkę na wyżej położone tereny. Katastrofalne trzęsienie ziemi i tsunami 26 grudnia 2004 miało miejsce na Oceanie Indyjskim, gdzie tsunami w nowożytnych czasach nie występowały, a położone tam kraje nie zainstalowały systemu wczesnego ostrzegania. Mieszkańcy gęsto zaludnionych

terenów narażonych na atak fal nie zostali ostrzeżeni, mimo iż był na to czas, nie schronili się i dlatego straty były tak wielkie.

Tsunami mogą powstawać także w wyniku podmorskich wybuchów wulkanicznych oraz w wyniku gigantycznych obsunięć ziemi, wywołanych trzęsieniami ziemi lub wybuchami wulkanów. Wybuch wulkanu na greckiej wyspie Santorini, który nastąpił około 1400 roku p.n.e. i dosłownie rozerwał całą wyspę, spowodował monstrialne obsunięcie ziemi do Morza Egejskiego. Przypuszcza się, iż wywołane tym tsunami spowodowało zagładę cywilizacji minojskiej na Krecie – być może echa tego właśnie zdarzenia przetrwały w postaci mitu o zatopieniu Atlantydy.



Rys. 3. Zatoka Lituya Bay widziana z tej strony, po której nastąpiło obsunięcie ziemi. W prawej części zdjęcia wyraźnie widoczne jest zbocze góry ogołocone z roślinności przez rozbryzg

Jednak największe fale oceaniczne mają pochodzenie – mówiąc żargonowo – impaktowe. Co się stanie, gdy do płytkiej kałuży wrzucimy duży kamień? Powstanie wielki rozbryzg, woda może unieść się na znaczną wysokość. Taki właśnie był mechanizm powstania największej znanej i opisananej fali: 9 lipca 1958 roku niewielkie trzęsienie ziemi spowodowało wielkie obsunięcie gruntu do płytkiej zatoki Lituya Bay na Alasce. Powstały rozbryzg zupełnie ogołocił z drzew i wszelkiej roślinności przeciwległy brzeg zatoki zostawiając nagą skałę (rys. 3), odbił się i zdewastował ten brzeg, na którym nastąpiło obsunięcie gruntu. Mierząc wedle linii zniszczeń, woda w rozbryzgu musiała unieść się na około 1720 stóp, czyli 516 metrów ponad poziom morza! Obsunięcie ziemi wywołało też lokalne tsunami – według słów naocznych świadków, fala tsunami u ujścia zatoki miała około 100 stóp, czyli około 30 metrów wysokości. Okolica ta jest bardzo słabo

zaludniona, nie było więc wielu ofiar w ludziach – zginęło kilka osób znajdujących się na pokładach łodzi, które miały nieszczęście znaleźć się tego dnia w pobliżu Lituya Bay. Rozbryzg spowodowany upadkiem meteorytu, który, jak sądzimy, spowodował zagładę dinozaurów 65 milionów lat temu, musiał być wysoki na wiele kilometrów.

Bibliografia internetowa

W Internecie można znaleźć wiele stron poświęconych tsunami. My szczególnie polecamy następujące:

- <http://pubs.usgs.gov/circ/c1187/> – relacje osób, które przeżyły różne tsunami, oraz wiele ciekawych danych naukowych.
- <http://www.globalsecurity.org/eye/andaman-pix2.htm> – wyjaśnienie mechanizmu powstawania sejsmicznych tsunami.
- <http://www.ess.washington.edu/tsunami/index.html> – odnośniki do innych stron poświęconych tsunami.
- <http://www.tsunami.org/> – wirtualne muzeum tsunami.
- http://news.bbc.co.uk/1/hi/in_depth/4136289.stm – między innymi ciekawa animacja powstawania sejsmicznych tsunami oraz przebiegu tsunami 26 grudnia 2004.
- <http://homepage.mac.com/demark/tsunami/> – fascynująca kolekcja zdjęć satelitarnych przedstawiających tsunami z 26 grudnia 2004 i, dla porównania, zdjęcia tych samych fragmentów wybrzeża sprzed ataku tsunami.
- <http://www.drgeorgepc.com/Tsunami1958LituyaB.html> – tsunami w Lituya Bay.



Komputerowe minilaboratoria przyrodnicze

Henryk Szydłowski

Wydział Fizyki UAM, Poznań

Powszechnie wiadomo, że komputer wyposażony w interfejs pomiarowy i odpowiednie czujniki pomiarowe może pełnić funkcję dowolnego przyrządu pomiarowego [1–3]. Istnieje bardzo pilna potrzeba wykorzystania wszystkich tych możliwości w nauczaniu szkolnym, tym bardziej że warunki nauczania przedmiotów przyrodniczych są bardzo trudne. W dodatku nauczanie przedmiotów przyrodniczych wymaga ilustracji eksperymentami. Wykonywanie tradycyjnych doświadczeń za pomocą wysłużonego sprzętu jest bardzo czasochłonne i mało atrakcyjne dla młodzieży. Na jedno doświadczenie z kinematyki lub dynamiki oraz na nauczanie sztuki opracowania wyników pomiarowych i umiejętności tworzenia i posługiwania się wykresami trzeba przeznaczyć aż dwie godziny lekcyjne, czyli pół miesiąca nauczania (przy wymiarze 1 godz. tygodniowo)! Tymczasem zastosowanie komputera pozwala wykonać tysiące bardzo dokładnych pomiarów w krótkim czasie trwania zjawiska, na przykład spadku swobodnego. W równie krótkim czasie za pomocą komputera można wykonać bardzo złożone obliczenia i wykresy.

Naprzeciw tym potrzebom wyszły trzy uczelnie: Uniwersytet w Białymstoku, Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu i Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, proponując tworzenie komputerowo wspomaganých minilaboratoriów przyrodniczych w szkołach ponadpodstawowych. Uniwersytety te już od wielu lat kształcą przyszłych nauczycieli w zakresie pełnego wykorzystania komputerów w nauczaniu fizyki. W roku 2003 grant Ministerstwa Edukacji Narodowej i Sportu, koordynowany przez UAM, pozwolił wdrożyć minilaboratoria komputerowe w 30 szkołach ponadpodstawowych województw: kujawsko-pomorskiego, podlaskiego i wielkopolskiego. Stosunkowo bardzo niskie nakłady finansowe grantu były przeznaczone wyłącznie na zaopatrzenie szkół w: interfejs pomiarowy, program komputerowy COACH do wykonywania pomiarów i przetwarzania wyników oraz zestaw czujników pomiarowych dobranych w miarę możliwości zgodnie z zapotrzebowaniem nauczycieli reprezentujących szkoły. Tam gdzie inicjatywa należała do fizyka, były to czujniki wielkości fizycznych (np. ultradźwiękowy czujnik położenia, czujniki siły, światła, dźwięku itp.). Biolodzy i chemicy byli zainteresowani głównie czujnikami do pomiaru: pH, zawartości tlenu, dwutlenku węgla, temperatury, tężna itp.

Ponieważ nie było pieniędzy na doksztalcanie nauczycieli, przy realizacji projektu z konieczności korzystano z współpracy nauczycieli hobbystów. Zorga-

nizowano jedynie konferencję dla nauczycieli szkół uczestniczących w projekcie, a wyselekcjonowanych w konkursach wojewódzkich. Pracownicy uniwersytetów przygotowali materiały konferencyjne dla wszystkich szkół. Niestety, trzeba było ograniczyć liczbę uczestników w zasadzie do jednej osoby z każdej ze szkół. Szkoły wniosły własny wkład w postaci stanowiska komputerowego i lokalu oraz zobowiązały się do stworzenia kółek młodych przyrodników.

Istotnym elementem popularyzacji wykorzystania komputera w nauczaniu fizyki i przedmiotów przyrodniczych były konkursy organizowane pod patronatem PTF pt. „**Komputerowo wspomagany eksperyment szkolny w przedmiotach przyrodniczych**”, zorganizowany po raz pierwszy w roku 1998/1999.

W roku 2003/2004 ogłoszono trzecią edycję konkursu [5], która dotyczyła wykorzystania przyrodniczych minilaboratoriów komputerowych i skierowana była przede wszystkim do nauczycieli i uczniów szkół, uczestniczących w projekcie tworzenia takich laboratoriów. Jednak konkurs był otwarty dla wszystkich chętnych. Na konkurs wpłynęło łącznie 48 prac autorstwa samych nauczycieli bądź też zespołów nauczyciela z uczniami. Najwięcej prac stanowiło propozycję wykonania pojedynczych wspomaganych komputerowo doświadczeń z fizyki (30), biologii (11) i chemii (2). Stworzenie minilaboratoriów przyczyniło się również do podjęcia szerszych działań samych nauczycieli, czego wyrazem są autorskie programy nauczania fizyki: mgr. Stanisława Niedbalskiego: „COACH 5 w realizacji programu fizyki i astronomii w gimnazjum” oraz mgr. Anny Zdunko „Program do lekcji fizyki z eksperymentem wspomagany komputerowo”.

Na szczególne wyróżnienie zasługuje propozycja mgr. Mirosławy Szymańskiej wykonywania eksperymentów wspomaganych komputerowo z biologii. Jest to pierwsza propozycja całego zestawu doświadczeń biologicznych wspomaganych komputerowo.

Propozycje doświadczeń nadesłanych na konkurs są dość zróżnicowane. Z reguły nie są one tak nowatorskie jak w konkursie poprzednim, ale za to są lepiej dostosowane do potrzeb i możliwości szkolnego minilaboratorium komputerowego. W olbrzymiej większości prac wykorzystuje się wyłącznie sprzęt i program COACH, ale są prace, w których autorzy korzystają z innego oprogramowania i sprzętu, co wskazuje na możliwości szybkiego rozszerzenia bazy laboratoriów szkolnych. Najszersze wykorzystanie możliwości komputerów znajdujemy w pracach z fizyki, w których stanowisko komputerowe jest wykorzystane nie tylko do wykonania pomiarów, lecz również do ich matematycznego przetwarzania i prezentacji graficznej (obliczeń, aproksymacji funkcjami matematycznymi itp.). W doświadczeniach z biologii i chemii wykorzystuje się możliwości prezentacji czasowych zmian wielkości mierzonej (temperatury, pH, zawartości tlenu, lub dwutlenku węgla), tworzenia wykresów, a nie wykorzystuje się możliwości przetwarzania wyników. Wśród nadesłanych prac są również prace stanowiące powtórzenia doświadczeń wykonywanych w fizycznych studenckich pracowniach

akademickich [1]. Wynika to bądź z konieczności przystosowania eksperymentu do warunków szkolnych, bądź też z nieznaności literatury trudno dostępnej dla nauczyciela. Prace te z reguły nie są plagiatem i z tego powodu jury konkursowe nie dyskwalifikowało ich. W przybliżeniu połowa prac zasługuje na wyróżnienie ze względu na oryginalność oraz stopień zaawansowania techniczno-informatycznego.

Zapoczątkowane przez nas minilaboratoria są nie tylko tanie, ale równocześnie stanowią propozycję nowych rozwiązań organizacyjnych – tworzenia laboratoriów przyrodniczych wspólnych dla kilku przedmiotów przyrodniczych. Inicjatywa taka powinna interesować władze oświatowe również z tego względu, że wobec małej liczby godzin przedmiotów przyrodniczych i przeciążenia nauczycieli i utrzymanie oddzielnych „gabinetów”: fizycznych, chemicznych, biologicznych i geograficznych w dotychczasowej postaci jest bardzo trudne.

Do wsparcia akcji tworzenia minilaboratoriów i kolejnych jej etapów niezbędne jest dokształcanie nauczycieli nauk przyrodniczych, a także informatyki. Powinno ono być realizowane na studiach podyplomowych w akademickich laboratoriach edukacyjnych zastosowań informatyki podobnych do tych, które utworzono na uniwersytetach.

Literatura

- [1] H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2003.
- [2] H. Szydłowski (red.): *Informatyka i dydaktyka w nauczaniu fizyki*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1997.
- [3] http://www.gazeta-it.pl/edukacja/komputer_w_nauczaniu.html
- [4] <http://ifnt.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/konkurs/k2-wyniki.htm>
- [5] <http://ifnt.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/eksperyment.htm>



Jak uniknąć paradoksu bliźniąt?

Jan Czerniawski

Instytut Filozofii UJ, Kraków

Od Redakcji:

Tym razem proponujemy Państwu spojrzenie filozofa na problem rozumienia paradoksu bliźniąt.

Paradoks bliźniąt stanowi chyba najbardziej kłopotliwy problem w dydaktyce Szczególnej Teorii Względności. Wskazuje na to choćby różnorodność podejść do jego rozwiązania. Z jednej strony, próbuje się czasem przedstawić go jako dowód sprzeczności tej teorii. Z drugiej zaś, kwestionowane bywa wręcz jego istnienie, co niektórzy autorzy zaznaczają, biorąc słowo „paradoks” w cudzysłów. Zastanówmy się, czy ta rozbieżność opinii w jakiejś części nie opiera się na nieporozumieniach.

Wyjaśnijmy na początek znaczenie słowa „paradoks”. Według definicji słownikowej [1], paradoks jest to „1. twierdzenie zaskakujące, sprzeczne z przyjętym powszechnie mniemaniem (...), 2. rozumowanie pozornie poprawne, lecz prowadzące do sprzecznych wniosków”. Paradoks w pierwszym znaczeniu można nazwać paradoksem w sensie psychologicznym, w drugim zaś – w sensie logicznym. W którym z tych dwóch znaczeń paradoksem jest paradoks bliźniąt?

Odpowiedź na to pozornie proste pytanie zależy od tego, co rozumiemy przez paradoks bliźniąt. Można np. rozumieć przezeń oparte na szczególnej teorii względności przewidywanie, że jeśli „jedno z dwojga bliźniąt żyjących na Ziemi (która w przybliżeniu jest układem inercyjnym) odbywa podróż do pobliskiej gwiazdy z prędkością bliską prędkości światła”, to „wróciwszy po kilkunastu latach do domu, okazuje się młodsze o kilka lat od swego bliźniaka” [2]; por. też [3]. Wtedy jednak mamy ewidentnie do czynienia z paradoksem tylko w sensie psychologicznym, który wcale nie wymaga rozwiązania, lecz jedynie wyjaśnienia. Częścią takiego wyjaśnienia może być odwołanie się do odpowiednich faktów z geometrii czasoprzestrzeni [2], które wobec tego w ogóle nie stanowi rozwiązania samego paradoksu, lecz co najwyżej pewnego związanego z nim problemu dydaktycznego.

Czy jednak w ten sposób rozwiązany został najpoważniejszy problem? Bynajmniej. Ktoś mógłby bowiem rozumować następująco: „dylatacja czasu jest zjawiskiem symetrycznym (...). Zatem bliźniak-astronauta winien okazać się młodszy od bliźniaka pozostającego na Ziemi, i na odwrót” [2]. Łatwo zauważyć, że tym razem mamy do czynienia z paradoksem w sensie logicznym, który wobec tego powinien zostać rozwiązany.

Aby jednak zrozumieć, co to znaczy, warto określić paradoks w tym sensie skonfrontować ze słownikową definicją antynomii [1], w zgodzie z którą antynomię rozumieć można jako poprawne rozumowanie prowadzące do sprzecznych wniosków. Różnica tkwi w zastrzeżeniu „pozornie poprawne”. Otóż zwolennicy tezy, że paradoks bliźniąt dowodzi sprzeczności teorii względności, faktycznie chcieliby widzieć w nim nie paradoks, lecz antynomię tej teorii. Jego rozwiązanie musi więc obejmować wskazanie błędu w tym pozornie poprawnym rozumowaniu.

Oczywiście pewien błąd nietrudno w nim wskazać. Wystarczy zauważyć, że „nie ma tu symetrii; (...) astronauta co najmniej trzykrotnie zmienia układ odniesienia, doznając przy tym przyspieszeń, jest więc wyróżniony wobec swego bliźniaka, który cały czas spoczywał w jednym układzie inercyjnym” [2]. Część rozumowania dowodząca, jakoby młodszy powinien okazać się domator, jest zatem niepoprawna. Wniosek ten można wzmocnić, „rozpatrując szczegółowo wymianę sygnałów elektromagnetycznych między bliźniętami”, trzeba jednak zgodzić się, iż „poza wykazaniem, że teoria nie jest tu sprzeczna, niewiele to wyjaśnia” [2]. Jeśli bowiem pamiętać, że „na upływ czasu własnego ma wpływ tylko prędkość ruchu” [2], a nie jego przyspieszenie, organizmy bliźniaków zaś w zasadzie potraktować można jako „zegary” mierzące czas własny, to fakt, iż po spotkaniu domator okaże się starszy, może zaskakiwać, skoro z punktu widzenia astronauty domator porusza się, więc skutek dylatacji czasu powinien starzeć się wolniej, a nie szybciej. Jak widać, kłopotliwy wniosek tym razem otrzymany został bez założenia symetrii między bliźniętami.

Czy zatem istnieje zadowalające rozwiązanie paradoksu bliźniąt? W zasadzie jest nim już wskazanie błędu w wyprowadzeniu jednego z wzajemnie sprzecznych przewidywań. Paradoks można jednak odtworzyć bez wskazanego błędnego założenia. Aby więc ostatecznie oddalić od teorii podejrzenie o sprzeczność, należy wyjaśnić, w jaki sposób domator, który z punktu widzenia astronauty w żadnym momencie nie starzeje się szybciej od niego, może po spotkaniu okazać się starszy.

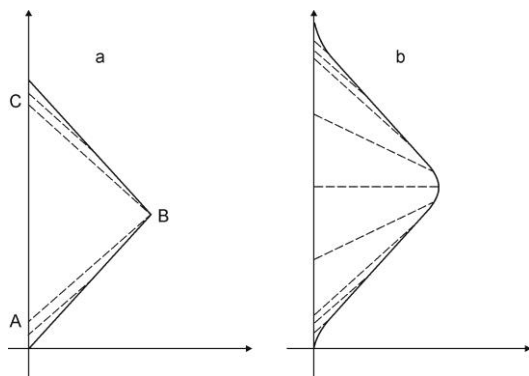
Na szczęście takie wyjaśnienie istnieje. Zauważa się, że wraz ze zmianą układu inercyjnego, w którym chwilowo spoczywa astronauta, zmienia się też relacja równoczesności, odpowiadająca jego punktowi widzenia. W szczególności dotyczy to okresu ruchu przyspieszonego, gdy zawraca. W rezultacie na odpowiadający ruchowi domatora względem astronauty efekt dylatacji czasu nakłada się kompensujący go z nawiązką efekt wynikający ze zmiany równoczesności, co sprawia, że okresowi temu odpowiada znacznie dłuższy okres z życia domatora. To właśnie przeoczenie tego dodatkowego efektu zaowocowało paradoksem.

Najlepiej widać to na diagramie Minkowskiego w wyidealizowanym przypadku odpowiadającym natychmiastowej zmianie zwrotu prędkości ([4], rys. 1.17a), gdy w momencie tej zmiany dochodzi do skokowej zmiany równoczesności w ukła-

dzie rakiety, w związku z czym pokażny fragment linii świata domatora „wypada z rachuby” astronauty. Chociaż więc z punktu widzenia astronauty w obu okresach względnego ruchu domator starzeje się wolniej, to po spotkaniu domator okazuje się starszy, gdyż okresy jego życia równoczesne z odpowiednimi okresami życia astronauty stanowią tylko część okresu, jaki dla niego upłynie do momentu spotkania. W szczególności, gdy prędkość rakiety wynosi 0,96 prędkości światła, a cała podróż z punktu widzenia astronauty trwa 14 lat [4], przy obliczaniu czasu, jaki upłynie dla domatora, powinien on uwzględnić nie tylko dwa 2-letnie okresy równoczesne dla niego z okresami oddalania się i podróży powrotnej, lecz również 46-letni okres, który „wypadł mu z rachuby” wskutek raptownej zmiany równoczesności w jego układzie odniesienia.

Oczywiście w bardziej realistycznym przypadku skończonego przyśpieszenia rakiety w fazie zawracania fragmenty linii świata astronauty odpowiadające okresom jego ruchu jednostajnego nie mogą stykać się w punkcie, lecz muszą być połączone gładką linią krzywą. Linia prosta reprezentująca na diagramie równoczesność z punktu widzenia astronauty „omiata” w tej fazie nieproporcjonalnie długi fragment linii świata domatora. Wyjaśnia to, dlaczego „duża różnica ich wieku powstała w bardzo krótkim okresie przyśpieszeń astronauty” [2].

Pragnę podkreślić, że dopiero powyższa analiza zachowania się równoczesności odpowiadającej punktowi widzenia astronauty stanowi w pełni zadowalające rozwiązanie paradoksu bliźniąt. Nietrywialny z dydaktycznego punktu widzenia jest bowiem paradoks bliźniąt jedynie o tyle, o ile jest paradoksem w sensie logicznym. Przejście do opisu rozważanej w nim sytuacji w języku geometrii Minkowskiego (por. [2]), w której paradoks w ogóle się nie pojawia, nie na wiele się zdaje, gdyż w ogóle nie wyjaśnia, na czym polega prowadzący do niego błąd.



Diagramy czasoprzestrzenne paradoksu bliźniąt: przypadek wyidealizowany (a) i realistyczny (b). Linie przerywane reprezentują równoczesność z punktu widzenia astronauty. Zdarzenia z odcinka AC linii świata domatora zachodzą dla niego w tym samym momencie

Należy zgodzić się, iż „błędem jest pogląd, że pełne rozwiązanie paradoksu wymaga użycia ogólnej teorii względności” [2]. Jego przyjęcie oznaczałoby bowiem faktyczne przyznanie, że paradoks ten stanowi antynomię teorii szczególnej, a niesprzeczna jest dopiero ogólna teoria względności, co byłoby dość dziwne zważywszy, że stanowi ona jej uogólnienie. Podobnie jednak błędem jest pogląd, iż „paradoksu nie można rozwiązać «na poziomie szkolnym», tzn. za pomocą algebry transformacji Lorentza” [2]. Po pierwsze bowiem, oznaczałoby to przyznanie, że szczególnej teorii względności nie sposób niesprzecznie wyrazić, w powyższym sensie, „na poziomie szkolnym”, na którym została ona przecież pierwotnie sformułowana przez jej autora. Po drugie, przytoczone powyżej rozwiązanie nie wykracza poza „poziom szkolny”, nawet jeśli odwołuje się do będącego obecnie w powszechnym użyciu dydaktycznym diagramu Minkowskiego, co zresztą nie wpływa na jego wynik, lecz tylko czyni je poglądowym.

Literatura:

- [1] *Słownik wyrazów obcych*, PWN, Warszawa 1980.
- [2] *Encyklopedia nauki i techniki*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002, t. 2.
- [3] *Encyklopedia fizyki*, PWN, Warszawa 1973, t. 2, hasło „Paradoks zegarów”.
- [4] B.F. Schutz, *Wstęp do ogólnej teorii względności*, PWN, Warszawa 1995.



KACIK EKSPERYMENTATORA

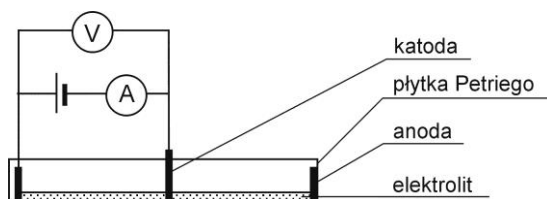
Elektroliza w niejednorodnym polu magnetycznym

*Teresa Czajkowska-Krzysztofowicz, Andrzej Krzysztofowicz
Instytut Fizyki Pomorskiej Akademii Pedagogicznej w Słupsku*

Zazwyczaj doświadczenia z elektrolizy w szkołach średnich, jeśli są przeprowadzane, polegają najczęściej na pomiarze mas elektrod i weryfikacji I prawa Faradaya. Doświadczenie takie sprowadza się do przepuszczania prądu stałego przez elektrolit, w którym znajdują się dwie płaskie elektrody. Przedstawione opisy doświadczeń, które były prezentowane podczas V Ogólnopolskiego Konkursu na Doświadczenie Pokazowe z Fizyki, polegają na ograniczeniu warunków procesów elektrolizy z trójwymiarowego do dwuwymiarowego, bez pola i w polu magnetycznym magnesu trwałego. W ten sposób można efektownie pokazać zarówno samo zjawisko elektrolizy, jak i demonstrować działanie siły Lorentza, omawiając pole magnetyczne magnesu trwałego.

1. Osadzanie elektrolityczne miedzi bez pola magnetycznego

Do niskiego okrągłego naczynka (płytki Petriego) wstawiamy anodę w kształcie okręgu o średnicy 5 cm, wyciętą z blachy miedzianej lub chociażby z odpowiednio sztywnego drutu miedzianego. Katodę ustawiamy centralnie w środku okręgu. Do tak przygotowanego zestawu wlewamy roztwór siarczanu miedzi na wysokość ok. 1 mm i podłączamy do zasilania. Schemat takiego układu przedstawiono na rys. 1. Przy stężeniu roztworu CuSO_4 ok. 10% i przyłożonym napięciu 20 V efekt procesu elektrolizy jest już widoczny gołym okiem po ok. 5–8 min w postaci cieszącego oko miedzianego kryształu dendrytycznego (fot. 1).



Rys. 1. Schemat układu doświadczenia do fraktalnego osadzania miedzi w procesie elektrolizy



Fot. 1. Osadzanie elektrolityczne miedzi bez pola magnetycznego

W warunkach domowych zamiast płytki Petriego można użyć spodka do szklanki, jako źródła zasilania zasilaczy stabilizowanych, jakich się używa np. do niektórych typów skanerów lub drukarek (mają dużą moc wyjściową) lub odpowiednio dobranych baterii. Zamiast roztworu CuSO_4 można użyć „elektrolitu” służącego do pierwszego zalania ołowianych akumulatorów samochodowych (jest to 4% roztwór kwasu siarkowego). Jednak w tym przypadku proces osadzania się miedzi jest znacznie dłuższy.

Przedstawiony wyżej proces fraktalnego formowania się miedzi w kształcie dendrytu jest dosyć dobrze znany w literaturze o fraktalach i agregacji cząstek limitowanej dyfuzją DLA (diffusion limited aggregation) [1]. Jednak wydaje się, że ta prosta demonstracja jest mało znana w standardzie szkolnych pokazów.

2. Osadzanie elektrolityczne miedzi w polu magnetycznym magnesu trwałego

Te doświadczenie można przeprowadzić w sposób prawie identyczny jak poprzednio opisane. Jediną modyfikacją jest to, że pod naczynie z elektrolitem ustawiamy centralnie pod katodę magnes neodymowy walcowy. Po przyłożeniu napięcia ok. 15 V po pewnym czasie widać, że osadzające się gałęzie wyraźnie „skręcają” w którąś stronę (odpowiednio do biegunowości magnesu). Po odczekaniu ok. 10 min, aż osadzająca się miedź przekroczy pewną średnicę, można zaobserwować skręcanie się coraz bardziej narastających gałęzi w przeciwną stronę, ale już nieco słabiej. Przy używanych w naszym doświadczeniu magnesach neodymowych o wymiarach 1,8 cm średnicy i wysokości 5 mm ciekawy efekt końcowy, w kształcie takim jak jest pokazany na fot. 2, uzyskuje się po czasie ok. 15–18 min.

Oczywiście, kształt tak „poskręcane” fraktala, jest efektem odpowiedniej konfiguracji pola elektrycznego oraz magnetycznego względem płaszczyzny elektrolitu. Pole magnetyczne jest niejednorodne, co powoduje, że w odległościach coraz większych od osi magnesu wartość siły Lorentza – jaka działa na poruszają-

ce się jony – maleje. Dodatkowo pole to „zakręca” od bieguna północnego do południowego, co z kolei powoduje, że siła Lorentza w pewnym punkcie zmienia swój zwrot na przeciwny, czego widocznym efektem jest skręcanie się osadzanych gałęzi miedzianych w przeciwną stronę, niż to miało miejsce w obszarze bliskim katody. Na tę sytuację jeszcze nakłada się fakt, że składowa prędkości jonów pochodząca od pola elektrycznego zależy od położenia jonu. W polu o symetrii walcowej w obszarze przy katodzie wartość tej prędkości jest większa niż przy anodzie.



Fot. 2. Osadzanie elektrolityczne miedzi w niejednorodnym polu magnetycznym (w polu magnesu neodymowego)

3. Pokaz ruchu cieczy (elektrolitu) z substancją kontrastową

Innym sposobem zobrazowania zachodzących procesów i jednocześnie ich wytłumaczenia jest pokaz ruchu cieczy elektrolitycznej wirującej w polu magnetycznym. Doświadczenie przygotowuje się tak samo, jak opisano w poprzednim punkcie, z tą jednak różnicą, że zamiast opisanych wcześniej elektrolitów, wystarczy użyć odpowiedniego roztworu wody z solą kuchenną. Żeby efekt był dobrze widoczny, „doprawiamy” elektrolit tuszem lub jakąś inną substancją kontrastową. Po przyłożeniu napięcia widać silne wirowanie cieczy przy katodzie, natomiast przy anodzie daje się zauważyć również wirowanie cieczy, ale w przeciwną stronę. Efekt ten jest słabiej widoczny ze względu na mniejszą wartość pola magnetycznego w tym obszarze i tym samym mniejszą wartość siły Lorentza.

Literatura:

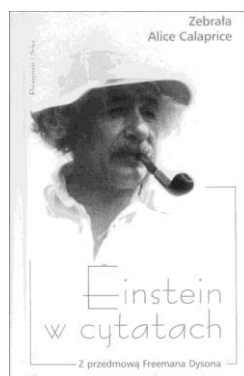
[1] H.-O. Peitgen, H. Jürgens, D. Saupe, *Granice chaosu. Fraktale*, Cz. 1, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1995.



CO CZYTAĆ

Polecamy Państwu pozycje dotyczące Alberta Einsteina:

- *Pan Bóg jest wyrafinowany... Nauka i życie Alberta Einsteina*, Abraham Pais, Prószyński i S-ka, Warszawa 2001
- *Einstein w cytatach*, Z przedmową Freemana Dysona, Zebrała Alice Calaprice, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997
- *Fizyka, kobiety i skrzypce. Einstein prywatnie*, Peter A. Bucky i Allen Weakland, Wydawnictwo „Iskry”, Warszawa 1996
- *Prywatne życie Alberta Einsteina*, Roger Highfield, Paul Carter, Prószyński i S-ka, Warszawa 1995.
- *Einstein – życie nauką*, Michael White, John Gribbin, WNT, Warszawa 1995



Czytelnikom mającym dostęp do literatury anglojęzycznej:

- *The Born-Einstein letters – The correspondence between Max & Hedwig Born and Albert Einstein 1916–1955*, THE MACMILLAN PRESS LTD, Glasgow 1971

Polecamy artykuł:

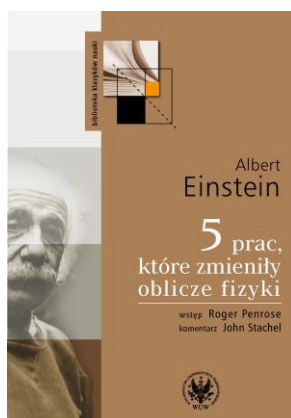
W *stulecie fotonu*, Zygmunt Ajduk, Stefan Pokorski, *Fizyka w Szkole* Nr 2, 2005, str. 3

Z.G-M

Albert Einstein: Pięć prac, które zmieniły oblicze fizyki, przedmowa: Roger Penrose, komentarz: John Stachel, przekład: Piotr Amsterdamski, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.

Sto lat temu ukazało się pięć artykułów, w których Einstein sformułował podstawy szczególnej teorii względności, wyprowadził słynny wzór $E = mc^2$, podał wy-

jaśnienie ruchów Browna i wysunął hipotezę kwantowej natury światła. Niniejsze wydanie jest pierwszym polskim przekładem tych prac, które legły u podstaw fizyki współczesnej. Tłumaczenie, wykonane na podstawie edycji przygotowanej przez Princeton University Press, zostało opatrzone przystępnym i interesującym komentarzem prof. Johna Stachela, dyrektora Centrum Einsteinowskiego na Uniwersytecie Bostońskim i wydawcy wielotomowych *Pism zebranych Alberta Einsteina*. Książka ukazuje się w setną rocznicę opublikowania epokowych odkryć i w pięćdziesiątą rocznicę śmierci wielkiego uczonego, w obchodzonym na całym świecie Światowym Roku Fizyki.



Amerykańskie czasopismo *Scientific American*, po polsku *Świat Nauki*, uchodzi na ogół za przykład dobrego dziennikarstwa naukowego. Mam tu przed sobą specjalny numer tego czasopisma, poświęcony 100 rocznicy odkrycia szczególnej teorii względności. Jest tu parę dobrych artykułów ale są też dziwactwa, np. artykuł Raphaela Bousso i Josepha Polchinskiego p.t. „Krajobraz teorii strun”. W podtytule możemy przeczytać, że [str. 58]:

Według teorii strun nasz Wszechświat zajmuje jedną z niemal nieskończenie wielu dolin otwierających się w olbrzymiej krainie możliwości.

Nigdy nie przestaję dziwić się temu, że teoria strun kwitnie najbardziej w Stanach Zjednoczonych, kraju znanym skądinąd z bardzo agresywnego dziennikarstwa. Dlaczego na litość Boską żaden dziennikarz ani redaktor nie spytał się obu panów profesorów, co to naprawdę jest „dolina w krainie możliwości”?

[...] Wracając do profesorów Bousso i Polchinskiego: zapraszają oni nas bardzo serdecznie do swojej kuchni naukowej, zupełnie nie krępując się tym, że w kuchni tej panuje straszliwy bałagan. To co pozwoliłem sobie nazwać zaprasza-

niem do kuchni jest endemiczne w świecie literatury i sztuki i być może tam ma jakiś sens; w nauce na pewno nie ma żadnego sensu. Trudno o lepszą ilustrację tego co mówię niż wspomniany już numer specjalny *Scientific American* poświęcony 100-tej rocznicy odkrycia szczególnej teorii względności. Szczególna teoria względności to wielkie odkrycie o trwałej wartości. Za 2000 lat, jeżeli oczywiście ludzkość przetrwa te 2000 lat, co wcale nie jest pewne, szczególna teoria względności będzie uczona w swej obecnej postaci, tak jak my uczymy się geometrii Euklidesa, która przez ubiegłe 2000 lat zupełnie nie zestarzała się i dalej stanowi podstawę wykształcenia każdego przyrodnika. Byłoby kwestią zwykłego taktu, żeby w numerze specjalnym poświęconym setnej rocznicy odkrycia szczególnej teorii względności umieścić rzeczy o trwałej wartości, np. nieznane wcześniej materiały historyczne lub biograficzne. Zamiast tego na okładce mamy takie tytuły:

Podszewka czasoprzestrzeni

Mnogość wszechświatów

Czy prędkość światła maleje?

Ku Teorii Wszystkiego.

Są to wszystko całkowicie arbitralne spekulacje, z których nie wynikło na razie nic o trwałej wartości. Pisanie o tym jest zaśmiecaniem uwagi czytelnika. Jestem zupełnie pewien, że Albert Einstein przewraca się w grobie widząc ten numer specjalny wydany na jego cześć. Zdaję sobie sprawę z tego, że popularyzowanie teorii, które tak na prawdę jeszcze nie istnieją, jest specyfiką amerykańską. Jednakże przewaga Ameryki i toksyczność amerykańskich obyczajów są tak wielkie, że nie możemy tego lekceważyć bo prędzej czy później udzieli się to reszcie świata.

Ażeby nie ograniczać się do przykładów negatywnych chciałbym przedstawić Państwu pozytywny przykład pisarstwa popularno-naukowego. Jest to książka Sir Rogera Penrose'a *The Emperor's New Mind*, wydana po polsku pod tytułem *Nowy umysł cesarza*. Nie waham się powiedzieć, że jest to książka genialna i polecam ją Państwu jako bardzo kształcącą lekturę. Warto zwrócić uwagę na następującą okoliczność: sam Penrose zajmował się bardzo spekulatywną fizyką matematyczną, a mianowicie teorią twistorów, której jest twórcą. Mimo to w książce swojej w ogóle nie wspomina o teorii twistorów, mówiąc ściślej wspomina dwa razy w odnośnikach tylko po to, żeby określić tę teorię jako temat nie mogący być przedmiotem jego książki. A przecież teoria twistorów jest czymś bardzo spokojnym i konserwatywnym w porównaniu z tymi szaleństwami, które redakcja *Scientific American* umieściła na okładce numeru specjalnego z października tego roku.

Spisane z wykładu inauguracyjnego prof. A. Staruszkiewicza
na Studium Podyplomowym Dziennikarstwa Naukowego UJ



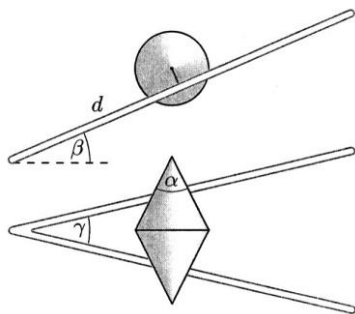
KĄCIK ZADAŃ

W roku fizyki być może organizujecie Państwo rozmaite dni fizyki czy też inne imprezy, np. pokazy zabawek. Jedną z często pokazywanych zabawek lub demonstracji fizycznych jest wrzeciono (serek oscypek) pozornie wjeżdżające pod górkę po równi pochyłej.

Demonstrację tę, nawet z kartonu bardzo łatwo może wykonać każdy uczeń. Można zrobić konkurs klasowy na najbardziej widoczny efekt (uczniowie mogą wymyślać, gdzie umieścić marker). To jest dobra demonstracja, ponieważ można, używając pojęcia środka ciężkości, wyjaśnić zjawisko. Nie pozostaje nic tajemniczego, wszystko jest jasne. Warto zrobić krok dalej: uczniowie, przynajmniej w zasadzie, mają wystarczającą wiedzę, by przewidzieć ruch wrzeciona na podstawie znajomości jego konstrukcji (kąty).

Zadanie z ostatniego zeszytu *Delta* (nr 3, 2005, str. 12), cytowane poniżej przez nas, dotyczy właśnie tego problemu.

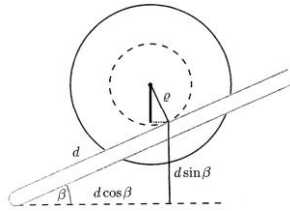
F 639. Klocek w kształcie dwóch złączonych podstawami stożków o promieniu R i kącie rozwarcia α postawiono na dwóch pochyłych szynach, rozszerzających się w kierunku do góry. Jakie warunki muszą spełniać kąty a , β i γ (patrz rysunek 1), by klocek był w stanie toczyć się sam po szynach w prawo („pod górę”)?



Rys. 1

Rozwiązanie:

Jest to możliwe tylko wtedy, gdy przetoczenie klocka w prawo powoduje obniżenie jego środka ciężkości. Z rysunku 1 widać, że wysokość środka ciężkości jest równa $h = d \sin \beta + \rho \cos \beta$, gdzie d oznacza odległość punktu styku klocka z szynami od początku szyn, zrzutowaną na płaszczyznę rysunku.

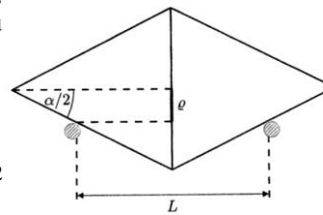


Rys. 1

Z drugiej strony z rysunku 2 widzimy, że:

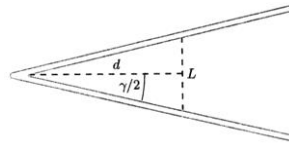
$$\rho = R - \frac{L}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

gdzie R to promień wspólnej podstawy stożków, a L to odległość między szynami w punkcie styku z klokiem.



Rys. 2

Wreszcie z rysunku 3 dostajemy zależność między d i L w postaci $L = 2d \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$.



Rys. 3

Podstawiając te zależności do wzoru na h , dostajemy:

$$h = R \cos \beta + d \left(-\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \cos \beta + \sin \beta \right)$$

Aby staczanie następowało samorzutnie, wyraz przy d musi być ujemny, czyli:

$$\operatorname{tg} \beta < \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$$



Wiedza Polaków o fizyce a edukacja dorosłych

Edward Pietras, Edward Rydygier

*Polskie Towarzystwo Fizyczne, Oddział Warszawski,
Ogólnopolskie Seminarium Dydaktyki Fizyki UW*

Od Redakcji:

Artykuł *Wiedza Polaków o fizyce a edukacja dorosłych* zamieszczamy w całości na naszej stronie internetowej.

Obniżenie poziomu nauczania fizyki w szkole i szybko postępujące rugowanie fizyki z programu nauczania już skutkują niskim poziomem informacji dotyczących nauki i techniki podawanych przez środki masowego przekazu [...].

Obserwuje się obecnie w Polsce niepokojące zjawisko robienia z dawnej popularyzacji nauki zlepka sensacyjnych wiadomości albo komercjalizowanie na siłę osiągnięć odkryć naukowych. Stale rozrastające się gazety codzienne, czasopisma oraz modne obecnie portale internetowe wprowadziły oddzielne działy poświęcone nauce i teraz muszą je ciągle zapełniać, schlebując gustom masowego czytelnika. [...]

Problem poruszony przez autorów tego artykułu ma o wiele głębszą wymowę. Jest to zbadany już przez nauki socjalne problem podwyższania społecznej rangi przez wypowiedanie się ze znawstwem w różnych dziedzinach poza własnym zawodem. [...]



CZYTAMY PO ANGIELSKU

Traveler's Guide – Bern, Switzerland

In 2005 Bern celebrates the centennial of special relativity and Einstein's light quantum hypothesis. We invite you to visit Bern, where Einstein was resident between 1902–1909.



The main building of the University of Bern, built 1903

As part of the jubilee festivities in Bern in celebration of the centennial of special relativity and Einstein's light quantum hypothesis, the University and the City of Bern are sponsoring a new walking trail past all of Albert Einstein's old haunts. It will follow the many traces left throughout the city by its world-famous resident between 1902 and 1909. Important stages in Einstein's life and work during his Bernese period are reviewed in about twenty signposted stops for the interested tourist to view peripatetically. The accompanying illustrated guidebook provides further historical details, source information, and historical and current photographs.

The guidebook **Albert Einstein: "Those Happy Bernese Years"** by Ann M. Hentschel and Gerd Grasshoff (Bern 2005) covers the following topics:

- life in Bern around the turn of the century
- Einstein at the Swiss Patent Office (contribution by Kari Wolfgang Graff)
- scientific influences (university – the local Naturforschende Gesellschaft – Olympia Academy)
- personal influences (family – friends – private pupils – teachers – colleagues)
- politics (e.g., Swiss democracy – workers movement – nationalism)
- social norms (e.g., pacifism – individualism – adoption)
- philosophy (Hume – Mach – Poincaré – Duhem)
- religion (Judaism – skepticism)

Europhysics News (36/1 2005).



FIZYKA W INTERECIE

Rok 2005 Rokiem Fizyki – upamiętniającym odkrycia Einsteina

<http://fizyka2005.fuw.edu.pl/index2.php>

<http://www.ftj.agh.edu.pl/wyp2005/>

<http://fizyka2005.fuw.edu.pl/index2.php>

<http://www.ifmpan.poznan.pl/ROK202005ROKIEMFIZYKI.htm>

http://pl.wikipedia.org/wiki/Swiatowy_Rok_Fizyki

<http://www.srf2005.us.edu.pl/dlaczego.htm>





Rok 2005 **– Światowym Rokiem Fizyki**

Fizyka w Szkole Nr 2, 2005

Wybrano rok 2005, gdyż przypada w nim setna rocznica „cudownego roku” Alberta Einsteina. W 1905 roku Einstein opublikował trzy artykuły naukowe, które miały zasadniczy wpływ na dalszy rozwój fizyki. Dotyczyły one:

- Teorii względności będącej podstawą wszystkich działów współczesnej fizyki, łącznie z kosmologią
- Teorii zjawiska fotoelektrycznego, która dała początek teorii kwantów
- Teorii ruchów Browna, uważanej za znaczący element termodynamiki statystycznej.

Obchody ŚRF 2005 są organizowane w 63 krajach świata i wszędzie są planowane jako całoroczna promocja fizyki.

[...]

Krajowy Komitet Organizacyjny Światowego Roku Fizyki w Polsce planuje szereg imprez.

[...]

Spośród bardzo wielu imprez popularyzujących fizykę wymienię trzy największe. Pierwsza to międzynarodowy konkurs „Poszukiwanie talentów” (patrz str. 70), w którym Polska będzie brać udział.

[...]

Drugim projektem międzynarodowym, w którym uczestniczyć będzie Polska, jest akcja „Fizyka oświeca świat”. Wieczorem 18 kwietnia 2005 r., w pięćdziesiątą rocznicę śmierci Alberta Einsteina, z Princeton (New Jersey, USA), miasta, w którym Einstein spędził ostatnie lata życia, zostanie wysłany sygnał świetlny, który stanie się pierwszym elementem ogromnej sztafety świetlnej. Ten błysk światła będzie wędrował w ciemności przez terytorium Stanów Zjednoczonych, do zachodniego wybrzeża. Stamtąd będzie przesłany światłowodem transoceanicznym przez Pacyfik do Wschodniej Azji i Oceanii, osiągając Chiny tuż po zapadnięciu zmroku. Stąd planowane są dwie trasy: północna obejmująca Rosję, Ukrainę, Białoruś, Polskę, Słowację. Czechy oraz południowa obejmująca Indie, Turcję, Bułgarię, Serbię, Węgry, Austrię. Obie trasy połączą się w Niemczech, dalej sygnał będzie przesłany poprzez Francję i Belgię do Wielkiej Brytanii. Stąd będzie odesłany kablem transatlantyckim z powrotem do USA wracając do Princeton dokładnie po 24-godzinnej podróży. Celem tej imprezy jest pokazanie, że

nauka, podobnie jak sport czy muzyka, jest międzynarodowym językiem zrozumiałym ponad różnorodnymi politycznymi czy też ideologicznymi granicami.

Trzecią imprezą będzie wykonanie ogólnopolskiego doświadczenia fizycznego przez uczniów szkół średnich. Będzie to „Pomiar zapylenia powietrza w Polsce”. Do szkół, które będą chciały wziąć udział w tej imprezie, zostanie wysłana instrukcja oraz zestaw potrzebnych elementów. Chcielibyśmy, aby w wyniku tej akcji powstała mapa zapylenia powietrza w Polsce. Przebieg pomiarów i ich wyniki będą relacjonowane przez TVP 1.

[...]

Szczegółowe dane można znaleźć na polskiej stronie internetowej ŚRF 2005 <http://fizyka2005.fuw.edu.pl>

Na stronie www.wyp2005.org/activities.html i można znaleźć spis imprez organizowanych w różnych krajach na świecie.

Honorowy Patronat nad obchodami Światowego Roku Fizyki w Polsce objął Prezydent RP Aleksander Kwaśniewski. Patronat medialny sprawuje Program 1 TYP.

Prof. dr hab. Marta Kicińska-Habior

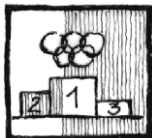
KOMUNIKAT**XXXVIII Zjazd Fizyków Polskich****11–16 września 2005 r.**

W imieniu Komitetu Organizacyjnego serdecznie zapraszam do uczestnictwa w XXXVIII Zjeździe Fizyków Polskich, który odbędzie się w tym roku w Warszawie. Jak wiadomo, rok 2005 został ogłoszony Światowym Rokiem Fizyki, dla upamiętnienia epokowych prac Alberta Einsteina sprzed 100 lat dotyczących teorii względności, zjawiska fotoelektrycznego oraz ruchów Browna. Liczymy, że tegoroczny Zjazd będzie kulminacją obchodów Światowego Roku Fizyki w Polsce. Oprócz odniesień historycznych, tematyka Zjazdu będzie nawiązywać do najnowszych osiągnięć fizyki światowej i polskiej. Spodziewamy się udziału gości zagranicznych, w tym laureatów Nagrody Nobla. Ozdobą programu kulturalnego Zjazdu będzie uroczysta prapremiera w Filharmonii Narodowej utworu Wojciecha Kilara *Sinfonia de motu* (Symfonia o ruchu). W liście skierowanym do organizatorów Zjazdu artysta napisał, że swoją symfonię traktuje jako „swoisty prezent i hołd jednocześnie dla polskiej fizyki, polskich fizyków i dla fizyki w ogóle”. Zjazd odbywać się będzie w Gmachu Głównym Politechniki Warszawskiej oraz pobliskich gmachach Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej i Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Podczas Zjazdu odbędą się sesje plenarne, specjalistyczne i plakatowe, a także wystawy oraz imprezy towarzyszące. Sporo czasu poświęcimy dydaktyce fizyki. Zaplanowaliśmy także zwiedzanie laboratoriów naukowych warszawskich instytutów fizyki. Wykłady przeglądowe opublikowane będą po zakończeniu Zjazdu w *Postęпах Fizyki*. Natomiast prezentacje sesji specjalistycznych planujemy opublikować w *Acta Physica Polonica*, co jest nowością w porównaniu z poprzednimi zjazdami.

Przyjezdni uczestnicy zjazdu zostaną zakwaterowani w domach studenckich położonych w pobliżu miejsca obrad. Będzie też możliwość rezerwacji miejsc w hotelach warszawskich, a wyżywienie zapewni pobliska stołówka PW.

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
Prof. dr hab. Jerzy Garbarczyk



Szukamy talentów

Anna Kaczorowska

*Przewodnicząca Krajowego Komitetu Organizacyjnego
Konkursu Fizycznego „Poszukiwanie Talentów”*

Takiego konkursu fizycznego jeszcze w Polsce nie było! Ale jest! Organizuje go Międzynarodowy Komitet Konkursu „Search for Physics Talents” z okazji Roku Fizyki. Pomyślany jest tak, żeby mógł wziąć w nim udział każdy – nawet uczeń, który jest przekonany, że nie lubi fizyki. Jak to możliwe? Każdy przecież ma jakiś talent. Jeden dobrze maluje, inny świetnie pisze opowiadania, a jeszcze inny na harmonię świata reaguje poetycką refleksją. Konkurs daje szansę tym wszystkim, którzy wykorzystując swój talent, chcą opowiedzieć o fizyce. Jednakże działalność artystyczna to nie wszystko. Aby zdobyć laury krajowe lub międzynarodowe, trzeba wykonać lub zaprojektować przynajmniej jedno doświadczenie fizyczne. Regulamin – **jednakowy na całym świecie** – przewiduje dziewięć dziedzin, w których dzieci i młodzież (wiek uczestników 10–18 lat) mogą konkurować. Każdy uczestnik musi wykonać kilka różnych zadań (np. wykonać doświadczenie, namalować plakat, zrobić fotografię, napisać esej) w kategoriach przedstawionych w regulaminie i zdobyć za te zadania jak największą liczbę punktów.

Kategorie zadań i punktacja poszczególnych zadań jest taka sama we wszystkich krajach, biorących udział w konkursie.

O co walczymy?

1. Każdy uczestnik, który zdobędzie minimum 10 punktów poprzez udział w zadaniach z trzech różnych kategorii, otrzyma **krajowy dyplom** uczestnictwa w konkursie oraz odznakę „**Złoty Kwant 2005**”.
2. Każdy uczestnik, który wykona zadania z przynajmniej czterech różnych kategorii i zgromadzi co najmniej taką liczbę punktów, ile ma lat (np. 14-letni uczestnik musi mieć co najmniej 14 punktów zgromadzonych w 4 kategoriach), zdobywa:
 - międzynarodowy dyplom – wyróżnienie w konkursie „Poszukiwanie Talentów”
 - odznakę „**Złoty Kwant 2005**”, a także
 - może być zakwalifikowany do krajowego finału konkursu.

Najlepszych 75 uczestników (po 25 z każdej grupy wiekowej) zostanie zaproszonych wraz z opiekunami na dwudniowy pobyt w stolicy, który będzie sponsorowany przez organizatora konkursu. Podczas tego pobytu na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego odbędzie się krajowy finał konkursu, w czasie którego

zostaną wyłonieni laureaci. Przewidziane są także spotkania z polskimi naukowcami z dziedziny fizyki i zwiedzanie najnowocześniejszych pracowni.

3. Podczas krajowego finału konkursu 75 uczestników będzie w swoich grupach wiekowych prezentować prace (doświadczenia, utwory literackie, plakaty itp.), przygotowane w ramach wykonywanych zadań. Ocenie podlega poziom merytoryczny i wykonanie prac oraz sposób ich zaprezentowania.

Spośród uczestników krajowego finału zostanie wyłonionych osiemnastu laureatów – po sześciu z każdej grupy wiekowej. Te osiemnaście osób otrzyma tytuł „Polskiego Ambasadora Fizyki”. Zgodnie z wymogiem regulaminu finału międzynarodowego spośród tej grupy, w ramach każdej grupy wiekowej, zostaną wyłonieni dziewczyna i chłopak, którzy zostali najlepiej ocenieni w finale. Pary te będą reprezentować Polskę w finale międzynarodowym, ubiegając się o tytuł „Młodego Międzynarodowego Ambasadora Fizyki 2005”.

Kategorie zadań i punktacja

Uczestnicy mogą podejmować zadania z więcej niż czterech kategorii i wykonywać więcej niż jedno zadanie w danej kategorii. Aby zdobyć większą liczbę punktów w jednej kategorii, tematyka podejmowanych zadań musi się zasadniczo różnić (np.: dwa doświadczenia dotyczące zupełnie różnych zjawisk fizycznych lub dwa eseje napisane na zupełnie inny temat).

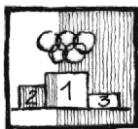
1. **PISANIE O FIZYCE** (nie więcej niż 3 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia krajowym lub międzynarodowym dyplomem).
2. **DOŚWIADCZENIE** (należy zdobyć co najmniej 2 punkty w tej kategorii, aby zakwalifikować się do wyróżnienia krajowym lub międzynarodowym dyplomem. Liczba doświadczeń punktowanych jest zależna od sumarycznej liczby punktów zgromadzonych przez uczestnika. W ramach pierwszych 15 zgromadzonych punktów liczą się tylko punkty za dwa zasadniczo różne doświadczenia). Nie więcej niż 7 punktów zdobytych w tej kategorii może się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum.
3. **FIZYKA I SZTUKA** (nie więcej niż 3 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia krajowym lub międzynarodowym dyplomem).
4. **FIZYKA I FOTOGRAFIA** (nie więcej niż 4 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia krajowym lub międzynarodowym dyplomem).
5. **UDZIAŁ W IMPREZACH Światowego Roku Fizyki 2005** (nie więcej niż 3 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia krajowym lub międzynarodowym dyplomem).

6. **NAUCZANIE FIZYKI** (nie więcej niż 4 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia krajowym lub międzynarodowym dyplomem).
 7. **UCZESTNICTWO W KONKURSACH w roku szkolnym 2004/2005** (nie więcej niż 2 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia krajowym lub międzynarodowym dyplomem).
- Punkty zdobywa się już za sam udział, a nie za zwycięstwo lub zakwalifikowanie się do kolejnych etapów.
8. **OSIĄGNIĘCIA W KONKURSACH I ZAWODACH w roku szkolnym 2004/2005** (nie więcej niż 2 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia międzynarodowym dyplomem i nie więcej niż 4 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia krajowym dyplomem).
 9. **PRZEGLĄD LITERATURY I CZASOPISM FIZYCZNYCH** (nie więcej niż 2 punkty zdobyte w tej kategorii mogą się liczyć do liczby punktów określonej jako minimum kwalifikujące do wyróżnienia krajowego lub międzynarodowego dyplomem).

Oryginalne prace lub ich kopie zaakceptowane przez nauczyciela fizyki lub przyrody z potwierdzeniem autentyczności wykonania przez uczestnika należy przesłać do Krajowego Komitetu Organizacyjnego, który przyznaje punkty, wyróżnienia, dyplomy.

Przebieg konkursu w szkole może być różny. Nauczyciel fizyki lub przyrody, zainspirowany regulaminem konkursu może zrobić etap szkolny, zachęcając do niego jak największą liczbę uczniów. Może być tak, że tylko nieliczni zdobędą wymaganą do etapu krajowego, czy międzynarodowego liczbę punktów. Mogą jednak uzyskać nagrody i dyplomy ufundowane przez szkołę. Zdarzyć się też może, że konkurs w szkole nie będzie miał charakteru imprezy ogólnoszkolnej, a nauczyciel skoncentruje się na przygotowaniu kilku wybranych uczniów. Pracując z nimi, doprowadzi ich do poziomu gwarantującego wyróżnienia krajowe i międzynarodowe.

Zachęcamy! Jest jeszcze trochę czasu. Termin nadsyłania prac upływa z dniem 16 maja 2005 roku. Szczegółowy regulamin oraz lista tematów esejów i tematów doświadczeń znajdują się na stronie internetowej <http://fizyka2005.fuw.edu.pl>.



KONKURS

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE W MIĘDZYNARODOWYM ROKU FIZYKI

Ogłasza czwartą edycję konkursu pod nazwą:

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE NAUCZANIA EKSPERYMENTU PRZYRODNICZEGO

Konkurs adresowany jest głównie do nauczycieli i uczniów szkół oraz nauczycieli akademickich. Jest otwarty dla przedsiębiorstw i osób prywatnych.

PRZEDMIOT KONKURSU. Przedmiotem konkursu są doświadczenia, w których komputer będzie zastosowany jako przyrząd pomiarowy oraz maszyna matematyczna do przetwarzania i prezentacji wyników tych doświadczeń. Doświadczenia mogą być przeznaczone dla dowolnego poziomu nauczania szkolnego. Można stosować dowolne ogólnodostępne oprogramowanie oraz sprzęt. Oczekujemy ciekawych i oryginalnych, wspomaganych komputerowo doświadczeń, przygotowywanych przy użyciu:

- (i) specjalistycznego sprzętu i oprogramowania np. typu COACH;
- (ii) komputerów multimedialnych z dodatkowym wyposażeniem np. kamerą internetową.

Przedmiotem konkursu może być opracowanie fragmentów programu nauczania przedmiotów przyrodniczych z wykorzystaniem komputerowo wspomaganych doświadczeń.

UCZESTNICY. W konkursie mogą uczestniczyć indywidualnie lub zespołowo uczniowie i nauczyciele, pracownicy szkoły wyższej i studenci.

WARUNKI. Minimalne wymagania:

Oryginalność pracy – treść musi istotnie różnić się od treści prac zgłaszanych w poprzednich edycjach konkursu oraz w dostępnych podręcznikach szkolnych i akademickich.

Nadesłanie krótkiego pisemnego (do 5 stron) omówienia wykonanego doświadczenia, w tym zastosowanych materiałów, ze wskazaniem wykorzystania doświadczenia w nauczaniu szklonym, oraz zobowiązanie do prezentacji doświadczenia.

Mile widziane będą fotografie zestawu oraz wypowiedzi uczniów na temat korzyści wynikających z zastosowania komputera do realizacji danego tematu lekcji.

TERMINY: Zgłoszenia: 31 grudnia 2005 roku.

Pisemne omówienia: 28 lutego 2006 roku.

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

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

Informacje szczegółowe: <http://ifnt.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/konkurs5.html>

Za Komisję Konkursową

Henryk Szydłowski

KOMUNIKATY

Z okazji Międzynarodowego Dnia Fizyki **15 kwietnia 2005** (piątek) o godzinie 18.00 odbędzie się w Krakowskiej Filharmonii koncert symfoniczny pod dyrekcją Tomasza Bugaja. Serdecznie zapraszamy do udziału w koncercie.

W dniach 15–21 maja 2005 r. odbędzie się Festiwal Nauki w Krakowie. Strona internetowa Festiwalu: <http://www.festiwalnauki.krakow.pl>.

20–21 maja Festyn Nauki na Rynku Głównym.



KOMUNIKATY REDAKCJI

SPOTKANIA ŚRODOWE W IF UJ

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

Uprzejmie informujemy, iż w roku szkolnym 2004/2005 w **środy o 16⁰⁰** w Instytucie Fizyki UJ odbywać się będą wykłady i pokazy dla młodzieży szkół średnich, jak również dla gimnazjów.

Tytuły i terminy można znaleźć na stronie internetowej:

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

W chwili druku tego zeszytu zaplanowano:

6 IV 2005 – prof. dr hab. Wojciech Gawlik – *Najniższe temperatury we Wszechświecie* (dla licealistów)

13 IV 2005 – dr Monika Marzec, Adriana Mikułko – *Zmiany stanów skupienia* (dla gimnazjalistów)

20 IV 2005 – Antoni. Tekieli, Szymon. Godlewski – *Jak łatwo zobaczyć efekty kwantowe, czyli o przewodności elektrycznej w nanodrutach* (dla licealistów)

27 IV 2005 – dr hab. Piotr Bizoń – *Fizyka jest łatwa – analiza wymiarowa* (dla licealistów)

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

Uczestnictwo w wykładach wyłącznie po zgłoszeniu telefonicznym:
663 55 63 bądź **663 56 77**, lub za pośrednictwem e-mail: **foton@if.uj.edu.pl**

