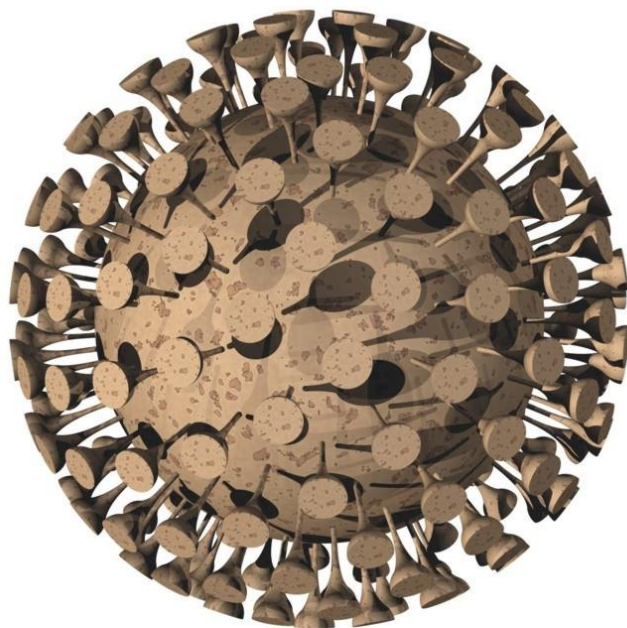


Foton

110
Jesień
2010

Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI  UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



Fizyk i wirusy
Granice poznania
Hormeza radiacyjna
Jakie barwy widzą pszczoły



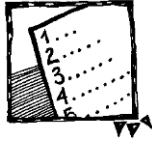
Przyszły uczoney bada prawo zachowania krętu podczas NOCY NAUKOWCÓW 2010 w Instytucie Fizyki UJ



Na nowy rok szkolny: czy wykorzystamy szansę oferowaną przez reformę?

Przyjrzyjmy się paru pozytywnym faktom: matematyka jest obowiązkowa na maturze, łatwa, ale jest. I jest to ważny sygnał dany społeczeństwu, że człowiek XXI wieku musi się wykazać minimalnymi umiejętnościami w zakresie matematyki i charakterystycznymi dla niej sposobami rozumowania. Drugi pozytywny fakt, to ekonomiczne zachęty do studiowania na uczelniach technicznych. Trzeci fakt to wyraźnie zwiększenie liczby godzin fizyki w liceum (do 8 w ostatnich dwóch klasach). Razem z jedną godziną w pierwszej klasie daje to 9 godzin w cyklu, czyli czas zupełnie przyzwoity do wykorzystania go na solidną naukę fizyki i na przygotowanie absolwentów szkoły do studiowania medycyny, przedmiotów technicznych, fizyki. Zachęty uczelni technicznych skojarzone z porządną nauką w liceum powinny dać znaczącą poprawę w edukacji „ścislej” przyszłych roczników. Nauka przyrody w liceum, to wielka niewiadoma. Wymagać będzie od nauczycieli wkroczenia na zupełnie nowe pole. Będzie to nauczanie, a raczej popularyzowanie osiągnięć fizyki osobnikom dość „surowym”, niewprawionym w rozumowaniu ilościowym, z płytką wiedzą z fizyki. Otwierają się ciekawe możliwości np. brak przymusu wyczerpania całej listy problemów z podstawy programowej, uczenia uczniów tego, czym się nauczyciel sam pasjonuje, na czym się zna. Będą możliwości wykorzystania czasu poświęconego przyrodzie na istotne uzupełnienie luk z fizyki, jako takiej, na ukazanie jej ścisłego charakteru. Pułapki natomiast będą czyhać np. w Internecie, w którym jest dużo łatwo dostępnych materiałów na każdy z wymienionych w podstawie programowej tematów, ale też jest mnóstwo śmieci i bełkotu pseudonaukowego. Nie będzie łatwą rzeczą nauczenie uczniów odróżniania nauki od pseudonauki. Nauczanie przyrody będzie w większym stopniu, niż tradycyjne nauczanie fizyki, wymagało ustawicznego dokształcania się. A to jest przecież szansa na bycie wiecznie młodym. *Foton* będzie Państwa wiernie wspierał w tym procesie.

Z.G-M



Contents

Can we make good use of the reform? <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
A physicist and viruses: What has physics in common with epidemiology? <i>Adam Kleczkowski</i>	4
Theoretical physics as a product of civilized society <i>Andrzej Staruszkiewicz</i>	19
Radiation hormesis <i>Paweł Moskal</i>	26
Bees' color vision <i>Jerzy Ginter</i>	28
Problems. Noises from the cave (17). Exhausting exhaust <i>Adam Smólski</i>	32
Oscilloscopes are all around <i>Marcin Braun</i>	34
Problems Young Physicists' Tournament <i>Andrzej Nadolny</i>	37
Tournament of Young Physicists 2010. Waters fiber <i>Students of 3rd lyceum in Lublin</i>	39
Physics during class excursions <i>Grzegorz Paweł Korbaś</i>	46
School reform and what more... <i>Waldemar Reńda</i>	53
Awards of the Polish Physical Society for Physics Teachers 2010	57
17 th International Conference of Youth Scientists in Indonesia <i>Urszula Woźnikowska-Bezak</i>	58
Researchers' Night in Physics Department Jagiellonian University <i>Anna Miqso</i>	62



Spis treści

Na nowy rok szkolny: czy wykorzystamy szansę oferowaną przez reformę? <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
Fizyk i wirusy, czyli co wspólnego mają ze sobą fizyka i epidemiologia <i>Adam Kleczkowski</i>	4
Komentarz do wykładu Profesora Meissnera na konferencji „Granice poznania w fizyce” <i>Andrzej Staruszkiewicz</i>	19
Czy promieniowanie jonizujące jest zawsze szkodliwe dla zdrowia? Hormeza radiacyjna <i>Paweł Moskal</i>	26
Jakie barwy widzą pszczoły? <i>Jerzy Ginter</i>	28
Odgłosy z jaskini (17). Rozrzutny odrzut <i>Adam Smólski</i>	32
Oscyloskopy pod strzechy <i>Marcin Braun</i>	34
Zadania Turnieju Młodych Fizyków 2010 <i>Andrzej Nadolny</i>	37
Turniej Młodych Fizyków 2010. Ciekły światłowód <i>Uczniowie III LO w Lublinie</i>	39
Zajęcia z fizyki na wycieczce szkolnej <i>Grzegorz Paweł Korbaś</i>	46
Reforma i co dalej... <i>Waldemar Reńda</i>	53
Nagrody PTF za rok 2010 dla nauczycieli fizyki	57
XVII Międzynarodowa Konferencja Młodych Naukowców w Indonezji <i>Urszula Woźnikowska-Bezak</i>	58
Małopolska Noc Naukowców w Instytucie Fizyki UJ <i>Anna Miqso</i>	62



Fizyk i wirusy, czyli co wspólnego mają ze sobą fizyka i epidemiologia

Adam Kleczkowski

Dept. Computing Science and Mathematics Univ. of Stirling

Światowa Organizacja Zdrowia ocenia, że obecnie mamy trzeci stopień zagrożenia pandemią grypy. Naukowcy nie pytają już „czy”, ale „kiedy” wybuchnie – podkreślali specjaliści ds. chorób zakaźnych na konferencji prasowej w Warszawie. W czasie sezonowej epidemii grypy choruje od 5 do 25% populacji. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) szacuje, że w czasie pandemii może zachorować od 25 do 50% całej populacji i mogą umrzeć dziesiątki tysięcy osób.

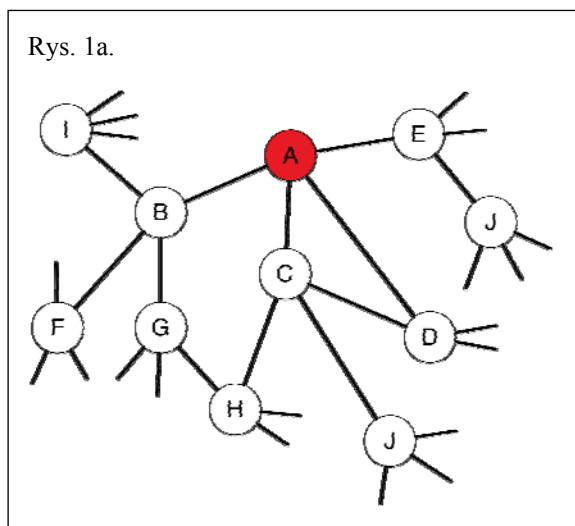
Pojawienie się pandemii grypy może zatem sparaliżować funkcjonowanie najbardziej zorganizowanego kraju.

Prof. Andrzej Gładysz

Tak donosiły różne gazety i portale internetowe w listopadzie 2009 roku. Kiedy w zeszłym roku Światowa Organizacja Zdrowia ogłosiła stan pandemii grypy, wiele rządów na świecie zastanawiało się nad zakupem wystarczającej ilości leków i środków. Na jakiej podstawie naukowcy – jak się później okazało błędnie – ocenili ryzyko związane z epidemią grypy?

W jaki sposób możemy przewidzieć ilość zachorowań na grypę albo na inną chorobę? Jak możemy zaplanować sposoby zapobiegania i zwalczania wybuchu pandemii? Wbrew pozorom pytania stawiane przez lekarzy nie są tak różne od pytań stawianych przez fizyków i chemików, a i metody stosowane w epidemiologii mają wiele wspólnego z pracami z tych, jakże nie-medycznych dziedzin. Odpowiedź jest bardzo prosta: Modele matematyczne opisujące reakcje chemiczne lub jądrowe mogą być użyte do opisu reakcji łańcuchowej rozwoju choroby. Na tym jednak analogie się nie kończą – współczesne modele rozprzestrzeniania się epidemii nie tylko czerpią inspirację z takich dziedzin jak fizyka ciała stałego, fizyka statystyczna czy teoria sieci komputerowych – ale same są w czołówce rozwoju naukowego w dziedzinach takich jak teoria sieci. Najważniejsze czasopisma naukowe świata fizyki – *Physical Review Letters*, *Physical Review E* czy *European Physics Journal* – dużo miejsca poświęcają pracom z dziedziny epidemiologii.

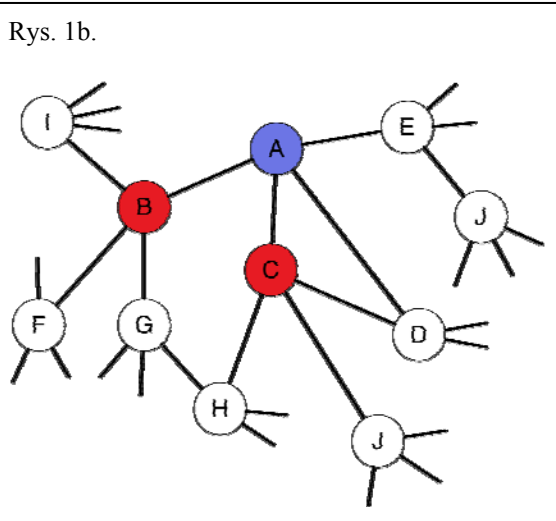
Zacznijmy więc od najprostszego modelu rozprzestrzeniania się grypy. Załóżmy, że w klasie 1a jest 26 zdrowych uczniów. W języku epidemiologicznym zdrowe, ale podatne na choroby osoby nazywane są z angielskiego *Susceptible* (w skrócie *S*), a w języku polskim *podatne*. Pewnego dnia Alicja przyszła do szkoły zakażona wirusem grypy – w terminologii epidemiologicznej była ona *Infectious*, czyli zainfekowana i zdolna do roznoszenia choroby (w skrócie *I*).



Alicja brała tego dnia udział w czterech lekcjach, na każdej lekcji siedząc obok innej osoby (jak każdy inny uczeń). Można więc założyć, że potencjalnie może ona przekazać chorobę 4 osobom, Bartkowi, Celinie, Dorocie i Edwardowi – liczba kontaktów każdej z osób w klasie wynosi $C = 4$, patrz rys. 1a. Nie każdej z tych osób Alicja przekazała tego dnia wirus – prawdopodobieństwo, że to nastąpiło wynosi $\beta = 0,5$. Alicja może więc przekazać

chorobę albo 1 osobie, albo 2 osobom, albo 3 osobom, albo nawet 4 osobom, albo nikomu, dopóki albo nie wyzdrowieje, albo mama nie położy jej do łóżka – w obu tych przypadkach Alicja nie będzie już dalej zarażać innych osób. Założymy, że Alicja zdrowieje z prawdopodobieństwem $g = 0,5$ każdego dnia, niezależnie od tego, jak długo Alicja była poprzednio chora. Tak więc każdego dnia z prawdopodobieństwem $g = 0,5$ Alicja przestaje być chora, a z prawdopodobieństwem $1 - g = 0,5$ jest dalej chora. W terminologii epidemiologicznej osoby, które przeszły przez chorobę nazywane są *Recovered* lub *Removed* – po polsku ozdrowiałe (w skrócie *R*). W przypadku grypy lub podobnych chorób osoba, która przeszła przez chorobę i wyzdrowiała nabywa odporność na całe życie – albo przynajmniej do pojawienia się nowego szczepu choroby. Bardziej poważne choroby, jak AIDS, kończą się śmiercią zarażonej osoby, co również można uwzględnić w modelu.

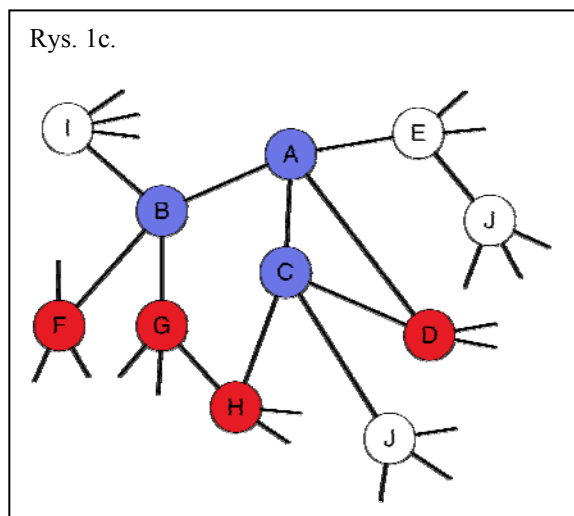
Model, w którym populację dzielimy na trzy grupy: osób podatnych *S*, zainfekowanych *I* oraz ozdrowiałych (lub martwych) *R* nazywamy w skrócie modelem *SIR*. Model *SIR* został po raz pierwszy sformułowany w 1927 roku przez Kermacka i McKendricka. Anderson McKendrick (1876–1943) był szkockim lekarzem i epidemiologiem, ale również interesował się matematyką. William Kermack (1898–1970) był również Szkotem i specjalizował się w biochemii. Ciekawostką jest to, że wskutek wypadku w laboratorium w roku 1924, Kermack całkowicie oślepl. Tak więc, przez resztę życia wszystkie obliczenia matematyczne musiał prowadzić w pamięci. O Kermacku można przeczytać w artykule w *International Journal of Epidemiology* (<http://ije.oxfordjournals.org/cgi/content/full/30/4/696>), a o życiu i działalności McKendricka w Wikipedii (http://en.wikipedia.org/wiki/Anderson_Gray_McKendrick).



Wróćmy jednak do Alicji i klasy 1a. Następnego dnia w klasie może już być poza Alicją dwoje zarażonych (ponieważ $C\beta = 2$), powiedzmy, że są to Bartek i Celina, patrz rysunek 1b. Ponieważ prawdopodobieństwo wyzdrowienia jest dość duże, $g = 0,5$, a więc Alicja może już być zdrowa, ale odporna na chorobę (czyli w grupie R), podczas gdy w grupie I będą dwie osoby (Bartek i Celina). Alicja jednak może wyzdrowieć dopiero póź-

niej, co jednak tylko trochę komplikuje nasze rozważania. Średnio rzecz biorąc, każda zarażona osoba jest chora – i może zarazić następne osoby! – przez dwa dni. Wynika to z rachunku prawdopodobieństwa – proces wyzdrowienia jest bowiem procesem Poissona ze średnim czasem oczekiwania $1/g = 2$ dni.

Ponieważ dla uproszczenia zakładamy, że osoba zarażona natychmiast rozprzestrzenia dalej chorobę, Bartek może zarazić następne dwie osoby (Franka i Grzegorza). Podobnie Celina – powiedzmy, że zaraziła Hanię i Dorotę. Jeśli więc klasa jest bardzo duża, jeszcze następnego dnia możemy mieć już trzy osoby w grupie R (Alicja, Bartek i Celina), cztery osoby w grupie I (Dorotę, Franka, Grzegorza i Hanię) oraz pewną ciągle



dużą liczbę osób w grupie S , patrz rys. 1c. Jeśli jednak klasa nie jest bardzo duża, albo jeśli choroba będzie się rozwijać przez kilka dni, część osób w kontakcie z osobami aktualnie zakażonymi będzie już albo odpornych, albo właśnie chorych i wobec tego nie może zachorować.

Zamiast więc $C\beta = 2$ nowych zarażonych osób będzie ich $C\beta S/N$, gdzie S/N jest prawdopodobieństwem, że osoba, z którą się kontaktujemy jest jeszcze zdrowa i podatna. Jeśli więc przyjmiemy, że w dniu n liczba osób podatnych, chorych i ozdrowiałych wynosi odpowiednio S_n , I_n i R_n , w dniu $n + 1$ liczba chorych wyniesie:

$$I_{n+1} = I_n + \Delta t C\beta S_n/N I_n - \Delta t g I_n$$

(gdzie $\Delta t = 1$ dzień). Dzieląc przez Δt i przechodząc z krokiem czasowym do zera dostaniemy równanie różniczkowe:

$$dI/dt = C\beta S/N I - g I, \quad (1) \text{ SIR}$$

jedno z trzech równań modelu Kermack-McKendrick z roku 1927 i podstawowego modelu *SIR* używanego po dziś dzień w epidemiologii. Pozostałe równania opisują liczbę osób podatnych i ozdrowiałych:

$$dS/dt = -C\beta S/N I, \quad (2) \text{ SIR}$$

$$dR/dt = g I. \quad (3) \text{ SIR}$$

Niestety, powyższy układ równań różniczkowych jest nieliniowy i nie ma rozwiązania analitycznego. Można go jednak stosunkowo łatwo rozwiązać numerycznie używając programów takich jak Mathematica czy Matlab. Wersję ze skończonym krokiem czasowym Δt można nawet rozwiązać używając arkusza kalkulacyjnego takiego jak Excel. Można jednak również wglądnać w strukturę równań i próbować zgadnąć, jakiego rodzaju rozwiązania może mieć ten układ równań nawet bez ich rozwiązywania. Sprawdźmy najpierw, czy rzeczywiście całkowita liczba osób w klasie 1a jest stała. Dodając równania stronami otrzymujemy

$$dS/dt + dI/dt + dR/dt = 0,$$

$$d/dt (S + I + R) = dN/dt = 0,$$

a więc $N = S + I + R$ jest stałe, gdzie N oznacza całkowitą wielkość populacji. Równania można oczywiście zmienić, uwzględniając narodziny, śmierć oraz migracje w populacji. Więcej o równaniach *SIR* można przeczytać na http://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental_models_in_epidemiology.

Stawiamy sobie teraz pytanie: Czy przy zadanych wartościach parametrów C , β , g oraz wartościach początkowych $S(0)$, $I(0)$ i $R(0)$, infekcja rozprzestrzeni się, czy nie? Jest to bardzo ważne i praktyczne pytanie. Wartości C , β i g są (przynajmniej w teorii) znane. C jest uwarunkowane strukturą socjalną społeczeństwa, ponieważ określa jak wiele osób znajduje się w naszej strefie wpływów (w epidemiologii często używa się pojęcia kontaktu bądź sąsiada, tak więc C określa średnią liczbę kontaktów lub sąsiadów, z którymi się kontaktujemy). β z kolei mierzy jak szybko rozprzestrzenia się choroba, co może, przynajmniej

teoretycznie zostać zmierzone w laboratorium. Małe wartości β odpowiadają chorobom mało zakaźnym (jak np. trąd), duże wartości β odpowiadają chorobom bardzo zakaźnym (jak np. grypa, odra bądź słynna czarna ospa, znana z tego, że doprowadziła do śmierci 1/3 wszystkich mieszkańców średniowiecznej Europy w XV wieku; http://en.wikipedia.org/wiki/Black_Death). Choć zmierzenie C jest bardzo trudne, można czasami wyznaczyć wartość $C\beta$ na podstawie eksperymentów bądź obserwacji epidemii w jej wczesnych stadiach. Problem wyznaczenia $C\beta$ na podstawie danych obserwacyjnych jest w chwili obecnej jednym z najważniejszych i najtrudniejszych problemów w epidemiologii i przedmiotem wielu prac naukowych. Prawdopodobieństwo wyzdrowienia, g , bądź średni czasokres infekcji pojedynczej osoby, $1/g$, jest prawdopodobnie najłatwiejsze do wyznaczenia, na przykład na podstawie obserwacji klinicznych.

Powiedzmy jednak, że znamy wartości parametrów C , β i g , wiemy również, że na początku epidemii wszyscy są zdrowi poza niewielką liczbą osób zarażonych, tzn. $R(0) = 0$, $S(0) = N - I(0)$ i $I(0)$ jest znacznie mniejsze niż N . Zaczniemy najpierw od małych t , czyli od samego początku epidemii. Czy osób chorych w ogóle zacznie przybywać, czyli czy $dI/dt > 0$? Z równań *SIR* wynika, że

$$dI/dt = (C\beta S(0)/N - g) I > 0,$$

tylko jeśli $C\beta S(0)/N - g > 0$ albo $C\beta S(0)/(N g) > 1$ (założyliśmy, że we wczesnych stadiach choroby $S(t) \approx S(0)$) – oczywiście I , S i R są zawsze nieujemne, podobnie jak i wszystkie parametry, C , β i g . Kryterium rozprzestrzeniania się choroby zależy od liczby osób podatnych na początku epidemii, $S(0)$, nie jest więc cechą charakterystyczną choroby. W większości przypadków mamy do czynienia z dużymi populacjami, w których przeważająca liczba osób jest zdrowa (podatna), a jedynie jedna bądź kilka jest chorych. Tak więc, $S(0) \approx N$ i powyższe kryterium może zostać uproszczone do

$$C\beta/g > 1.$$

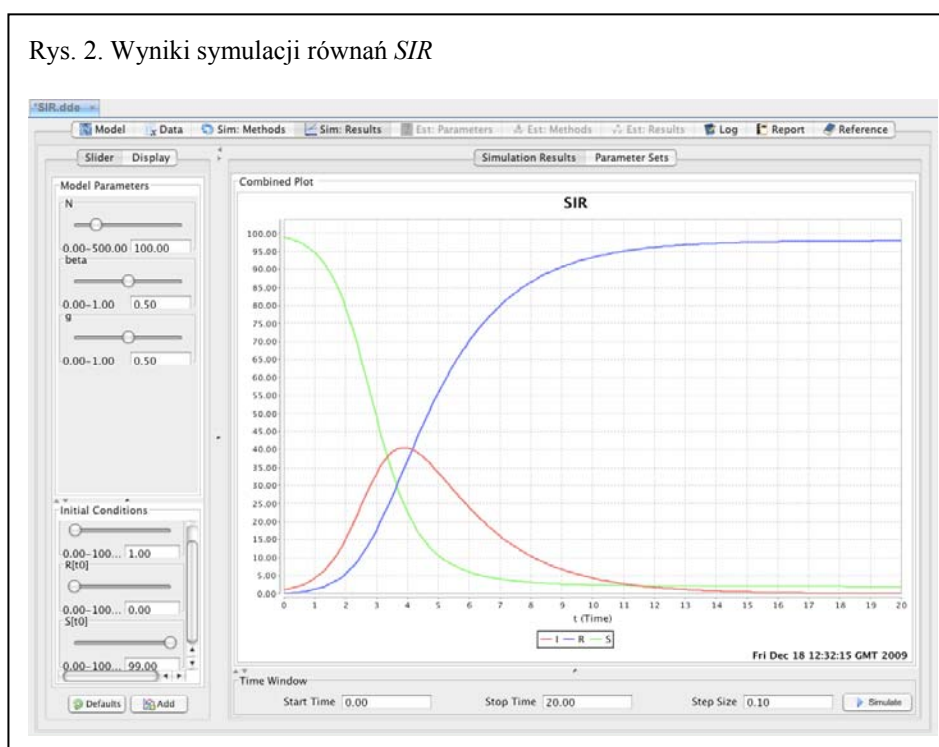
Oznaczmy

$$R_0 = \frac{C\beta}{g},$$

jako *bazowy współczynnik reprodukcji*, który zależy wyłącznie od parametrów charakteryzujących chorobę, a nie populację, w której ona się rozprzestrzenia. Można więc mówić o R_0 dla grypy, odry bądź AIDS, a niekoniecznie dla grypy w klasie 1a albo w całej szkole. Nie musimy więc cały czas myśleć o tym, ilu zdrowych, a ilu odpornych na chorobę jest w danej chwili w danym kraju lub mieście. R_0 ma przy tym bardzo interesującą interpretację. Jeśli w całkowicie zdrowej i podatnej populacji pojawi się jedna osoba zarażona, to średnio rzecz biorąc spowoduje R_0 przypadków wtórnych. Kryterium $R_0 > 1$ oznacza wtedy,

że każda chora osoba średnio powoduje więcej niż jeden przypadek wtórny. Choroba może się więc rozwijać lawinowo.

Rys. 2. Wyniki symulacji równań *SIR*



Co nam to przypomina w fizyce? Jak do tej pory mowa była wyłącznie o *wirusach*, gdzie więc ów tytułowy *fizyk*? Warunkiem łańcuchowych reakcji jądrowych jest, ażeby każdy neutron spowodował pojawienie się więcej niż jednego neutronu w każdym kroku reakcji. Ilość neutronów, a zatem i ilość energii, będzie wtedy narastać wykładniczo. Podobny mechanizm działa w przypadku chorób – komplikacją jest jednak to, że w bryłce uranu mamy 10^{23} atomów, a więc reakcja może narastać wykładniczo przez długi czas. W populacjach i chorobach N jest znacznie mniejsze i epidemia po okresie narastania będzie wygasać, patrz rys. 2. Rysunek ten został sporządzony przy użyciu programu DEDiscover, <http://cbim.urmc.rochester.edu/> – kod symulujący model *SIR* można znaleźć na stronie autora, <http://www.mathbio.com/foton/sir.dde>.

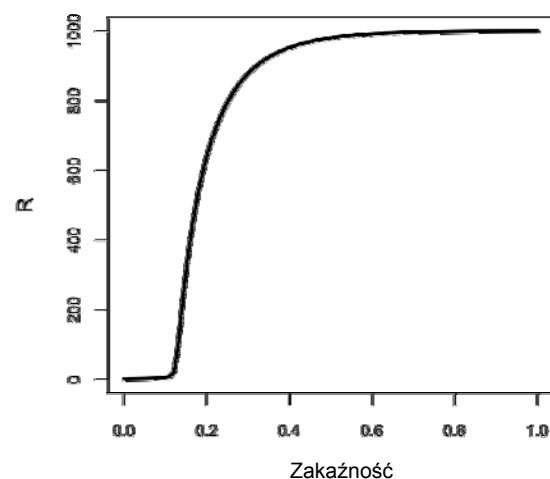
Istnieją jeszcze inne, głębsze analogie między modelem *SIR* a fizyką i chemią. Nie przypadkiem bowiem Kermack był chemikiem. Rozważmy reakcję chemiczną zachodzącą między dwoma cząsteczkami A i B. Załóżmy, że reakcja $A + B$ produkuje dwie cząsteczki B – taką reakcję nazywamy reakcją *autokata-*

lityczną. Na początku mamy tylko cząsteczki A. Dodajemy kilka cząsteczek B i wkrótce mamy pełno cząsteczek B powstających w reakcji $A + B \rightarrow 2B$. Odpowiada to procesowi zarażania. Potrzebujemy jeszcze uwzględnić proces zdrowienia, co można łatwo zrobić przez dodanie reakcji $B \rightarrow X$. Równania kinetyki opisujące te dwie reakcje dokładnie odpowiadają równaniom modelu *SIR*. Podstawowym założeniem tych równań jest proporcjonalność szybkości reakcji do iloczynu koncentracji substancji składających się z cząsteczek A i B, tzw. *prawo działania masy*, http://pl.wikipedia.org/wiki/Prawo_dzia%C5%82ania_mas. Założenie to jest spełnione, jeśli substancje są dobrze wymieszane, tzn. w sąsiedztwie cząsteczki A zawsze znajdzie się odpowiednia, średnia liczba cząsteczek B. Założenie to jest często spełnione w reakcjach chemicznych. Czy prawdziwe jest ono jednak dla ludzi i epidemii?

Zanim spróbujemy zastanowić się nad odpowiedzią na to pytanie, wróćmy na moment do naszych równań *SIR*. Rozważaliśmy już przypadek na początku epidemii i pokazaliśmy, że $R_0 > 1$ jest warunkiem na to, ażeby epidemia w ogóle się zaczęła. Nie mówi nam to jednak nic o tym co się z epidemią dzieje w późniejszym czasie. Możemy tego jednak się łatwo domyślić, nawet bez rozwiązywania równań. Wróćmy do naszego przykła-

du z klasą 1a. Epidemia zaczęła się od Alicji, ale już wkrótce większość dzieci zaczyna chorować. Ilość nowych przypadków choroby zaczyna spadać, ponieważ zaczyna brakować osób zdrowych, które można zarazić. Ponieważ równocześnie osoby chore zdrowieją – i uodparniają się na chorobę! – epidemia znacznie powoli wygasać. Wydaje się więc, że na końcu pozostaną już tylko osoby uodpornione. Ale tutaj czeka nas niespodzianka: Na ogół pozostaje również grupa osób podatnych, które choroby nie zdążyły „złapać”. Dlaczego tak się stało? W każdym momencie mamy bowiem dwa konkurencyjne procesy. Z jednej strony choroba jest przekazywana coraz to nowym osobom, z drugiej strony natomiast osoby chore zdrowieją, a więc coraz mniejsza jest szansa

Rys. 3. Całkowita wielkość epidemii w funkcji prawdopodobieństwa zarażenia



przekazania choroby. Na początku epidemii, kiedy jeszcze zostało dużo osób podatnych, pierwszy proces dominuje nad drugim. Pod koniec epidemii, kiedy zostało już niewiele osób podatnych, większość kontaktów ma miejsce między osobami z grup I i R . Tak więc proces drugi dominuje nad pierwszym. Co się dzieje z $I(t)$, gdy t zmierza do nieskończoności? Na końcu epidemii $I(\infty) = 0$. A co z $R(t)$? $R(\infty)$ określa ostateczną wielkość epidemii, natomiast $S(\infty) = N - R(\infty)$. Aby znaleźć $R(\infty)$, podzielmy drugie z równań SIR przez trzecie. Dostajemy wtedy

$$dS/dR = C\beta/(gN) S.$$

Jest to równanie różniczkowe, z którego łatwo możemy znaleźć S jako funkcję R ,

$$S(R) = A e^{C\beta/g R/N},$$

ze stałą całkowania A . Wiemy też, że na początku epidemii $R = 0$, a $S \approx N$, co pozwala nam wyznaczyć $A = N$ i otrzymać następujące równanie na $R(\infty)$

$$N - R(\infty) = N e^{C\beta/g R(\infty)/N}.$$

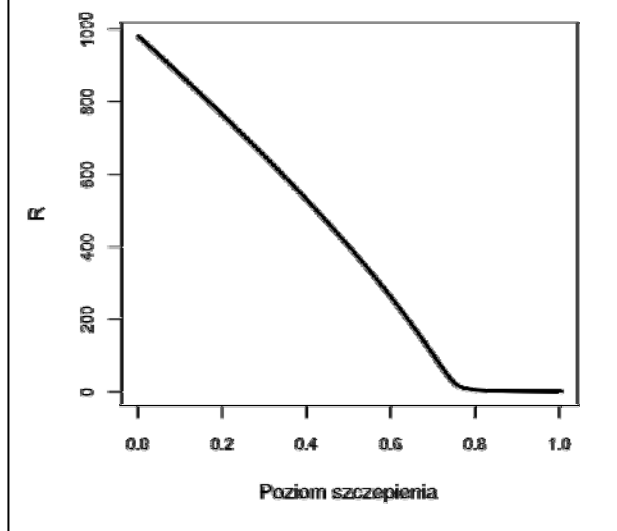
Równanie to nie ma rozwiązania analitycznego, ale można je bardzo łatwo rozwiązać numerycznie, patrz rys. 3. Oczywiście rozpoznamy $C\beta/g$ jako naszego dobrego znajomego R_0 . Widzimy też, że $R_0 = 1$ odgrywa znowu istotną rolę, jako punkt bifurkacji rozwiązań równań SIR . $R_0 < 1$ odpowiada sytuacji, kiedy epidemia nie rozwija się, choroba szybko wygasa i populacja zawiera praktycznie same osoby zdrowe – i podatne na choroby. Jeśli jednak $R_0 > 1$, liczba osób, które przeszły przez chorobę gwałtownie wzrasta i dla stosunkowo niedużych wartości R_0 mamy już do czynienia z bardzo poważnym wybuchem epidemii.

Jakie z tego możemy wyciągnąć wnioski praktyczne? Załóżmy, że mamy do czynienia z nowym wirusem grypy. Cała populacja jest na niego podatna, a gdzieś pojawiły się osoby chore. Osób z symptomami grypy przybywa coraz więcej, coraz więcej też mamy danych pozwalających nam na wyznaczenie R_0 . Jeśli znamy R_0 i wiemy, że $R_0 > 1$, możemy przewidzieć, ile osób na grypę zachoruje. Oczywiście w rzeczywistości sytuacja jest o wiele bardziej skomplikowana (o czym poniżej), ale jest to dokładnie mechanizm, jaki spowodował, że

Rys. 4. Noś maskę, myj ręce!
http://www.cuhk.edu.hk/health_promote_protect/oldsars/mask.htm



Rys. 5. Całkowita wielkość epidemii w funkcji poziomu szczepienia.



w 2009 roku WHO ogłosiła stan pandemii grypy i przewidziała (jak się okazało błędnie), ile osób może na H1N1 zachorować (R_0 w tym przypadku wynosiło tylko nieco powyżej 1). Inny wniosek to taki, że jeśli udałoby się nam jakoś obniżyć R_0 poniżej 1, np. przez obniżenie C lub β , to może udałoby się epidemię zatrzymać. C można obniżyć np. przez zamknięcie szkół, a β przez mycie rąk bądź stosowanie wirusobójczego żelu, patrz rys. 4.

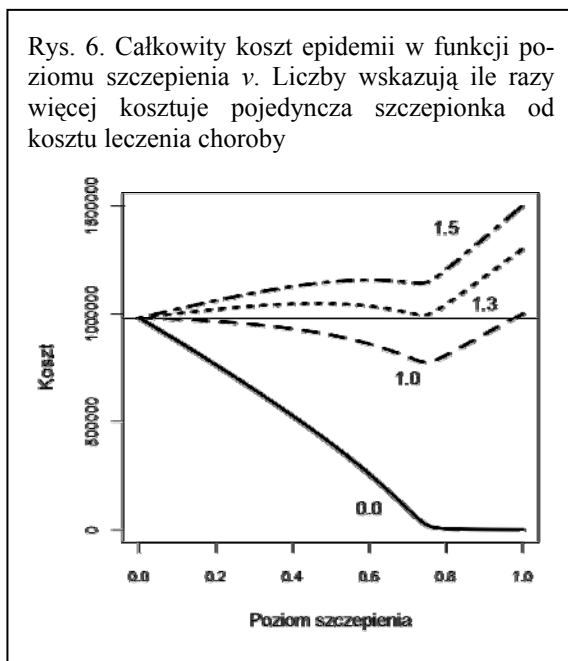
O ile prace McKendricka i Kermacka znane były od wielu lat, poważne zainteresowanie modelami epidemiologicznymi datuje się od prac Bartletta i Baileya z lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Klasyczną zaś pozycją literatury („Biblią” dla epidemiologów), do której odwołują się naukowcy do dnia dzisiejszego, jest książka Roberta Maya i Roya Andersona z 1991, *Infectious Diseases of Humans: Dynamics and Control*. Robert May, późniejszy przewodniczący najbardziej prestiżowej akademii nauk w świecie, The Royal Society, jest z wykształcenia fizykiem, choć większość życia pracował w ekologii i epidemiologii http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_May,_Baron_May_of_Oxford.

Innym sposobem na powstrzymanie epidemii jest profilaktyczne szczepienie. Wróćmy do naszego kryterium na wykładniczy wzrost liczby przypadków, $C\beta S(0)/(Ng) > 1$. Poprzednio uprościliśmy go zakładając, że $S(0) \approx N$. Tak nie musi być jednak zawsze. Możemy na przykład zastosować prewencyjne szczepienia, które powodują, że osoby zaszczepione przestają być podatne, a stają się *odporne*. W niektórych modelach zakłada się dla uproszczenia, że takie osoby można również zaklasyfikować do grupy R . My jednak chcemy odróżnić osoby, które nabyły odporność po chorobie i osoby, które były zaszczepione, dlatego wprowadzimy odrębną grupę osób *szczepionych*, V . Załóżmy więc, że zaszczepionych zostało vN osób (np. $v = 0,9$, jeśli zaszczepionych zostało 90% osób). W przybliżeniu więc $S(0) \approx (1 - v)N$. Jaką dużą część populacji musimy zaszczepić, żeby choroba nie mogła się rozwijać? Odpowiedź jest bardzo prosta, poziom szczepienia zależy od R_0 :

$$C\beta(1-\nu)N/(Ng) < 1, \quad \text{czyli} \quad \nu = 1 - 1/R_0.$$

Jest to bardzo ważny wynik otrzymany przy użyciu bardzo prostej analizy matematycznej. Oznacza on, że żeby powstrzymać epidemię *nie musimy zaszczepić wszystkich osób!* Musimy jednak zaszczepić dostatecznie dużo osób, ażeby powstrzymać rozwój choroby. Modele opisujące takie choroby wieku dzieciennego jak odra, świnka czy różyczka są nieco bardziej skomplikowane, ale otrzymuje się na ich podstawie podobny wynik. Na przykład w przypadku odry, potrzeba zaszczepić prawie 90% populacji. W wielu krajach (np. w Wielkiej Brytanii) taki poziom udało się osiągnąć już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku i odra praktycznie przestała zagrażać. Na przełomie wieku XX i XXI pojawiły się informacje o problemach związanych ze szczepionkami, między innymi na odrę. Efektem był spadek poziomu szczepień i wzrost zachorowań. W Wielkiej Brytanii szacuje się, że tylko 80% dzieci szczepionych jest obecnie na odrę – nie jest to poziom wystarczający do eliminacji tej choroby (patrz: http://en.wikipedia.org/wiki/Measles_outbreaks_in_the_2000s). Rysunek 5 pokazuje zależność $R(\infty)$ od proporcji szczepionych osób ν dla populacji 1000 osób. Wynika z tego, że jeśli zaszczepimy wszystkich, to nikt nie będzie chory (*oczywiste!*). Ale wynika też, że jeśli zaszczepimy 75% populacji ($1 - 1/R_0$), to praktycznie również zapobiegniemy epidemii – ale odra nie zostanie całkowicie wyeliminowana.

Rys. 6. Całkowity koszt epidemii w funkcji poziomu szczepienia ν . Liczby wskazują ile razy więcej kosztuje pojedyncza szczepionka od kosztu leczenia choroby



Założmy teraz, że pojedyncza szczepionka praktycznie nic nie kosztuje, a hospitalizacja jednego przypadku choroby kosztuje 1000 zł (rys. 6). Całkowity koszt epidemii będzie wtedy minimalny dla $\nu = 1$, a więc dla 100% szczepienia. Jeśli jednak koszt pojedynczej szczepionki jest porównywalny z kosztem choroby, wtedy najlepiej jest tylko zaszczepić dokładnie $\nu = 1 - 1/R_0$. Jeśli jednak koszt szczepionki jest dużo wyższy niż koszt choroby, wtedy najlepiej nikogo nie szczepić. Najciekawsze jest jednak to, że nawet jeśli koszt szczepionki jest wyższy od kosztu

choroby, choć nieznacznie, to i tak lepiej jest szczepić $v = 1 - 1/R_0$ populacji. Pokazuje to, jak istotne jest uwzględnienie czynnika ekonomicznego.

Dylemat szczepić, czy nie szczepić, ma również głębsze podłoże. Chris Bauch i David Earn, dwóch matematyków z Kanady, opublikowało w roku 2004 fascynujący artykuł wiążący modele epidemiologiczne podobne do rozważanych powyżej i teorię gier (artykuł w PNAS, 2004: <http://www.pnas.org/content/101/36/13391.full>). W artykule tym rozważają oni dwie strategie: szczepić i nie szczepić. Każda za nich ma zalety i wady: Szczepienie w bardzo niewielkiej, ale niezerowej liczbie przypadków może spowodować bardzo poważne komplikacje zdrowotne. Osoby niezaszczepione, choć unikają komplikacji, mogą za to zachorować, jeśli wybuchnie epidemia. To, która strategia jest optymalna, zależy od prawdopodobieństwa, że się zarazimy. Bauch i Earn pokazali, że na początku, kiedy szanse na zachorowanie są duże, ludzie chętnie się szczepią; w rezultacie choroba zanika. Ale kiedy szanse na zachorowanie maleją, ludzie dostrzegają ryzyko związane ze szczepieniem, poziom szczepień maleje i w efekcie choroba wraca do obiegu. Nie da się jej więc całkowicie wyeliminować. Prace Bauch i Earn rozpoczęły nową erę w epidemiologii, kiedy w studiach nad strategiami eliminacji chorób potrzebna jest współpraca nie tylko medyków i matematyków bądź fizyków, ale także i socjologów i ekonomistów, a nawet informatyków zajmujących się WiFi i Bluetooth (<http://www.cl.cam.ac.uk/~ey204/>).

Rzeczywistość nie jest jednak aż tak prosta jak model *SIR*. Po pierwsze, nikt nie zarazi natychmiast po zapadnięciu na chorobę. Najczęściej mija najpierw pewien okres, kiedy nie zdajemy sobie sprawy, że jesteśmy chorzy, a już jesteśmy w stanie zarażać innych. Przydarzyło się to autorowi, który zdał egzamin z filozofii na studiach doktoranckich będąc już chorym na ospę, choć nie zdając sobie z tego sprawy. Egzamin autor zdał, choć zaraz po egzaminie miał już gorączkę 40°C (nie jest też pewien jak przytomne były jego odpowiedzi na temat poglądów Platona i ich relacji do filozofii fizyki). Choroba również często nie przebiega tak prosto, jak opisałem to powyżej. W szczególności najczęściej mija określony czas od zarażenia do wyzdrowienia – to znaczy, że założenie o przypadkowym procesie zdrowienia nie jest prawdziwe (i nie możemy założyć, że liczba osób wyzdrowiałych jest proporcjonalna do liczby osób chorych w każdym momencie). Wreszcie, odporność często jest tylko częściowa: osoba odporna może mieć małe, ale skończone prawdopodobieństwo ponownego zapadnięcia na chorobę (np. ospa wietrzna i półpasiec). Istnieją też różne szczepy chorób i odporność na jeden szczep wcale nie musi oznaczać odporności na inne (np. tzw. sezonowa grypa).

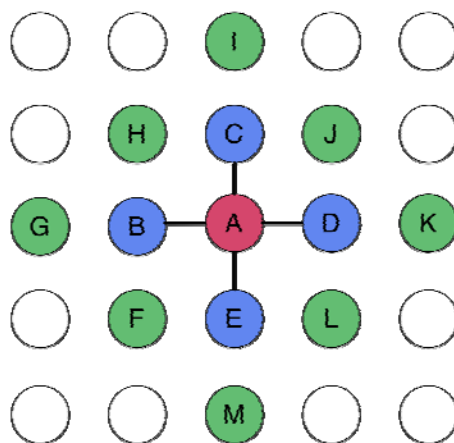
O ile różne stany osoby chorej można stosunkowo łatwo uwzględnić w modelach analogicznych do modelu *SIR* prezentowanego powyżej, to założenie o kompletnym mieszanu jest już bardzo trudno uwzględnić i czasopisma naukowe z ostatnich 10 lat pełne są prac prezentujących i analizujących modele,

które z tego założenia rezygnują. Najczęściej stosowane są modele sieciowe, w których wykorzystuje się analogie do fizyki ciała stałego (np. kryształów).

Wróćmy do naszego przykładu Alicji i klasy 1a. W dniu, w którym Alicja była chora, siedziała obok Bartka, Celiny, Doroty i Edwarda. Założenie całkowitego mieszania – które pozwala nam użyć prawa działania masy – wymaga, żeby następnego dnia Alicja siedziała obok Zbyszka, Wojtka, Urszuli i Tomasa, a jeszcze następnego obok Bartka, Doroty, Grzegorza i Hani. I tak dalej. Co więcej, jeśli chcielibyśmy przewidzieć jak choroba będzie się rozprzestrzeniać w szkole, a nie tylko w klasie 1a, musielibyśmy założyć, że z równym prawdopodobieństwem Alicja może zarazić każdą osobę w szkole. Jeśli chcielibyśmy opisać rozwój choroby w Krakowie, należałoby założyć, że Alicja może zarazić z równym prawdopodobieństwem każdą osobę w Krakowie, a nawet w całej Polsce. Jest rzeczą oczywistą, że społeczeństwa nie są tak zorganizowane, więc może najlepiej byłoby w ogóle zrezygnować z prawa działania masy. Problem jest jednak taki, że w momencie, w którym od tego prawa odchodzimy, modele stają się bardzo trudne do analizy. Rozwój technik komputerowych w ostatnich 10–20 latach spowodował jednak, że możemy budować bardzo realistyczne modele opisujące rzeczywiste kontakty milionów ludzi.

Jak możemy skonstruować najprostszy model tego typu? Załóżmy, że Alicja ma czworo najbliższych przyjaciół, Bartka, Celinę, Dorotę i Edwarda, patrz rys. 7. Celina ma również czworo przyjaciół, Alicję, Hanię, Iwonę i Janka. Dorota przyjaźni się tylko z Alicją, Jankiem, Krzyśkiem i Lucyną. Krzyś przyjaźni się z Dorotą i z trzema innymi osobami, z których żadna nie jest oznaczona na rys. 7 – nie przyjaźni się więc ani z Alicją, ani tym bardziej z Grzesiem lub Iwoną – nigdy więc nie może zostać zarażony bezpośrednio przez Alicję. I tak dalej. Co się stanie, kiedy Alicja zachoruje? Ponieważ założyliśmy, że prawdopodobieństwo zarażenia wynosi 0,5, od Alicji zarażą się Celina i Dorota, a Bartek i Edward na razie nie. Z przyjaciół Celiny, Alicja jest już albo chora, albo odporna na chorobę. Zarazić więc może się tylko troje „nowych“ przyjaciół, każde z prawdopodobieństwem 0,5 – powiedzmy, że tylko Janek. Dorota ma teraz tylko dwoje przyjaciół, którzy są jeszcze podatni – Krzyśka i Lucynę (Alicja i Janek już nie

Rys. 7. Model sieciowy

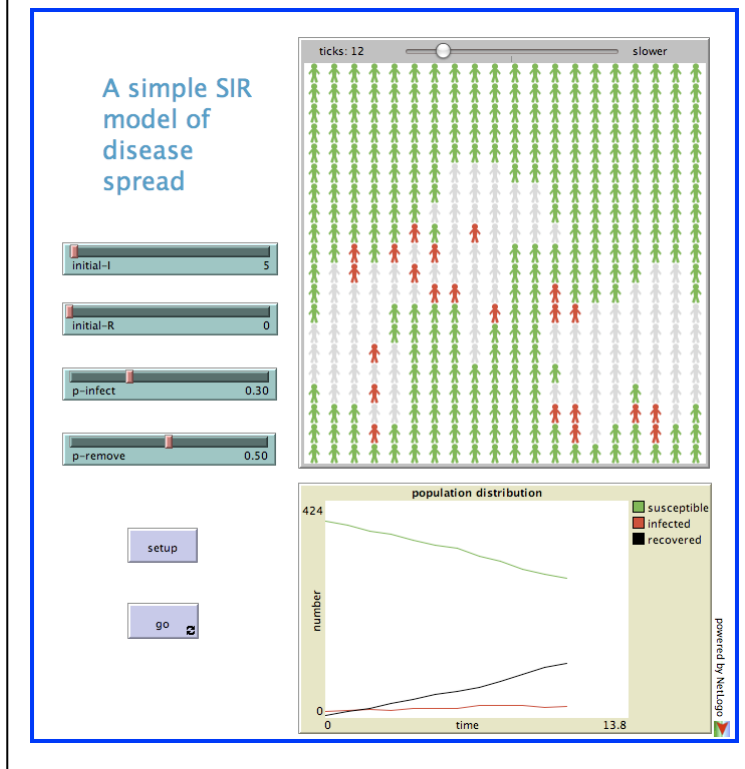


są podatni). Widać więc od razu, że choroba będzie rozprzestrzeniać się o wiele wolniej niż w przypadku, kiedy zakładamy, że prawo działania masy jest słuszne. Co więcej, rozprzestrzenianie się choroby zależy teraz bardzo silnie od *topologii sieci*. Strukturę społeczeństwa można bowiem próbować opisać jako *sieć* – osoby są jej *węzłami*, a *krawędzie* sieci oznaczają bliskie kontakty. To ilu sąsiadów ma każdy węzeł, a ilu sąsiadów ma każdy sąsiad, i tak dalej, określa topologię sieci. W naszym najprostszym przypadku, sieć jest płaska i kwadratowa, otoczenie każdego węzła zaś obejmuje czterech najbliższych sąsiadów – otoczenie takie nazywa się otoczeniem von Neumanna. Więcej o modelach sieciowych epidemii można przeczytać na http://en.wikipedia.org/wiki/Epidemic_models_on_lattices.

Jak epidemia rozwija się w modelach sieciowych? Niestety, dla modeli sieciowych niewiele można pokazać analitycznie, pozostają symulacje komputerowe. Programy do symulacji sieciowych można albo pisać samemu, albo używać gotowych języków programowania. NetLogo jest takim językiem, wymyślonym przez informatyków do pracy z sieciami komputerowymi. Przykładowy program jest dostępny na stronie internetowej autora (<http://www.mathbio.com/foton/siec/>) – przygotowany we współpracy z Dr Savi Maharaj z Uniwersytetu w Stirling (Szkocja), rys. 8. W programie tym można zmieniać prawdopodobieństwo zarażenia, β , a także prawdopodobieństwo wyleczenia, g ($C = 4$). Wreszcie można zmieniać liczbę osób, które zostały prewencyjnie zaszczepione. Ponieważ nie możemy założyć, że prawo działania masy jest słuszne, nie możemy tak łatwo obliczyć, ile osób musimy zaszczepić, żeby zapobiec epidemii. Tym niemniej możemy znowu zaobserwować taki sam efekt jak poprzednio: Nie musimy zaszczepić wszystkich w populacji, ażeby zapobiec epidemii.

Czy można, jak poprzednio, obliczyć krytyczną wartość proporcji szczepionych osób? Okazuje się, że dla prostych modeli sieciowych odpowiedź jest pozytywna. Ale, znowu potrzeba do tego fizyków. Od wielu lat studiują oni bowiem modele sieciowe w fizyce ciała stałego jak i w fizyce materiałowej. Między innymi, od dawna znane są wyniki dla modeli magnetyzmu Isinga http://en.wikipedia.org/wiki/Ising_model oraz dla modeli perkolacji http://en.wikipedia.org/wiki/Percolation_theory. Co wspólnego ma model Isinga z modelem epidemii? Fizycy już od lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku studiowali modele, w których atomy umieszczone są w węzłach sieci i charakteryzują się momentem magnetycznym – spin w górę lub w dół. Jeśli założymy, że spin w górę oznacza osobę zdrową, a spin w dół osobę chorą – to mamy do czynienia z modelem bardzo podobnym do modelu *SIR*. Podobne modele rozważali też fizycy zajmujący się *perkolacją*, np. przepływem cieczy (głównie ropy naftowej) przez materiały porowate (jak np. skały). W 1983 roku, Peter Grassberger, niemiecki fizyk, pokazał, że istnieje analogia między teorią perkolacji a rozprzestrzenianiem się chorób w modelach sieciowych, takich jak omówione

Rys. 8. Symulacja na sieci (kolorowa rycina w wersji internetowej). Zielone „ludziki” (tu ciemnoszary) to osoby podatne, czerwone (tu czarne) to osoby chore, a szare (tu jasnoszary), to osoby wyzdrowiałe (symulacje Savi Maharaj).



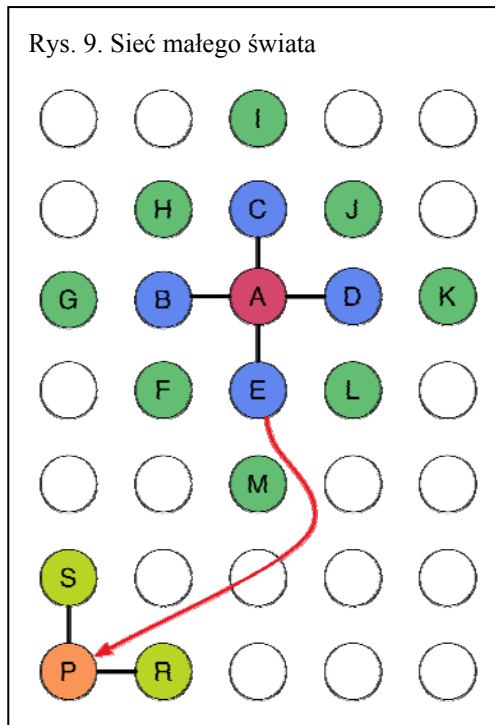
powyżej. Prace Grassbergera, jak i późniejsze prace szkockiego matematyka, Dennisa Mollisona, rozpoczęły okres intensywnych prac nad sieciowymi modelami epidemii. Sieci używane w tych pracach miały jednak dość prostą topologię.

Każdy przyzna, że powyższy model trochę lepiej opisuje rzeczywistość, pozostawia jednak jeszcze sporo do życzenia. O ile Alicja spotyka się na co dzień tylko z czterema przyjaciółmi, Edward jest osobą o wiele bardziej towarzyską. Nie tylko spotyka się on z Alicją oraz z Frankiem i Lucyną, przyjaciółmi Bartka i Doroty (którzy są z kolei przyjaciółmi Alicji). Edward również przyjaźni się z Piotrem, który mieszka w Warszawie, patrz rys. 9. Jeśli Edward pojedzie się z nim spotkać wtedy, kiedy jest już chory (choć o tym nie wie), Piotr może się zarazić i nawet kiedy Edward wróci już do domu, Piotr może przekazać chorobę Robertowi i Stefanowi, którzy z kolei mogą przekazać chorobę swoim przyja-

ciółom. Robert z kolei, od czasu do czasu odwiedza swoją przyjaciółkę, Victorię, która mieszka w Londynie. W ten oto prosty sposób choroba, która zaczęła się w Krakowie, przez Warszawę może dotrzeć do Londynu, a stamtąd dalej. Prowadzi to nas jednak do zupełnie nowej klasy modeli sieciowych, o czym pisać będziemy w następnych numerach.

Czym obecnie pasjonują się epidemiolodzy? Najważniejszym tematem wciąż jest wirus grypy H1N1 i to, czego nauczyliśmy się z zeszłorocznej epidemii. Modele sieciowe oraz tzw. *agent-based models* cieszą się coraz większą popularnością. Estymacja parametrów, a w szczególności R_0 jest ciągle wielkim problemem, szczególnie na podstawie tylko kilku dni bądź tygodni obserwacji epidemii, która dopiero co się zaczęła, o której niewiele wiemy, ale usiłujemy przewidzieć, czy się rozwinie w pandemię. Chcemy nie tylko wiedzieć, ile szczepionek, a ile łóżek szpitalnych mamy przygotować, ale również ile śmiertelnych przypadków może wystąpić za tydzień albo za miesiąc. Chcemy też wiedzieć, jak modelować zachowanie się ludzi w odpowiedzi na informację o epidemii, a także jak planować strategie zwalczania choroby. W pracach tych używa się wielu różnego rodzaju modeli matematycznych. Niektóre z tych modeli pochodzą z fizyki lub z chemii. Jednakże epidemiolodzy dawno już przestali być „ubogimi krewnymi“ fizyków. Bardzo często teraz modele pochodzące z epidemiologii są w centrum prac fizyków.

Rys. 9. Sieć małego świata





Komentarz do wykładu Profesora Meissnera

Andrzej Staruszkiewicz

Wykład wygłoszony 7 czerwca 2010 roku w *Ignatianum* jako uzupełnienie wykładu prof. Krzysztofa Meissnera w debacie „Granice poznania w fizyce”. Redakcja dziękuje X. Profesorowi Józefowi Bremerowi za uprzejmą zgodę na druk treści wystąpienia prof. Andrzeja Staruszkiewicza.

Profesor Meissner przedstawił nam ogrom niewiedzy, przed którym stoi fizyka teoretyczna, pod wieloma względami ciągle najdoskonalsza z nauk. W ciągu minionego stulecia obszar wiedzy rozrósł się ogromnie, ale jeszcze bardziej rozrósł się obszar niewiedzy. Jest tak dlatego, że każde poszerzenie obszaru wiedzy prowadzi do pytań, których wcześniej sobie nie stawiano czy też raczej w ogóle nie dostrzegano. Na przykład odkrycie cząstek elementarnych jest wielkim krokiem do przodu w naszym rozumieniu budowy materii. Prowadzi jednak do niezwykle trudnych pytań: dlaczego masy tych cząstek, a także ich inne właściwości fizyczne są takie właśnie, a nie inne. Odkrycie Ogólnej Teorii Względności i Mechaniki Kwantowej to monumentalne osiągnięcia myśli ludzkiej porównywalne z osiągnięciami Newtona, ale prowadzą do pytania o wzajemną relację między tymi dwoma strukturami, pytania, którego skala trudności jest wprost porażająca. W tej sytuacji naturalnie nasuwają się pytania: czy damy radę? Czy nasza determinacja i wola dotarcia do prawdy okażą się współmierne z wyzwaniem, wobec których stanęliśmy?

Wielkie przełomy w fizyce teoretycznej są dziełem ludzi takich jak Newton, Maxwell, Planck, Einstein czy Dirac, ludzi, którzy siłą swojego geniuszu w oczywisty sposób przerastają przeciętnych wyrobników nauki. To skłania wielu ludzi do przekonania, że nie możemy zrobić nic lepszego jak tylko „czekać na Mesjasza”, który poda nam gotowe rozwiązanie dręczących nas problemów. Uważam ten pogląd za fałszywy i chciałbym wyjaśnić dlaczego.

Wielcy twórcy nauki, tacy jak ci, których wyżej wymieniłem, przy całej swojej wyjątkowości, są jednak produktami określonej kultury. Wystarczy na mapie globu ziemskiego zaznaczyć miejsca ich urodzenia i działalności, żeby zobaczyć, że jest to w skali globu bardzo niewielki obszar. Newton powiedział o sobie: „*mój wzrok sięgnął dalej, gdyż stanąłem na ramionach olbrzymów*”. Powiedzenie to nie jest oryginalne, już w czasach Newtona miało za sobą bardzo długą historię. Niektórzy dodatkowo podejrzewają, że nie jest ono szczere, bo Newton nie był wzorem skromności i pokory. Osobiście sądzę, na podstawie wielu lektur na temat osoby i działalności Newtona, że powiedzenie to jest jednak szczere. Newton był wyniosły i apodyktyczny wobec ludzi, lecz wobec

prawdy naukowej zachowywał pokorę wielkiego uczonego, który zdaje sobie sprawę z ogromu swojej niewiedzy. Mogą o tym świadczyć jego inne piękne słowa, wypowiedziane pod koniec życia: *„Nie wiem, kim mogę wydać się dla świata, lecz sobie samemu wydaję się podobny do chłopca, który bawił się na brzegu morza i zajmował wyszukiwaniem od czasu do czasu gładszego kamyka czy muszli ładniejszej niż zazwyczaj, podczas gdy wielki ocean prawdy leżał nieodkryty przede mną”*. Jak powiedziałem na wstępie, ten wielki ocean prawdy powiększa się wraz z każdym istotnym odkryciem.

Pojawienie się wielkich odkrywców, takich jak Newton, jest darem Boga, za który możemy być wdzięczni, ale na który nie mamy wpływu. Ponieważ jednak odkrywcy ci nie rodzą się na pustyni, ale w obrębie określonej, wysokiej kultury, możemy i powinniśmy zadbać o to, by warunki konieczne do pojawienia się wielkich odkrywców były spełnione. W naszych czasach, mówiąc ściślej w tej globalnej cywilizacji, której najbardziej agresywnym i toksycznym elementem są obejmujące cały świat media elektroniczne, jest to wyzwanie szczególnie trudne.

Współczesna cywilizacja kształtuje wśród swoich ofiar kilka cech naprawdę niszczących dla ludzi, którzy przy bardziej sprzyjających okolicznościach mogliby być nośnikami oryginalności. Są to łatwowierność, myślenie stadne, fatalny gust, kult prymitywnie rozumianego sukcesu, żeby wymienić tylko kilka najważniejszych.

Szkoda mojego i Państwa czasu na szczegółowe dokumentowanie powyższego. Nie mogę się jednak powstrzymać od opisanie szczególnie drastycznego przykładu katastrofalnych skutków myślenia stadnego. Wszyscy w tej chwili jesteśmy ofiarami kryzysu gospodarczego, który rozpoczął się jako kryzys na rynku nieruchomości w Stanach Zjednoczonych. Otóż ja cały rok 2005 spędziłem w Stanach Zjednoczonych i doskonale pamiętam, że wiele znaków ostrzegawczych widocznych było gołym okiem. Na przykład odwiedzając mojego doktoranta, prof. Pawła Mazura, który mnie tam zaprosił, przejeżdżałem obok ogromnego budynku, wybudowanego w szczerym polu, w którym czasami oświetlony był jeden pokój, a na parkingu stał jeden samochód. Zastanawiałem się, komu opłaca się prowadzić budowę lokali pod wynajem w takim miejscu i mieć od czasu do czasu jednego gościa czy lokatora. Jeżeli to był lokator, bo trzeba wiedzieć, że w Ameryce energia elektryczna jest bardzo tania i właściciele nieruchomości pod wynajem często oświetlają niezamieszkałe lokale, żeby sprawić wrażenie, że nieruchomość cieszy się powodzeniem. Odpowiedź jest oczywiście taka, że nikomu się nie opłaca, nieruchomość ta, tak jak wiele innych, została wybudowana wyłącznie w celach spekulacyjnych, tzn. przy założeniu, że ceny nieruchomości będą rosnać w nieskończoność. W lokalnej gazecie, rozdawanej za darmo po knajpach, przeczytałem wywiad ze świeżym imigrantem z Rosji. Człowiek ten powiedział, że nie rozumie kraju, w którym się znalazł: tu nikt nic nie robi, a wszyscy mają pieniądze. I teraz ja się pytam:

gdzie byli ci wszyscy tak zwani Laureaci Nagrody Nobla z ekonomii, których w między czasie naprodukowano na pęczki, że nie widzieli tego, co widziałem ja i ów człowiek z Rosji? Mówię tak zwani, bo lista dyscyplin, z których są przyznawane Nagrody Nobla została ustalona przez enumerację w testamencie Alfreda Nobla napisanym ponad sto lat temu i nie ma na niej ekonomii.

Przykłady stadnego myślenia w zagadnieniach objętych poprawnością polityczną są zbyt znane i zbyt przygnębiające, by je tu omawiać. I teraz jeszcze raz się pytam: skoro ludzie nie potrafią samodzielnie myśleć w zagadnieniach życiowej wagi, zagadnieniach, od których zależą losy mocarstw, państw i miliardów ludzi, to niby dlaczego mieliby potrafić samodzielnie myśleć na temat ezoterycznych i wyjątkowo trudnych problemów fizyki teoretycznej?

Co można zrobić w tej sytuacji? Jedyna uczciwa odpowiedź z mojej strony jest: nie wiem. Mogę jedynie powiedzieć Państwu co ja sam robię, żeby na starość utrzymać się w jakiejś takiej formie psychicznej. Otóż ja zakładam, że fizyka teoretyczna już się skończyła, tak jak kiedyś skończyła się matematyka Greków. Moi młodszy koledzy [tu bardzo przepraszam oczywiście Pana Kolegę Meissnera] niczego nie wymyślą. Co roku przed terminem przyznawania Nagród Nobla z fizyki prześlada mnie myśl, że nagrodę dostanie ktoś taki jak Werner Heisenberg, ktoś kto zrobił coś istotnego, co ja powinienem zrozumieć, a okaże się, że jestem już na to za stary. I co roku po ogłoszeniu wyników mam poczucie kolosalnej ulgi: ponownie nagrodę dostał albo jakiś dziadunio, którego nazwisko pamiętam bardzo dobrze z dawnych czasów, albo ktoś zupełnie mi nie znany, za tematykę, której ja bym się nie tknął, nawet gdyby mi za to zapłacili. Powtarzam sobie wówczas piękny fragment z „Sonetów Krymskich” Adama Mickiewicza: *Jedźmy, nikt nie woła!* Dla mnie oznacza to oczywiście: rób swoje, nic ważnego się nie dzieje.

Bardzo bym nie chciał, żeby to moje całkowicie prywatne stanowisko, które zawiera przecież elementy psychoterapii, stało się źródłem zniechęcenia czy niewiary dla innych, zwłaszcza młodszych kolegów fizyków, takich jak pan profesor Meissner. Dlatego chciałbym resztę swojego wystąpienia poświęcić na zidentyfikowanie tego, co można by nazwać „wąskim gardłem”, głównej przeszkody na drodze do dalszego, istotnego postępu fizyki teoretycznej.

Niektórzy pokładają duże nadzieje w wielkich i kosztownych eksperymentach takich, jakie umożliwił niedawno uruchomiony Large Hadron Collider w Genewie. Nie podzielam tego optymizmu. Każdy eksperyment daje jakieś pożytki w tym sensie, że powiększa obszar wiedzy pewnej. Jest to jednak powiększenie czysto mechaniczne, pozostawiające nas w kręgu zastanych pojęć, podczas gdy rzeczywistym wyzwaniem jest tworzenie nowych pojęć. Te nowe pojęcia mogą tworzyć tylko umysły nie zatrute przez współczesną cywilizację.

Półtora roku temu, dokładnie 18 października 2008 r., na konferencji zorganizowanej przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej wygłosiłem wykład pt. „Czy

nauka jest nam dana raz na zawsze?” W dyskusji nad tym referatem, odpowiadając na jedno z pytań użyłem pojęcia „duchowego środowiska człowieka”. Zrobiłem to zupełnie mimochodem i dopiero niezwykle żywa reakcja słuchaczy, którymi byli przecież wybitni uczeni zaproszeni przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej, uświadomiła mi, że być może niechcący powiedziałem coś istotnego. Obecnie, po spokojnym rozważeniu całej sprawy, uważam, że tak jest naprawdę i chciałbym to omówić.

Duchowe środowisko człowieka jest pewną realnością i to realnością znacznie ważniejszą i, jeśli tak można powiedzieć, bardziej realną, niż omawiane do znudzenia przez media środowisko naturalne.

Środowisko naturalne w naszych czasach praktycznie nie istnieje. Proponuję, by każdy z Państwa zastanowił się nad tym, jak przeżyje następny tydzień. Będą Państwo mieszkać w mieszkaniach zaopatrzonych w energię, której nikt z Państwa nie wytworzył i nie potrafi wytworzyć. Będą Państwo odżywiać się żywnością znajdującą się w lodówce, kupioną w markecie, której Państwo też nie wytworzyli i nie potrafią wytworzyć. Idąc dalej tym tropem łatwo się przekonać, że ponad 90% w jakikolwiek sensowny sposób rozumianego środowiska, w którym żyjemy, jest artefaktem cywilizacyjnym. Mimo to, postulat rozumnej ochrony środowiska naturalnego ma sens. Należy np. przeciwdziałać marnowaniu energii, głównie dlatego, że dla człowieka rozumnego jest to kategoriyczny imperatyw moralny, który czasami może też mieć pewne znaczenie praktyczne. Tymczasem duchowe środowisko jest czymś bardzo dotkliwie realnym. Duchowym środowiskiem człowieka jest zespół idei naukowych, technicznych, moralnych, religijnych, estetycznych, obyczajowych, na które jesteśmy wystawieni, i które pośrednio lub bezpośrednio wpływają na nasze widzenie świata, ocenę zjawisk i postępowanie. Na duchowe środowisko człowieka składają się nie tylko idee, ale także zachowania, postawy, etc. Tocząca się obecnie kampania wyborcza jest okazją do manifestowania zachowań, które aprobujemy lub nie. Nie ma przy tym znaczenia, że jedni aprobują, a inni nie aprobują tych samych zachowań. Tego rodzaju relatywizm ocen istnieje nawet dla prawd i twierdzeń naukowych, a nikt przecież nie ma wątpliwości, że prawda naukowa istnieje i jest tylko jedna. Dokładnie tak samo jest dla norm moralnych, społecznych czy towarzyskich: tylko część z nich sprzyja przetrwaniu i rozwojowi ludzkości *sub specie aeternitatis*.

Skalę trudności problemu, który rozważamy, najlepiej zilustrować przez porównanie z problemami, które wielokrotnie były rozważane, ale nigdy nie doczekały się odpowiedzi: dlaczego matematyka jako nauka powstała w Grecji w V i IV wieku przed Chrystusem, dlaczego nauka nowożytna powstała w XVII wieku w rejonie Kanału La Manche? I dlaczego wielkie kontynenty, imperia i millenia często nie pozostawiają po sobie żadnego godnego uwagi śladu umysłowego? Jest przecież faktem antropologicznym, że Grek z IV wieku przed Chrystusem nie różnił się niczym istotnym od Egipcjanina, Chaldecyzyka, Persa

czy Hindusa. Źródłem różnicy kreatywności jest zatem nie pojedynczy człowiek, ale środowisko, dokładniej właśnie środowisko duchowe.

Wracam teraz do wcześniej postawionego pytania: co możemy zrobić poza „czekaniem na Mesjasza”? Otóż powinniśmy zdać sobie sprawę z tego, że wąskim gardłem jest nie przypadkowy brak indywidualnych talentów, bo taki przypadek zawsze może zmienić się w przeciwny, ale niszczący charakter środowiska duchowego, w którym żyjemy i w którym zmuszony jest działać każdy współczesny myśliciel.

Zasada, którą przed chwilą opisałem jako działającą w przestrzeni, a mianowicie to, że różnica w kreatywności naukowej Greka i Persa jest zbyt duża, by dała się sprowadzić do różnic biologicznych, działa także w czasie: różnica między niesamowitą kreatywnością naukową ludzi działających na przełomie XIX i XX wieku i w pierwszej ćwiartce XX wieku a kreatywnością ludzi działających obecnie jest tak duża, że może mieć przyczynę tylko kulturową. Fizycznie i biologicznie ludzie w tym czasie nie zmienili się. Uważam, że podstawową przyczyną jest właśnie degradacja „duchowego środowiska” człowieka.

Czy można zrobić coś dla obrony duchowego środowiska człowieka? Uważam, że każdy z nas powinien, z jednej strony, uważać taką obronę za swój obowiązek, z drugiej zdawać sobie sprawę, że jesteśmy, być może, przeciwko siłom silniejszym od nas.

Opowiem Państwu historię, która kilka tygodni temu mnie samemu się przytrafiła. W głównym wydaniu dziennika telewizyjnego opowiedziano o podróżach w czasie, powołując się na, jak to powiedziano, jednego z największych geniuszy współczesności, Stephena Hawkinga. Ponieważ to, co powiedziano, było całkowicie bałamutne i zawierało niedopuszczalne pomieszanie pojęć, spytałem się przez komputer wspomnianego już profesora Mazura czy przypadkiem wie, o co tu może chodzić. W odpowiedzi profesor Mazur przesłał mi artykuł Hawkinga z gazety „Daily Mail”. Przypominam, że jest to zwykła gazeta, a nie czasopismo naukowe. Okazuje się, że polska telewizja zupełnie poprawnie zreferowała treść tego artykułu, pomieszania pojęć dopuszcza się sam Hawking, co niezależnie ode mnie potwierdził mój kolega, profesor będący specjalistą w zakresie Ogólnej Teorii Względności, którego dla pewności spytałem o zdanie. I teraz powiedzcie mi Państwo, co ja mam zrobić, żeby przeciwstawić się temu bezsensownemu zaśmiecaniu środowiska duchowego, którego dopuszcza się Hawking? Cyprian Kamil Norwid napisał bardzo trafnie, że „są takie cnoty, od których cofa strach śmieszności”. Otóż ja niczego nie zrobię, bo przecież nie będę się wygłupiać: Hawking, „Daily Mail” i polska telewizja to trochę za dużo na moje siły i możliwości.

Powiedziałem, że niczego nie zrobię, a przecież właśnie zrobiłem: opowiedziałem tę historię Państwu, ostrzegając tym samym przed bezkrytycznym przyjmowaniem tego, co ma do powiedzenia Stephen Hawking, „Daily Mail” i główne wydanie dziennika telewizyjnego, którego wina sprowadza się do te-

go, że zaśmieca uwagę słuchaczy rzeczami, których umysłowo nie kontroluje. Sądzę, że tak samo będzie w ogromnej większości wypadków, w których Państwo sami zetkną się z czymś, co jest oczywistym szkodnictwem umysłowym, moralnym lub estetycznym. Siły przeciwne okażą się zbyt duże, a cytowana wyżej myśl Norwida aż nazbyt prawdziwa. A jednak warto choćby tylko na własny użytek zgłosić sprzeciw, bo to pozwoli wyartykułować, o co chodzi.

Kreatywność naukowa ma, moim zdaniem, wiele wspólnego z innymi rodzajami kreatywności, np. artystyczną. Jej podstawowym elementem jest po pierwsze, wrażliwość na prawdę, prawdę rozumianą nie tylko jako *adequatio rei et intellectus*, ale także w ogólniejszym sensie, który pojawia się wówczas, gdy mówimy np. o prawdzie artystycznej; po drugie, na pewnym szczególnym wyczuciu estetycznym. O tym aspekcie twórczości naukowej wielokrotnie mówili twórcy współczesnej fizyki, zwłaszcza Dirac. Dirac wręcz stał na radykalnym stanowisku, że brak piękna w teorii fizycznej jest manifestacją braku prawdy, a jako przykład przytaczał elektrodynamikę kwantową, teorię o niesamowitej wprost mocy predyktywnej, teorię, która dla wszystkich poza Dirakiem, jest modelem naukowego sukcesu. I teraz mogę powrócić do mojego głównego tematu: wiemy od Diraca, że wyczucie estetyczne jest dla fizyka teoretyka rzeczą fundamentalnie ważną. Czy możemy jednak mieć zaufanie do wyczucia estetycznego ludzi, którzy są przecież duchowo zanurzeni we współczesności, a więc znajdują się pod degradującym wpływem hałaśliwej muzyki, wulgarnych widowisk, prostackich obyczajów promowanych przez tzw. celebrytów. Ja doskonale rozumiem, że to, co mówię, może być zdezawuowane jako głędzenie staruszka, który nie lubi czasów, których dożył. Upieram się jednak, że problem, na który wskazuję, jest realny, a przykład zniknięcia greckiej matematyki powinien być dla nas ostrzeżeniem i ilustracją tego, co może się stać i co na pewno się stanie, jeżeli ludziom nie uda się zmobilizować do odbudowy najważniejszych elementów wysokiej kultury, mówiąc najprościej, do obrony prawdy, dobra i piękna.

Realność problemu wiarygodności ocen estetycznych można zilustrować na całkiem konkretnym przykładzie. Od ponad 30 lat w fizyce teoretycznej jest lansowany przez bardzo wpływowych fizyków amerykańskich program badawczy noszący nazwę teorii strun. Program ten nie może pochwalić się żadnymi sukcesami w tradycyjnym rozumieniu. Mimo to ludzie lansujący ten program uważają, że mają prawo zajmować swoją pracą uwagę publiczności, nawet pisać książki popularne na temat swojej teorii, bo jest ona rzekomo bardzo „piękna”. Otóż ja tego piękna nie widzę. Przy tradycyjnych ocenach estetycznych, np. dzieła sztuki, zawsze można ratować się poglądem, że *de gustibus non est disputandum*. Ale jeżeli, jak twierdzi Dirac, w fizyce teoretycznej piękno jest znamieniem prawdy, to sprawa robi się bardzo poważna. Ktoś tutaj ma zły gust, bo na pewno prawda jest tylko jedna. Zapewne domyślają się Państwo, że ja uważam, że to ja mam dobry gust, a fakt, że tak wielu niezwykle wpływowych

fizyków amerykańskich demonstruje tak fatalny gust jest dla mnie konkretnym objawem upadku kulturalnego i upadku nauki. Ludzie na ogół kochają mieć rację, ale wierzcie mi Państwo, że w tym wypadku wolałbym jej nie mieć, bo lepiej dla świata, żebym to ja miał zły gust niż liczna grupa najbardziej wpływowych fizyków amerykańskich, bo to byłaby już oznaka rzeczywistego upadku.

Wyobrażam sobie, że niektórym z Państwa te moje obawy mogą wydać się przesadzone. Przecież wszyscy jesteśmy świadkami wspaniałego postępu w sztuce budowy komputerów, telefonów komórkowych, Internetu; można by długo wymieniać. Znaczna część tego postępu ma swoje źródło w badaniach podstawowych z zakresu fizyki, zwłaszcza fizyki ciała stałego. Wielu ludziom wydaje się, że nowy wspaniały świat dopiero przed nami, a ja dostrzegam możliwość zupełnego upadku nauki.

Otóż chciałbym zwrócić uwagę Państwa, że na tę okoliczność jest również bardzo pouczająca analogia historyczna, a mianowicie rozwój technologii hellenistycznej, który nastąpił w czasie, gdy grecka matematyka była już praktycznie martwa. Mało kto zdaje sobie sprawę z rozmachu i zaawansowania technologii hellenistycznej, z tego np., że nowożytnie miasta europejskie dopiero w XIX wieku, i to raczej w drugiej jego połowie, osiągnęły rozmiary i poziom usług komunalnych, które istniały w Rzymie i Aleksandrii. Ja nie lekceważę technologii, to jest bardzo użyteczna rzecz, ale właśnie przykład technologii hellenistycznej pokazuje, że jest możliwe, że tak powiem, życie po życiu, że mogą istnieć pozory życia w czasie, gdy wielka niegdyś cywilizacja jest już martwa. Nie chciałbym w tej instytucji wchodzić w zagadnienia metafizyczne, chodzi mi tylko o pewną analogię natury literackiej, która polega na tym, że fizyka to duch, który decyduje o rzeczywistym istnieniu życia, a technologia to materia, z której duch może ulotnić się w sposób niedostrzegalny. Raz wdrożona technologia może być przez długi czas podtrzymywana przez ludzi nie posiadających żadnej kultury naukowej.

Najważniejszy **wniosek**:

o kreatywności naukowej decyduje to, co nazwałem „duchowym środowiskiem człowieka”. To środowisko w naszych czasach jest zdegradowane.



Czy promieniowanie jonizujące jest zawsze szkodliwe dla zdrowia? Hormeza radiacyjna

*Paweł Moskał
Instytut Fizyki UJ*

Czy promieniowanie jonizujące jest zawsze szkodliwe dla zdrowia? Otóż okazuje się, że niekoniecznie. Istnieje zjawisko zwane **hormeza**, które określa się jako korzystny wpływ na organizm małych dawek substancji, które w większych ilościach są szkodliwe. Zjawisko to jest już znane od wielu wieków. W tym kontekście często cytuje się Paracelsusa, szwajcarskiego lekarza z XVI wieku, który słusznie zauważył, że to nie sama substancja, lecz jej dawka czyni z niej truciznę. Fakt pozytywnego wpływu na system immunologiczny małych dawek substancji – w większych dawkach szkodliwych – jest wykorzystywany choćby w przypadku szczepień.

Przez wiele lat propagowano pogląd, głównie ze względów politycznych, że ten mechanizm nie działa w przypadku promieniowania jonizującego. Jednak okazuje się, że promieniowanie jonizujące w małych dawkach również pozytywnie pobudza system immunologiczny. Potwierdza to wiele eksperymentów wykonywanych na zwierzętach oraz obserwacje napromieniowanych ludzi. Na przykład wyniki badań przeprowadzonych na myszach jednoznacznie wykazują, że napromieniowanie w pewnym zakresie dawek wpływa na znaczne zmniejszenie zachorowań na nowotwory. Podobny fakt zaobserwowano także dla ludzi.

Systematyczne zestawienie danych z terapii pacjentek leczonych na gruźlicę za pomocą promieniowania jądrowego wykazało, że dla dawek rzędu od 100 do 200 mGy ($\text{Gy} = \text{J/kg}$) szanse zachorowania na raka znacznie maleją. Zmniejszona śmiertelność i prawdopodobieństwo zachorowania na białaczkę została stwierdzona także wśród tych mieszkańców Hiroszimy i Nagasaki, którzy zostali napromieniowani dawkami w zakresie do 200 mGy.

Z jednej strony wraz ze wzrostem dawki napromieniowania wzrasta liczba uszkodzeń DNA, ale z drugiej strony promieniowanie pobudza pozytywnie układ immunologiczny i w efekcie wpływ na organizm jest korzystny w zakresie dawek do 200 mGy. Należy zauważyć, że 200 mGy jest dawką prawie 100 razy przekraczającą średnią roczną dawkę promieniowania otrzymywaną przez ludzi na terenie Polski. Jednak zestawienie to nie dziwi w obliczu faktów, że są miejsca na Ziemi, na przykład Ramsar w Iranie, gdzie roczna dawka promieniowania naturalnego przypadająca na mieszkańca jest prawie 100 razy większa niż w Polsce.

Literatura

- [1] Z. Jaworski, *Dobroczynne promieniowanie*, Wiedza i Życie, 1997/3, 20–29
[2] L. Dobrzyński, *Hormeza – Zjawiska powszechnie znane i nieznanne*
<http://www.ipj.gov.pl/pl/szkolenia/matedu/hormeza.htm>

Paracelsus, właśc. **Phillippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim** (ur. 10 listopada 1493 lub 1494 w Einsiedeln, Szwajcaria, zm. 24 września 1541 roku w Salzburgu, Austria) – lekarz i przyrodnik, zwany ojcem medycyny nowożytnej.



Poprawność modelu hormezy radiacyjnej została wykazana w wielu doświadczeniach (także w badaniach populacji ludzkiej zamieszkałej w rejonach o podwyższonym tle naturalnym np. ludności Białorusi i Ukrainy narażonej na opad radioaktywny po katastrofie czarnobylskiej), jednak przyjmuje się, iż dowody te są niewystarczające do uznania tej hipotezy za poprawną.



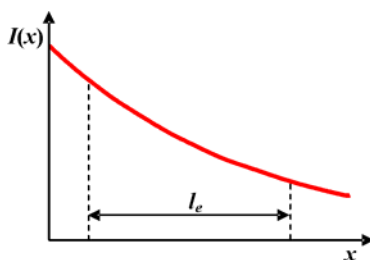
Jakie barwy widzą pszczoły?

Jerzy Ginter
Uniwersytet Warszawski

Jeżeli promieniowanie elektromagnetyczne przechodzi przez substancję, jego natężenie I maleje z głębokością wnikania x wykładniczo¹. Oznaczmy symbolem l_e długość, po której natężenie promieniowania zmaleje o czynnik² $e \approx 2,72$ (rys. 1). Współczynnikiem absorpcji α nazywamy odwrotność l_e :

$$\alpha = \frac{1}{l_e}.$$

Jeżeli l_e wyrazimy w centymetrach, α ma wymiar cm^{-1} .



Rys. 1.

Na wykresie rys. 2 przedstawiona jest zależność współczynnika absorpcji wody α od długości fali promieniowania elektromagnetycznego³ λ .

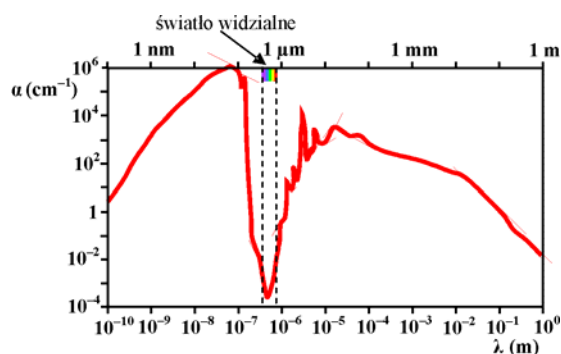
1. Na osi poziomej długość fali λ zmienia się:
 - od $10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm} = 1 \text{ \AA}$, czyli od zakresu promieni Röntgena,
 - do 1 m, czyli radiowych fal ultrakrótkich,
 - poprzez nadfiolet, promienie widzialne i podczerwień.
2. Na osi pionowej odkładany jest współczynnik absorpcji promieniowania α . W szczególności:
 - Jeżeli współczynnik absorpcji jest równy 1 cm^{-1} , natężenie promieniowania maleje o czynnik e na głębokości 1 cm.

¹ Uwaga! Interesuje nas to, co się dzieje **wewnątrz** substancji. Nie bierzemy pod uwagę odbicia od powierzchni.

² Liczbę e nazywamy **podstawą logarytmu naturalnego**.

³ Jest to nieco zmodyfikowany wykres z książki Johna Davida Jacksona *Elektrodynamika klasyczna* PWN 1982.

- Jeżeli współczynnik absorpcji jest równy 10^6 cm^{-1} , natężenie promieniowania maleje o czynnik e na głębokości $10^{-6} \text{ cm} = 10^{-8} \text{ m} = 10 \text{ nm}$.
- Jeżeli współczynnik absorpcji jest równy 10^{-4} cm^{-1} , natężenie promieniowania maleje o czynnik e na głębokości $10^4 \text{ cm} = 100 \text{ m}$.



Rys. 2.

My sami i ogromna większość zwierząt mamy oczy z elementami optycznymi złożonymi w ogromnym procencie z wody. Takie oczy mogą działać w zakresie widmowym, w którym współczynnik absorpcji α jest istotnie mniejszy od jedności. Jest to zakres od około $0,2 \mu\text{m}$ do około $1 \mu\text{m}$. W pozostałych zakresach oczy wodne są po prostu nieprzezroczyste. Oczy ludzkie działają właśnie w tym obszarze: od $0,4 \mu\text{m}$ (fiolet) do $0,7 \mu\text{m}$ (czerwień); jest ono zaznaczone na wykresie (rys. 2) pionowymi liniami przerywanymi. Układ barw widzianych przez człowieka wskazuje strzałka w górnej części wykresu.

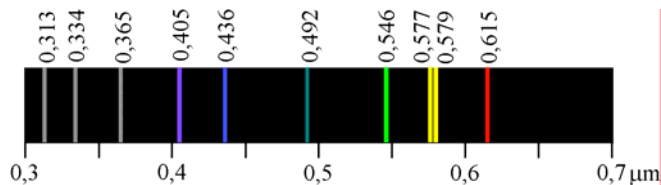
Widać jednak z wykresu, że możliwy jest także zakres widzenia nieco różny od ludzkiego. Na przykład pszczoły nie widzą naszej barwy czerwonej ($\lambda > 0,65 \mu\text{m}$). Widzą natomiast promieniowanie nadfioletowe w zakresie od $0,3 \mu\text{m}$. Wykazano to w pierwszej połowie poprzedniego stulecia za pomocą następującego eksperymentu⁴:

W ciemnym pomieszczeniu wytwarzano na stole widmo silnej lampy rtęciowej za pomocą pryzmatu, przepuszczającego nie tylko światło widzialne, ale i nadfiolet⁵. Widmo takie przedstawia schematycznie rysunek 3. Linie nadfioletowe, niewidziane przez człowieka, to pierwsze trzy linie widma od lewej. Pszczoły mogły dostawać się do pomieszczenia przez niewielkie okienko.

1. W czasie tresury zasłaniano wszystkie linie widmowe z wyjątkiem jednej, na której ustawiano podłużną wanienkę z bezwonnym syropem.

⁴ Opis przytoczony za książką Jana Dembowskiego *Psychologia zwierząt*, Czytelnik 1950.

⁵ Piękna fotografia widma rtęci w obszarze widzialnym: *Mercury (element)*, Wikipedia.

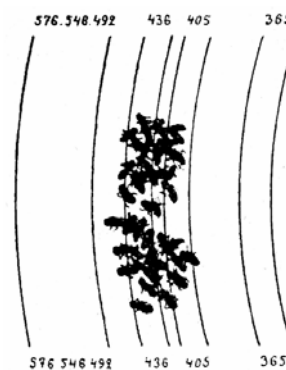


Rys. 3.

2. Po wytresowaniu pszczół na określoną barwę wytwarzano na stole całe widmo, nie umieszczając jednak nigdzie pokarmu – i obserwowano zachowanie pszczół.

Wyniki doświadczenia były następujące:

1. Pszczoły wytresowane na pewną barwę poszukiwały pokarmu w zasadzie na tej właśnie linii widmowej i skupiały się na niej, mimo że pokarmu tam nie było⁶. Ilustruje to rysunek 4, pszczoły były wytresowane na barwę fioletową 0,405 μm . Czarne łuki przedstawiają schematycznie położenie linii widmowych na stole.
2. Pszczoły nie odróżniały jednak światła zielonego (0,546 μm) i żółtego (0,577 μm i 0,579 μm). Nie odróżniały też światła fioletowego i niebieskiego (0,405 μm i 0,436 μm).
3. Można było podobnie wytresować pszczoły na linii nadfioletowe 0,365 μm , 0,334 μm i 0,313 μm .
4. Późniejsze podobne badania wykazały, że pszczoły nie widzą światła o długościach fali $\lambda > 0,65 \mu\text{m}$, które człowiek odbiera jako barwę czerwoną.
5. Nie miało znaczenia natężenie światła, pszczoły poznawały barwę niezależnie od jasności linii widmowych.



Rys. 4.



Rys. 5.

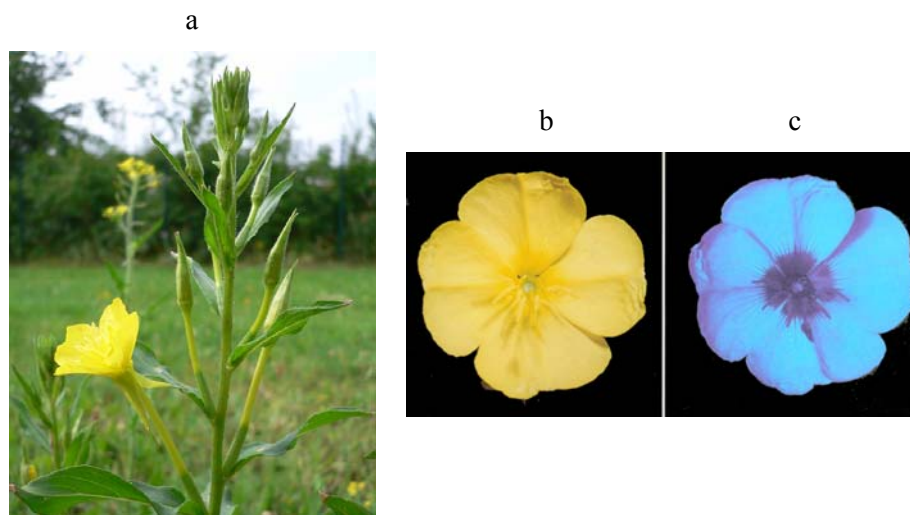
Z faktem, że pszczoły widzą w nadfiolecie, związane jest zabarwienie kwiatów. Wiele z nich ma wyraźny promienisty rysunek, wskazujący na położenie nektaru. Przykładem może być kwiat ślazu⁷ (rys. 5). Są jednak kwiaty, które w świetle widzialnym dla człowieka takiego rysunku nie mają. Przykładem może być popularny chwast wiesiołek⁸, zwany w okolicach Warszawy „noc-

⁶ Rysunek z cytowanej książki Dembowski.

⁷ Śláz dziki *Malva silvestris*.

⁸ Wiesiołek dwuletni *Oenothera biennis*.

ną świecą” (rys. 6a i b). Okazuje się jednak, że wiesiołek ma wyraźny rysunek w nadfiolecie, co pokazuje fotografia wykonana w tym zakresie widmowym⁹ (rys. 6c).



Rys. 6.

Pozostaje jeszcze wyjaśnić, po co rośliny wytwarzają kwiaty czerwone, jeżeli pszczoły barwy czerwonej nie widzą? Okazuje się, że kwiaty zapylane przez pszczoły mają w swoim zabarwieniu domieszkę barwy niebieskiej (jak dzikie goździki) lub nadfioletu (jak mak). Zatem pszczoły widzą je jako niebieskie lub nadfioletowe. Istnieją kwiaty o barwie czerwonej, niewidocznej dla pszczół – ale te są zapylane na przykład przez ptaki.

⁹ Fotografia z książki Davida Attenborougha *Prywatne życie roślin*, Muza 1996.



Odgłosy z jaskini (17) Rozrzutny odrzut

Adam Smólski

Warto czasem wpaść w pułapkę, żeby odkryć coś ciekawego. Tym razem pułapką okazało się zadanie dla „Lwiątko 2010”, które w pierwotnej wersji brzmiało:

Jaką maksymalną moc muszą łącznie posiadać, co najmniej, silniki samolotu, jeśli w czasie 30 sekund rozbiegu osiąga on prędkość 270 km/h? Masa samolotu to 200 ton.

A. 562,5 MW, B. 243 MW, C. 75 MW, D. 37,5 MW, E. 18,75 MW.

Niby proste, prawda? Autorzy (czyli niżej podpisany) kombinowali tak: moc to siła razy prędkość, maksymalna będzie przy maksymalnej prędkości, czyli na koniec rozpędzania. Dalej siła to masa razy przyspieszenie, a przyspieszenie to prędkość przez czas, tutaj zatem przyspieszenie wynosi $2,5 \text{ m/s}^2$, siła 500 kN i moc 37,5 MW.

Pułapka taka, że ślepy by zauważył, tylko nie ja, na szczęście recenzenci czuwali i zadanie na konkursie brzmiało:

Jaką co najmniej moc musi osiągać silnik samochodu wyścigowego (nie licząc mocy potrzebnej do pokonania oporu powietrza), jeśli w czasie 5 sekund rozbiegu (ze stałym przyspieszeniem) samochód uzyskuje prędkość 180 km/h? Masa samochodu to 1000 kg.

A. 1000 kW. B. 648 kW. C. 500 kW. D. 324 kW. E. 250 kW.

Z samochodem jest dobrze, z samolotem było źle. Chodzi o to, że silnik samolotu napędza nie tylko samolot, ale odpychane powietrze (napęd śmigłowy) czy też gazy wylotowe (napęd odrzutowy). Wyrażenie „nie tylko” może sugerować, że to jakiś uboczny, mniej istotny efekt. Otóż nie, raczej należałoby powiedzieć, że silnik samolotu napędza przede wszystkim gazy wylotowe. Przekonajmy się o tym prostym rachunkiem.

Niech M – masa samolotu razem z paliwem, ΔM – masa gazów wyrzucanych w czasie Δt . Niech także V – prędkość samolotu, ΔV – jej przyrost w czasie Δt , a w niech będzie prędkością wylotową gazów, liczoną względem płyty lotniska. Klasyczny wywód wzoru na siłę ciągu rakiety uwzględnia zmianę masy pojazdu w procesie odrzutu – dla samolotu nie warto tego robić, bo od-

rzucane powietrze wcześniej jest zasysane z przodu, a masa paliwa jest drobną częścią masy samolotu. Mamy więc, z zasady zachowania pędu, równanie

$$V \cdot M = (V + \Delta V) \cdot M - \Delta M \cdot w.$$

Po przekształceniu

$$M \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta M}{\Delta t} \cdot w.$$

Lewa strona to masa razy przyspieszenie, czyli siła ciągu, działająca na samolot. Mnożąc ją przez V otrzymamy moc przyspieszania samolotu – można by ją nazwać mocą efektywną silników:

$$P_{\text{ef}} = \frac{\Delta M}{\Delta t} \cdot w \cdot V.$$

Natomiast moc unoszona przez odrzucane gazy, to

$$P_{\text{gaz}} = \Delta M \cdot \frac{w^2}{2}.$$

Dzieląc jedno przez drugie otrzymujemy

$$\frac{P_{\text{ef}}}{P_{\text{gaz}}} = \frac{2V}{w}.$$

Prędkość wylotowa gazów jest zapewne rzędu 1000 m/s (nie znalazłem danych na temat odrzutowców, dla rakiet jest to 2000–3000 m/s, por. <http://www.astronautix.com/props/index.htm>). Przy V rzędu 100 m/s daje to, jak widzimy, nikłą „mechaniczną sprawność” (nie mylić z termodynamiczną) silnika. Gdy oceniać od strony energetycznej, silnik głównie napędza gazy, a samolot niejako przy okazji.



Oscyloskopy pod strzechy

Marcin Braun

Autor serii podręczników gimnazjalnych „To jest fizyka”¹

Choć dźwięk obserwujemy na co dzień bez przyrządów – można powiedzieć: gołym uchem – to nie obserwujemy jego falowej natury. Słyszymy, że dźwięk jest wysoki albo niski, ale nie obserwujemy bezpośrednio, że wiąże się to z częstotliwością drgań powietrza. Nawet jeśli drgania źródła dźwięku widać gołym okiem, jak choćby w przypadku struny gitary, odbywają się zbyt szybko, aby móc ocenić ich częstotliwość. Czy gramy c, czy e, struna i tak widoczna jest w postaci rozmytej chmurki.

Dobłą ilustracją tego problemu jest wykorzystanie oscyloskopu. Gdy podłączymy go do mikrofonu, na ekranie zobaczymy linię nieco podobną do wykresu drgań wahadła. Uczeń umie już z takiego wykresu odczytać amplitudę i okres (punkt 6.2. *Podstawy programowej*), a więc i obliczyć częstotliwość. Może też obserwować, jak te wielkości zmieniają się, gdy dźwięk staje się wyższy albo głośniejszy.

Takie rozwiązanie jest doskonale dla uczniów „wzrokowców”, a pamiętajmy, że dziś coraz więcej informacji dociera do nas w postaci wizualnej, dlatego mamy coraz więcej „wzrokowców z nawyku” a nie tylko „z urodzenia”.

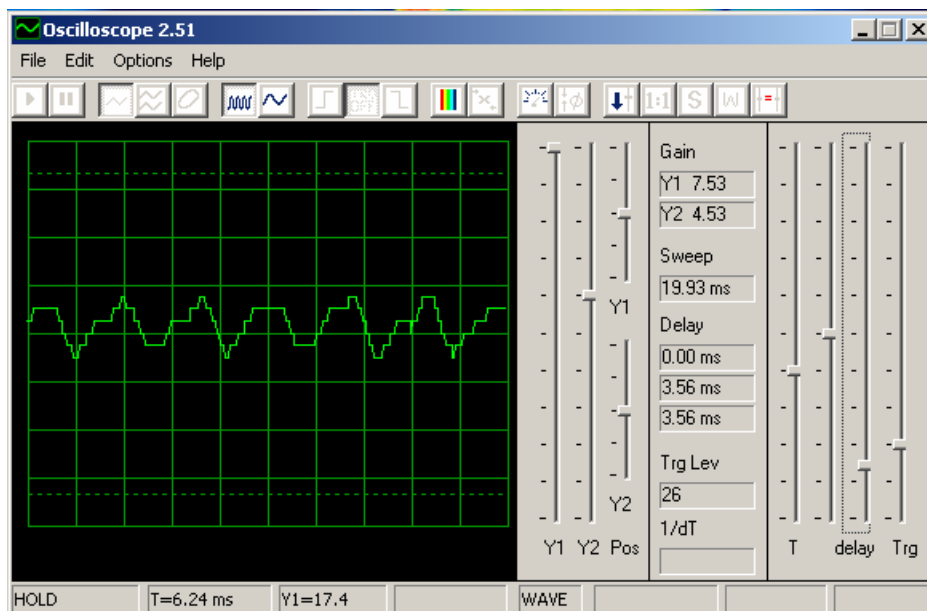
Do niedawna z oscyloskopu korzystać mogły tylko nieliczne szkoły wyposażone w to drogie urządzenie. Dzisiaj jednak sytuacja się zmieniła. Rolę oscyloskopu pełnić może komputer z kartą dźwiękową, mikrofonem i odpowiednim programem. Programy są różne, ale chyba najpopularniejszy jest bardzo dobry – legalny i darmowy! – *Oscilloscope 2.51*. Można go pobrać z Internetu np. ze strony:

<http://www.softpedia.com/progDownload/Oscilloscope-Download-110132.html>

Ten sam program znaleźć można także na innych stronach z darmowymi programami. Wystarczy wpisać w wyszukiwarce nazwę programu.

Obsługa jest bardzo prosta. Do włączania i zatrzymywania obrazu służą przyciski oznaczone symbolami „play” i „pause” znanymi ze sprzętu audio-video. Suwaki po prawej stronie obrazu pozwalają regulować skalę w pionie i w poziomie oraz przesunąć wykres wzdłuż obu współrzędnych.

¹ Marcin Braun, Weronika Śliwa, podręczniki do gimnazjum *To jest fizyka*, Wyd. Nowa Era.



Obserwacje jakościowe są dostępne dla każdego ucznia – widać, kiedy wykres staje się gęstszy, a kiedy wyższy. Jeśli chcemy nie tylko obserwować, ale i mierzyć, możemy skorzystać ze współrzędnych punktu (pojawiają się one na dole ekranu), który wskazujemy strzałką myszki. W przypadku powyższego wykresu wskazany punkt ma współrzędne $T = 6,24$ ms i $Y1 = 17,4$ (jednostek umownych).

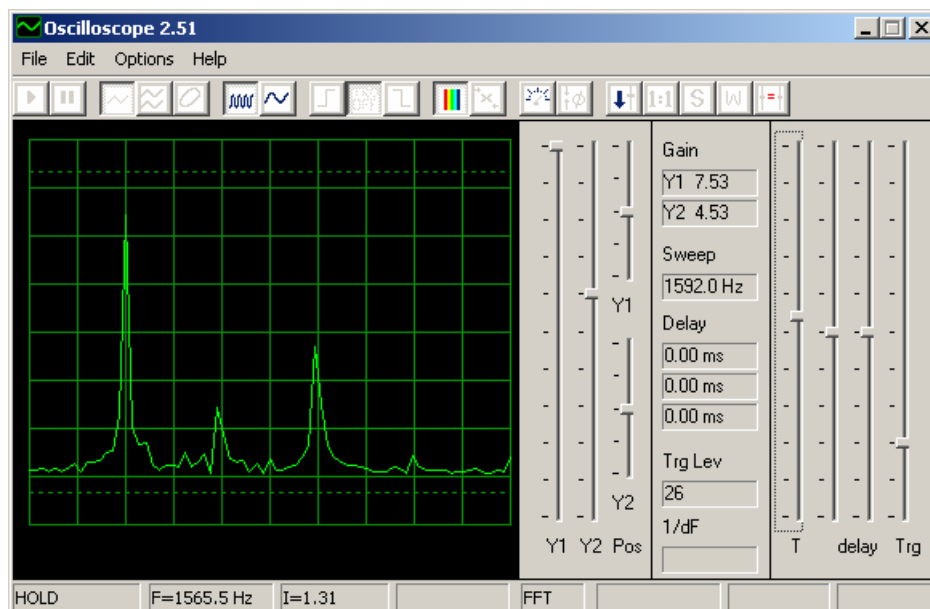
Na wykresie powyżej możemy stwierdzić, że cztery okresy drgań obejmują czas od $t = 3,9$ ms do $t = 16,58$ ms, a więc

$$T = (16,58 \text{ ms} - 3,9 \text{ ms}) : 4 = 3,17 \text{ ms}$$

$$f = 315 \text{ Hz}$$

Zdradzę teraz, że był to dźwięk najcieńszej struny gitary, którego częstotliwość powinna wynosić 330 Hz. Gitara jest więc nastrojona o niecałe pół tonu za nisko.

Poza „zwykłym” wykresem dźwięku, *Oscilloscope* ma jeszcze funkcję analizy widma (przycisk z tęczą). Oto analiza dźwięku, który widzieliśmy wcześniej. Doskonale widać najwyższy pik odpowiadający tonowi podstawowemu. Ponownie można skorzystać z wyświetlających się na dole współrzędnych, aby stwierdzić, że odpowiada on obliczonej wcześniej częstotliwości. Ale widzimy także dwie składowe harmoniczne. Proste policzenie kratek podziałki pozwala zauważyć, że mają one częstotliwość odpowiednio 2 razy i 3 razy wyższą od tonu podstawowego.



Analiza widma to oczywiście dość zaawansowana funkcja. Być może jednak zaciekawi ona nie tylko miłośników fizyki, ale i muzyki – a tych na ogół spotykamy częściej.

Doświadczenia z komputerowym oscyloskopem można wykonywać zarówno na lekcji (zwłaszcza gdy mamy do dyspozycji rzutnik multimedialny), jak i zadawać je do domu, przynajmniej dla chętnych. Gdyby nie modernizacja dachów, można by całkiem dosłownie powiedzieć, że oscyloskopy trafiły pod strzechy.

Kilka uwag technicznych

Aby program dobrze działał, trzeba ustawić w systemie odpowiednią czułość mikrofonu. W systemie Windows XP otwieramy w tym celu:

Ustawienia → Panel Sterowania → Dźwięki i urządzenia audio → Audio i w części okienka podpisanej „Nagrywanie dźwięku” klikamy „Głośność”.

Jeśli nie dysponujemy bardzo szybkim komputerem, podczas używania oscyloskopu dobrze jest zamknąć wszystkie inne programy.

Gdy z menu programu *Oscilloscope* wybierzemy *Options* → *Timing*, będziemy mogli wybrać częstotliwość próbkowania (*Sampling*) oraz częstotliwość odświeżania ekranu (*Refresh*). Druga wielkość ustawiona jest domyślnie na 330 ms, co w zupełności nam wystarczy. Pierwszą warto zwiększyć, jeśli wystarczy do tego mocy obliczeniowej komputera. Aby się o tym przekonać, po prostu zwiększamy tę częstotliwość. Jeśli komputer nie będzie nadążał z próbkowaniem, wyświetli o tym komunikat „TIMEOUT”, a wówczas trzeba wrócić do domyślnych ustawień.



Zadania Turnieju Młodych Fizyków 2010

Andrzej Nadolny
Instytut Fizyki PAN, Warszawa



1. Taśma samoprzylepna

Wyznacz siłę potrzebną do oderwania kawałka taśmy samoprzylepnej od poziomej powierzchni. Zbadaj, jak zależy ona od istotnych parametrów.

2. Schnięcie

Naczynia stołowe, sztućce itp. po umyciu gorącą wodą schną z nierówną szybkością. Zbadaj, jak czas schnięcia zależy od istotnych parametrów.

3. Płomień Bunsena

Umieść płomień, np. palnika Bunsena, między dwiema równoległymi płytami metalowymi, które są naładowane elektrycznie. Zbadaj, jak płomień się porusza.

4. Łamliwe spaghetti

Znajdź warunki, przy których suchy makaron *spaghetti* spadając na twardą podłogę nie ulegnie złamaniu.

5. Samochód

Zbuduj model samochodu napędzanego silnikiem, który wykorzystuje energię zgromadzoną w elastycznym baloniku napełnionym powietrzem. Określ, jak odległość przebywana przez samochodzik zależy od istotnych parametrów i postaraj się uzyskać maksymalną sprawność samochodu.

6. Konwekcja

Gdy pojemnik napełniony cieczą zaczniemy grzać od spodu i chłodzić od góry, będzie w nim zachodził transport ciepła. Jaką modyfikację zjawiska spowoduje ruch obrotowy pojemnika wokół swojej pionowej osi?

7. Bębenek z kubeczka

Plastikowy kubeczek trzymamy do góry dnem i uderzamy palcami w jego denko. Zbadaj wytwarzany dźwięk w sytuacji, gdy otwarty koniec kubeczka znajduje się nad powierzchnią wody, na samej powierzchni lub też pod nią.

8. Wzmacniacz domino

Dobrze znane jest zjawisko przewracania się kolejnych klocków domina ustawionych w rzędzie po przewróceniu pierwszego. Zbadaj, jak zachodzi transfer energii w przypadku, gdy kolejne klocki „domina” są stopniowo coraz wyższe i określ ograniczenia co do wysokości klocków.

9. Uciekający proszek

Gdy gorący drut zanurzymy w zlewce z wodą, na której powierzchni pływa proszek, np. likopodium, proszek ten zaczyna się szybko poruszać. Zbadaj parametry, które wpływają na szybkość poruszania się drobin proszku.

10. Kopczyki Faradaya

Zbadaj zjawisko, które można zaobserwować w naczyniu wypełnionym małymi kulkami (np. ziarnkami gorczycy) podczas pionowych wibracji o częstotliwości w zakresie 1–10 Hz, a które w języku angielskim nosi nazwę *Faraday heaping*.

11. Odciski palców

Napełnij szklankę wodą i trzymaj ją w palcach. Spoglądając z góry na wewnętrzną ściankę szklanki będzie jako jedyną rzecz widać jasny i wyraźny obraz palców z liniami papilarnymi.

12. Lewitujący bączek

Istnieje zabawka (np. „Levitron”), w której wirujący magnetyczny bączek lewituje nad płytką zawierającą magnesy. W jakich warunkach może wystąpić to zjawisko?

13. Żarówka

Jaki jest stosunek emitowanej przez małą żarówkę energii cieplnej do energii emitowanego przez nią światła w zależności od napięcia zasilającego żarówkę?

14. Poruszający się walec

Połóż kartkę papieru na poziomym stole i umieść na niej przedmiot w kształcie walca (np. ołówek). Wyciągnij papier i zbadaj ruch walca aż do jego zatrzymania.

15. Powolne opadanie

Zaprojektuj i wykonaj urządzenie z kartki papieru formatu A4 o gramaturze 80 g/m², które by jak najdłużej spadało z wysokości 2,5 m. Dopuszczalne jest użycie niewielkiej ilości kleju. Zbadaj wpływ istotnych parametrów.

16. Strumień dymu

Otwór szklanego słoika nakryto celofanem (można też użyć cienkiej folii do żywności). Ciasno zwiniętą rurkę papierową o długości 4–5 cm umieszczono szczelnie w celofanowym wieczku, orientując ją poziomo. Gdy zapali się zewnętrzny koniec rurki, gęsty dym wpływa do środka. Zbadaj to zjawisko.

17. Wikingowie

Według legendy Wikingowie potrafili żeglować przez ocean nawet przy pochmurnej pogodzie, posługując się kryształami turmalinu. Zbadaj, jak możliwa jest nawigacja z wykorzystaniem materiału polaryzacyjnego. Jaka jest dokładność tej metody?



Turniej Młodych Fizyków 2010

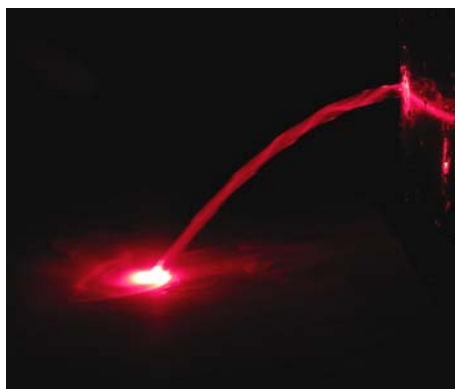
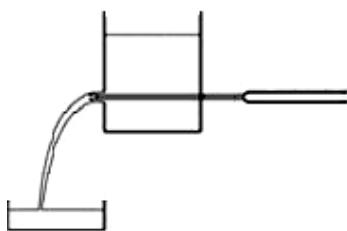
Autorzy rozwiązania – drużyna III LO im. Unii Lubelskiej w Lublinie:

Aleksandra Tchórzewska, Radosław Bartnik, Paweł Karpiński, Łukasz Wawrzyszko, Adam Rosłowicz, Radosław Józwik, Mateusz Padarewski, Emilia Węgrzyn, Krzysztof Wiertel, Magdalena Pisarczyk, Joanna Lipnicka, Michał Kufel, Jarosław Żółkiewski.

Opieka naukowa: *dr Regina Zawisza-Winiarczyk.*

Zadanie Ciekły światłowód

Strumień wypływający z przezroczystego naczynia wypełnionego cieczą (np. wodą) jest oświetlony od wnętrza naczynia (patrz rysunek). W jakich warunkach strumień działa jak światłowód?



Zdj. 1. Uzyskany światłowód

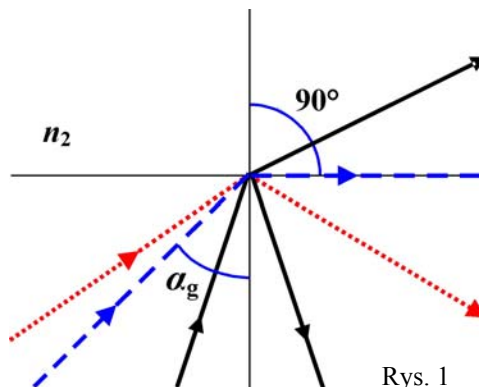
1. Teoria

Aby strumień wyciekającej z naczynia wody zachował się jak światłowód, wiązka promieni musi zostać „uwięziona” w wodzie – tak jak jest to przedstawione na zdjęciu obok.

Zjawisko, dzięki któremu obserwujemy światłowody powstałe w wodzie, to **całkowite odbicie wewnętrzne**. Występuje ono wtedy, gdy światło biegnie z ośrodka optycznie gęstszego (czyli o większym współczynniku załamania) do optycznie rzadszego (np. z wody do powietrza) (rys. 1). W tym przypadku, zgodnie z prawem załamania, kąt załamania β jest większy od kąta padania α , gdyż prędkość światła w wodzie V_1 jest mniejsza od jego prędkości w powietrzu V_2 .

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2}$$

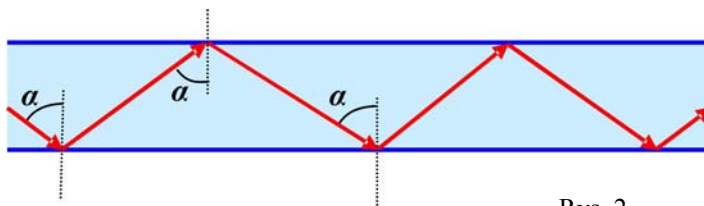
Oprócz promienia załamanego obserwujemy też promień odbity. Zwiększając kąt padania dochodzimy w pewnym momencie do stanu, gdy kąt załamania staje się kątem prostym: $\beta = 90^\circ$. Wówczas promień załamany „ślizga się” po powierzchni granicznej (rys. 1, promień narysowany linią przerywaną). Kąt padania α_g , dla którego kąt załamania jest prosty, nazywa się **kątem granicznym**. Dalsze zwiększanie kąta padania powoduje pełne odbicie od powierzchni granicznej, zgodnie z prawami odbicia (rys. 1, promień narysowany linią kropkowaną). Mówimy, że promień ulega *całkowitemu odbiciu wewnętrznemu*.



Rys. 1

Kąt graniczny można bardzo łatwo obliczyć z prawa załamania:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{gdzie } n_1 > n_2$$



Rys. 2

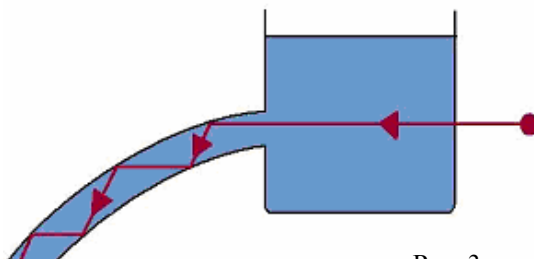
Wiedząc, że:

- n_1 to współczynnik załamania wody, wynoszący 1,33,
- n_2 to współczynnik załamania powietrza, wynoszący 1,0003,
- α_g to kąt graniczny,
- β to kąt, pod jakim promień pada na granicę ośrodków

i przyjmując kąt $\beta = 90^\circ$ otrzymujemy równanie, z którego wyliczamy α_g – kąt graniczny:

$$\sin \alpha_g = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \alpha_g = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

Po podstawieniu wartości do równania otrzymujemy wynik $\alpha_g = 48,8^\circ$.



Rys. 3

Zatem aby uzyskać światłowód, kąt padania promienia lasera na granicę ośrodków woda–powietrze musi być za każdym razem większy od kąta granicznego. W prostym strumieniu wody (w kształcie walca) wystarczy skierować promień lasera na granicę ośrodków pod kątem większym od kąta $48,8^\circ$. Ulegnie on kolejnym odbiciom, pozostając uwięzionym w wodzie (rys. 2). Dzieje się tak, gdyż kąt padania promienia na równoległe płaszczyzny granicy ośrodków jest jednakowy i równy początkowemu kątowi padania.

Jednak w przypadku strumienia wypływającego z boku naczynia, sytuacja wygląda nieco inaczej, gdyż strumień wody ma kształt paraboli. Udowodnijmy więc, że promień, który raz wszedł w wypływający strumień pod kątem większym od kąta granicznego, już z niego nie wyjdzie na całym obszarze ciągłego strumienia (rys. 3). Strumień wypływający z naczynia wody można rozpatrywać przez analogię do rzutu poziomego ciała, którego torem jest parabola.

Na rysunku 4 widać, że w trójkącie ABC

$$\beta > 90^\circ$$

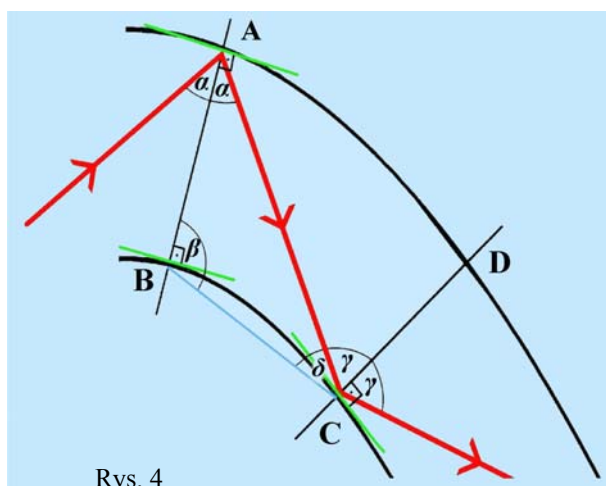
oraz w trójkącie ACD

$$\delta > 90^\circ - \alpha$$

zatem, kąt padania promienia na przeciwną granicę ośrodków

$$\gamma > \alpha$$

co znaczy, że za każdym razem kąt padania promienia lasera na granicę ośrodków jest większy od początkowego, tak więc promień zostanie uwięziony w strumieniu wody.



Rys. 4

2. Przebieg doświadczenia i wyniki

W celu sprawdzenia warunków, w jakich powstaje omawiany światłowód, przeprowadziliśmy szereg doświadczeń.

Do doświadczeń użyliśmy:

- butelek o wysokości 32 cm i pojemności 2 litrów,
- lasera o maksymalnej mocy 3 mW.

Opis doświadczenia:

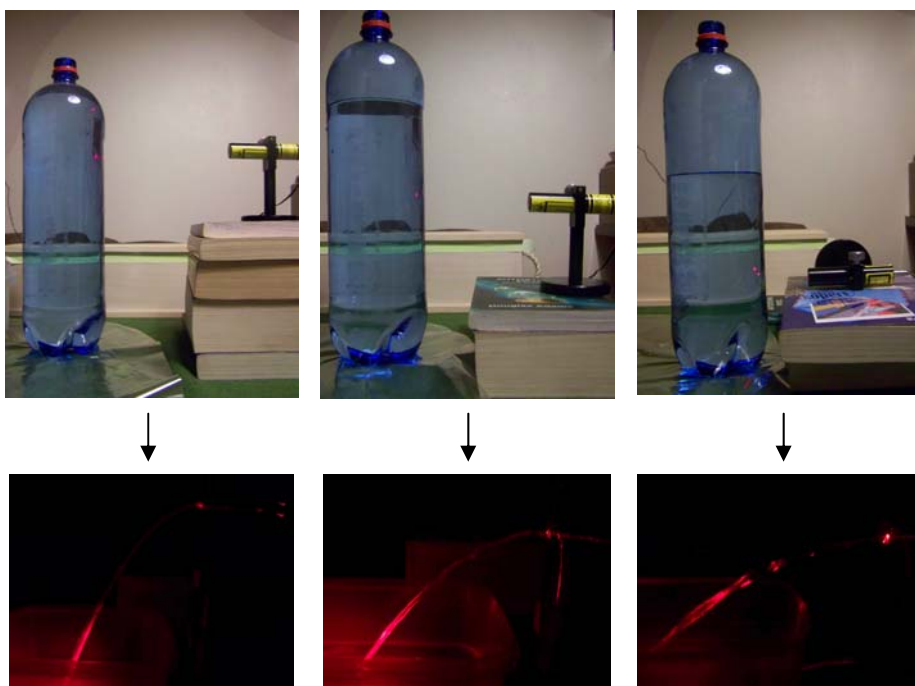
a) Badamy, czy powstanie światłowodu zależy od wysokości, na jakiej znajduje się otwór, przez który wypływa woda

W tym celu posłużyliśmy się butelką o jednakowych otworach na trzech różnych wysokościach: 8 cm, 16 cm i 24 cm mierzonych od podstawy – tak jak jest to przedstawione na zdjęciu nr 2. Kształt strumienia wody zależał od wysokości otworu, gdyż w każdym z przypadków woda wypływała z otworów z inną prędkością, co wpływało na parametry paraboli.



Zdj. 2. Butelka z otworami na różnych wysokościach

Okazuje się jednak, że jeżeli poprowadzimy promień lasera całkowicie poziomo w stosunku do butelki, to w każdym przypadku otrzymamy światłowód, niezależnie od kształtu strumienia. Jest to przedstawione na poniższych zdjęciach.



Zdj. 3. Poziomo, $h = 24\text{cm}$

Zdj. 4. Poziomo, $h = 16\text{cm}$

Zdj. 5. Poziomo, $h = 8\text{cm}$

b) Badamy, czy powstawanie światłowodu zależy od kąta wpadania wiązki światła do otworu w butelce

W tym celu zmienialiśmy sposób oświetlenia strumienia w trzech przypadkach, pozostawiając laser na jednakowej wysokości, zmieniając jedynie kąt jego nachylenia.



Zdj. 6. Wysokość 24 cm

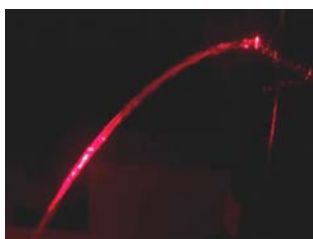


Zdj. 7. Wysokość 16 cm



Zdj. 8. Wysokość 8 cm

Na zdjęciach nr 6, 7 i 8 przedstawiono kąty, pod jakimi należy oświetlić butelkę, aby powstał światłowód. Na wysokości 24 cm kąt ustawienia lasera wynosi 29° . Gdy otwór znajduje się w odległości 16 cm od podłoża, kąt ten będzie wynosić 16° , a na wysokości 8 cm – 3° .



Zdj. 9. Wysokość 24 cm



Zdj. 10. Wysokość 16 cm



Zdj. 11. Wysokość 8 cm

Wysokość, na jakiej umieszczono otwory, wpływa na kształt zakrzywienia strumienia, a co za tym idzie na kąt, pod jakim powinien padać promień.

c) Badamy, jak wielkość otworu wpływa na powstawanie światłowodu

Do zbadania tej zależności użyliśmy butelek z otworami o różnej wielkości średnicy (jedno-, trzy- i pięciomilimetrowej).



Zdj. 12. Średnica 3 mm



Zdj. 13. Średnica 1 mm



Zdj. 14. Średnica 5 mm

Kąt padania promieni lasera na zdjęciu 12 wynosi $16,5^\circ$, na zdjęciu 13 – 17° , a na zdjęciu 14 – $16,8^\circ$.



Zdj. 15. Średnica 3 mm



Zdj. 16. Średnica 1 mm



Zdj. 17. Średnica 5 mm

Jak wynika ze zdjęć światłowód można otrzymać w każdym z przypadków. Kąty, pod jakimi ustawiony jest laser na zdjęciach, różnią się bardzo niewiele i może to wynikać z niedokładności pomiaru. Jednak pewne jest, że im większa średnica, tym bardziej widoczny jest powstający światłowód.

d) Badamy, czy istnieje taki kąt padania wiązki światła, dla którego światłowód nie powstaje

Do tej pory badaliśmy sytuacje, kiedy światłowód powstaje. Teraz zajmiemy się takim ustawieniem lasera, aby tworzył z podłożem najmniejszy kąt, pod którym światłowód nie powstanie w strumieniu.



Zdj. 18.



Zdj. 19.

Dla kąta ustawienia lasera równego 45° nie zauważyliśmy całkowitego odbicia wewnętrznego (rys. 18), a zatem nie utworzył się światłowód.

3. Analiza

Opierając się na przeprowadzonych doświadczeniach, możemy stwierdzić, iż powstanie światłowodu w strumieniu wypływającej wody zależy przede wszystkim od kąta, pod jakim ustawimy laser. Jeśli początkowy kąt padania promienia lasera na granicę ośrodków woda–powietrze jest większy od kąta granicznego, to w strumieniu wody powstanie światłowód. Natomiast wysokość otworu, od którego zależy kształt światłowodu, oraz jego wielkość nie ma znaczenia, jeśli dobrze dobierzemy kąt ustawienia lasera.

4. Źródła

- [1] http://supermozg.gazeta.pl/supermozg/1,91629,5988989,Dlaczego_domek_topika_jest_srebrny_.html
- [2] http://supermozg.gazeta.pl/supermozg/1,91629,6016349,Wlokna_optyczne_w_co_dziennym_zyciu.html
- [3] http://pl.wikipedia.org/wiki/Współczynnik_załamania
- [4] http://pl.wikipedia.org/wiki/Kąt_graniczny

Od Redakcji:

Artykuł z kolorowymi ilustracjami znajduje się na stronie internetowej *Fotonu*.



Zajęcia z fizyki na wycieczce szkolnej

Grzegorz Paweł Korbaś

Nauczyciel Publicznego LO nr II w Opolu

Wstęp

Wycieczki szkolne mają różne cele i sposób organizacji. Bez względu na to czy mają charakter ściśle dydaktyczny, czy też turystyczno-krajoznawczy, czy są jedno-, czy wielodniowe – zwykle są postrzegane przez uczniów jako coś ciekawego, innego niż szkolna codzienność. Daje to nauczycielowi duże możliwości oddziaływania na uczniów, co umożliwia z kolei zaliczenie wycieczek do najbardziej wartościowych form pracy dydaktyczno-wychowawczej [1].

Naturalnie, każda wycieczka szkolna ma ustalony plan zgodny z jej celami. W niniejszym artykule ukazane są możliwości związane z wycieczkami kilkudniowymi. Autor – będąc opiekunem uczniów Publicznego Liceum Ogólnokształcącego nr II w Opolu – kilkakrotnie prowadził na wycieczkach szkolnych zajęcia z fizyki: zarówno w sytuacjach zaplanowanych jak i „z zaskoczenia”. Uzyskane wówczas doświadczenia zostały przedstawione w dalszej części artykułu i mogą stanowić wartościowe źródło inspiracji w pracy każdego fizyka, który będzie sprawował opiekę nad młodzieżą na wycieczce szkolnej.

Fizyka na wycieczce

Zajęcia z fizyki na wycieczce szkolnej muszą przede wszystkim współgrać z celami i planem wycieczki. Zazwyczaj zajęcia tego typu będą zapisywane formalnie do planu wycieczki jeszcze przed jej rozpoczęciem. Zdarza się jednak, że plan ulega zmianie i kierownik wycieczki lub opiekun grupy dysponuje dodatkowym czasem, który należy właściwie zagospodarować. W takiej sytuacji nauczyciel fizyki może zaproponować zajęcia, które z jednej strony będą ciekawym doświadczeniem dla uczniów, a z drugiej zapewnią celowe i efektywne wykorzystanie czasu. Oczywiście, każde tego typu zajęcia muszą być zaplanowane. Poniższe przykłady przedstawiają sprawdzony schemat postępowania, który pozwala na przygotowanie zajęć w czasie nieprzekraczającym piętnastu minut.

Na większości wycieczek szkolnych uczniowie nie dysponują podręcznikami lub notatkami z fizyki. Zajęcia z fizyki, które odbywają się w ramach wycieczki, nie powinny mieć jednak charakteru teoretycznego, podręcznikowego lub wykładowego. To musi być forma dynamiczna, związana z otoczeniem, w którym młodzież się znajduje – najlepiej taka, która umożliwiłaby dobrą zabawę w grupie – taki bowiem charakter ma zwykle wycieczka jako całość. Zajęcia powinny być z jednej strony ciekawym urozmaiceniem, a z drugiej – moż-

liwością zaciekawienia fizyką; zarówno zabawą jak i sposobem na poznanie czegoś nowego i wartościowego. Równocześnie warto dać uczniom możliwość zdobycia dodatkowych, pozytywnych ocen lub plusów, które podwyższą oceny z fizyki.

Problemowe zajęcia doświadczalne, których przykład podano niżej, spełniają opisane kryteria. Zwykle są one pozytywnie odbierane przez młodzież, dają możliwość wykonywania samodzielnych pomiarów, wymagają współpracy w grupie, wpisują się w środowisko, w którym odbywa się wycieczka. Ideowo są to zajęcia zbliżone do doświadczalnych projektów uczniowskich opisanych w [2], jednak ich trudność jest (i powinna być) znacznie mniejsza, podobnie jak zakres pomiarów i sprawozdania. Mimo to zajęcia tego typu mogą charakteryzować się wszystkimi elementami związanymi z metodami problemowymi [3]. Nauczyciel musi przede wszystkim dobrze rozejrzeć się po ośrodku wypoczynkowym i zorientować, jakie ma możliwości lokalowe i sprzętowe i zaobserwować aktualny stan pogody – dopiero wówczas można je w pełni zaplanować, choć oczywiście ich zarys może istnieć wcześniej. Kluczem jest bowiem takie wymyślenie zagadnień problemowych, żeby uczniowie potrafili je rozwiązać w rozsądnym czasie w takich warunkach, w jakich się znajdują.

Wybrane przykłady fizyki na wycieczce

Pod koniec września 2008 r. (w ciągu 4 dni) autor był opiekunem na obozie integracyjnym klas pierwszych w Głuchołazach. Pełniąc funkcję wychowawcy klasy 1A (mat.-fiz.) miał do dyspozycji w sumie kilka godzin czasu, które należało zaplanować, w celu lepszego poznania i integracji klasy. Większość tych godzin została wykorzystana na zabawy integracyjne, spacer i wieczory artystyczne, ale jeszcze przed wycieczką młodzież została poinformowana, że pojawi się akcent związany z fizyką (niektórzy uczniowie wzięli nawet książki). Trzeci dzień wycieczki był dosyć pochmurny (lekko padało) i przed południem nadarzyła się okazja, aby zrealizować zajęcia z fizyki – trwało to niecałą godzinę.

Przebieg tych zajęć można wypunktować:

- Klasa zostaje zebrana i dzieli się na pięć grup (maksymalnie 6-osobowych);
- Każda grupa otrzymuje zadanie problemowe, które powinna rozwiązać na bazie samodzielnie obmyślanych i przeprowadzonych pomiarów – czas ok. 1 godziny. Ponadto otrzymują informację:
 - a) Rozwiązanie powinno mieć formę krótkiego sprawozdania pisemnego, które zawiera: pomiary, obliczenia i wnioski – sprawozdanie należy oddać przed końcem wycieczki;
 - b) Wszyscy mogą otrzymać plusy, ale tylko najlepsze sprawozdania będą docenione bardziej (był więc element rywalizacji);
 - c) Nauczyciel jest jak encyklopedia, można go pytać o poprawność wzorów lub rozumowania, ale nie rozwiązuje problemów;

- Grupy rozchodzą się i rozpoczynają wykonywanie pomiarów, a nauczyciel „krąży” od grupy do grupy analizując postępy i będąc do dyspozycji uczniów;
- Po niecałej godzinie wszyscy mają zakończone pomiary, z których można otrzymać przybliżoną odpowiedź na postawiony problem;
- Wszystkie sprawozdania zostają oddane jeszcze tego samego dnia.

Na pięć grup zostały rozdzielone trzy zadania:

1. *Jakie przyspieszenie grawitacyjne panuje na terenie ośrodka?*
2. *Na którą piłkę – „do nogi” czy „do kosza” – działają większe siły oporu (tarcie, opór powietrza) podczas toczenia?*
3. *Jaka jest wysokość sąsiedniego budynku?*

Uczniowie wykazali się dużą pomysłowością. Pierwsze zadanie rozwiązali rzucając różne przedmioty ze znanej wysokości i mierząc czas spadku za pomocą stoperów w telefonach komórkowych. Znaną wysokość stanowił w jednej grupie wzrost jednego z uczniów, a w innej wysokość pokoju odmierzona kartką w kratkę. Drugie zadanie wynikało z tego, że sprzęt sportowy był szeroko dostępny – młodzież analizowała wielokrotnie, która piłka toczy się dalej zjeżdżając z równi pochyłej. Do rozwiązania zadania trzeciego wystarczył kawałek kija o znanej długości, odpowiedni sposób obserwacji i twierdzenie Talesa.

Nauczyciel prosił również każdą grupę, o podkreślenie w sprawozdaniu nazwisk osób, które pracowały najintensywniej; uczniowie jednak wskazywali całą grupę. Choć sprawozdania były różnej jakości, to jednak wszyscy doszli do rozsądnych wniosków. Uczniowie, którzy stworzyli dwa najlepsze sprawozdania otrzymali odpowiednio po trzy lub dwa plusy – wszyscy pozostali otrzymali po jednym plusie. W systemie oceniania ustalonym pomiędzy klasą i nauczycielem, każdy plus miał sporą wartość. Wyniki zostały jednak ogłoszone dopiero po powrocie do szkoły – po kilku dniach. Rzuciło się w oczy, że to podsumowanie i ocena odbyła się zbyt późno i nie przyniosła właściwych korzyści dydaktycznych.

W czerwcu 2009 r. (w ciągu 4 dni) autor był w Borowicach k. Jeleniej Góry jako kierownik wycieczki klasy 1 A. Byli to ci sami uczniowie, co na początku roku szkolnego. Zajęcia z fizyki nie były więc dla nich zaskoczeniem i znali zasady pracy. Zajęcia miały podobną formę, ale podczas obiadu (przed zajęciami) pojawił się deser w postaci batoników czekoladowych, więc nauczyciel poprosił o zachowanie papierków z tych batoników i do problemów zostało dodane (dla chętnych) zadanie teoretyczne: *Ile wafli „Grzešków” trzeba zjeść, aby mieć energię na wejście na Śnieżkę z naszego ośrodka zakładając, że potrzebne jest tylko tyle energii, aby odpowiednio zwiększyć energię potencjalną? Czy wynik związany z takim założeniem ma sens? Zadanie było o tyle zasadne,*

że dzień wcześniej klasa weszła na Śnieżkę. Jednak uczniowie raczej nie mieli ochoty na zadania teoretyczne – oddały je tylko dwie z pięciu grup.

Ponieważ pogoda podczas tej wycieczki była bardzo dobra, a wieczory ciekawe, uczniowie oddawali sprawozdania dopiero przed wyjazdem lub w drodze powrotnej (kilkugodzinna podróż pociągiem). Również w pociągu zostali poinformowani o wynikach oceny ich pracy, a pojawiające się problemy zostały też przedyskutowane w grupach w miłej, podróżnej atmosferze.

We wrześniu 2010 r. (w ciągu 5 dni) autor pełnił funkcję opiekuna na wycieczce klasy 3E (mat.-inf.) w DarłóWKu. Ponieważ kierownik wycieczki (również fizyk) zaplanował czas wycieczki bardzo efektywnie i ciekawie – głównie w wymiarze rekreacyjno-sportowym i wychowawczym, to zajęcia z fizyki nie były pierwotnie planowane. Jednak trzeciego dnia wycieczki okazało się, że planowany, poobiedni pobyt na plaży będzie problemem, gdyż w nocy padał deszcz i tradycyjne plażowanie stało się niemożliwe. W tej sytuacji autor zaproponował kierownikowi wycieczki przeprowadzenie na plaży zajęć z fizyki, na co otrzymał zgodę. Przed obiadem autor udał się na plażę i na podstawie obserwacji dokonał sformułowania problemów badawczych. Tuż po obiedzie młodzież została zgromadzona i poinformowana o zajęciach z fizyki, co przyjęła początkowo z zaskoczeniem, a nawet niechęcią. Nastroje zmieniły się po podzieleniu klasy na grupy i rozdaniu zadań:

Ponieważ jesteście na wycieczce w DarłóWKu otrzymaliśmy tajne zlecenie wykonania badań naukowych. Projekt nazywa się „poszukiwanie źródeł energii w okolicy DarłóWka”. W związku z tym podejmiemy się w grupach 4–6 osób następujących zadań:

- 1. Rozważa się postawienie elektrowni wiatrowej w rejonie plaży, ale brak danych na temat szybkości wiatru. Grupa ma za zadanie oszacować maksymalną szybkość wiatru.*
- 2. Rozważany jest testowy montaż pewnego urządzenia, które unosi się na falach i potrafi odzyskiwać (w postaci elektrycznej) 40% energii potencjalnej związanej ze swoim ruchem w dół. Urządzenie ma masę 1000 kg. Oszacuj, jaką moc prądu elektrycznego wytwarzałoby urządzenie.*
- 3. Na plaży stoi platforma. Rozważa się w przyszłym roku zorganizowanie skoków z tej platformy. Ludzie skakaliby na specjalną elastyczną konstrukcję, która mogłaby odzyskiwać 20% energii dostarczanej przez spadającego człowieka i gromadzić ją do późniejszego wykorzystania. Szacuje się, że dziennie może skoczyć nawet 500 osób. Jaką energię można w ten sposób zgromadzić w ciągu dnia?*

Do wyjścia na plażę pozostało około godziny i uczniowie musieli w tym czasie zastanowić się, co wziąć ze sobą, aby realizacja zadania była możliwa (plaża i to, co się na niej znajduje było uczniom znane z wcześniejszych obserwacji).



Darłówko, wrzesień 2010, analiza warunków na plaży w celu wyznaczenia szybkości wiatru

Łatwo zauważyć, że problem trzeci jest stosunkowo prosty i wystarczyło wyznaczyć wysokość platformy – uczniowie byli w stanie wykonać to na dwa sposoby. Z jednej strony wykorzystali cień, znaną wysokość jednego z uczniów i twierdzenie Talesa, z drugiej – policzyli liczbę stopni prowadzących na szczyt platformy i policzyli jej wysokość po zmierzeniu wysokości jednego stopnia. W problemie drugim należy wyznaczyć wysokość fal, co spowodowało spore problemy (u każdej z dwu grup, które to zadanie otrzymały). Zastanawiano się nad wbieganiem w fale i wbijaniem tam kija, analizowano, jak daleko na plażę wbiega i cofa się woda, itp. Ostatecznie kilka podpowiedzi nauczyciela spowodowało, że jeden z uczniów (o znanym wzroście) stanął przy brzegu, a reszta z dość dużej odległości porównywała jego wysokość z wysokością fal, co posłużyło do oszacowania. Problem pierwszy również nie był dla uczniów prosty – ostatecznie szacowanie odbyło się na podstawie kilku założeń, upuszczaniu paczki chusteczek higienicznych ze znanej wysokości i pomiarze miejsca ich upadku.

Jak widać, w opisanej sytuacji były dopuszczane rozwiązania bardzo niedokładne, które dodatkowo były niekiedy sugerowane. Chodziło przecież o to, aby zachęcić uczniów do myślenia, dyskusji, formułowania pomysłów, żeby każda grupa wykonała pomiary i ostatecznie, żeby każdy dostał plusa (nie było osób o lekceważącym stosunku do zajęć). Nauczyciel był nie tylko dla uczniów encyklopedią, ale również partnerem do swobodnej dyskusji i przyjacielem, który chce im pomóc rozwiązać problem.

Wszystkie sprawozdania zostały oddane w pierwszym etapie podróży powrotnej. Ponieważ powrót odbywał się pociągiem z przesiadką, to wyniki zostały ogłoszone na dworcu, podczas oczekiwania na przesiadkę – stanowiło to dodatkową atrakcję.

Uwagi dotyczące formy zajęć

Doświadczenia autora umożliwiają wskazanie najistotniejszych elementów w ramach proponowanych zajęć fizyki na wycieczce.

Oдноśnie zadania i pracy uczniów:

- uczniowie pracują w grupach nad problemami, które można rozwiązać pomiarowo;
- nie jest wskazane dodawanie osobnych zadań teoretycznych (niezwiązanych z pomiarami);
- obowiązkowe jest oddanie prostego sprawozdania pisemnego jeszcze w czasie wycieczki;
- czas obmyślenia i wykonania pomiarów nie powinien przekraczać 1,5 godziny;
- każdy (z wyjątkiem osób lekceważących zadanie) ma szansę otrzymać plusy, a grupy, które napiszą najlepsze sprawozdania dostają ich odpowiednio więcej;
- próba wskazania „najbardziej zasłużonego” dla grupy przez osoby w grupie może nie zdać egzaminu;
- uczniowie mogą pytać nauczyciela o poprawność wzorów lub poprawność rozumowania.

Tymczasem nauczyciel:

- tworzy zagadnienia problemowe w oparciu o sytuację (lokalową, sprzętową, pogodową), jaką zastaje w miejscu, gdzie odbywa się wycieczka; trudność problemów dostosowuje ponadto do zakresu wiedzy i możliwości intelektualnych uczniów, nad którymi sprawuje opiekę;
- jest dla uczniów encyklopedią – rozstrzyga poprawność wzorów i rozumowania, ale nie rozwiązuje problemów;
- „krąży” od grupy do grupy dowiadując się, jakie są postępy, wskazując błędy merytoryczne i (jeśli po dłuższym czasie grupa nie ma pomysłu) udzielając podpowiedzi, wskazując możliwe uproszczenia zagadnienia;
- jest przyjacielem ucznia i dąży do tego, żeby każda grupa rozwiązała problem i wykonała pomiary, a w konsekwencji otrzymała plusy – nie oznacza to, że nauczyciel rozwiązuje problem;
- dba, aby całość zadania nie spoczywała na jednej osobie w grupie (np. uznanej za najlepszą z fizyki); podejmuje odpowiednią dyskusję z wszystkimi, w razie potrzeby pomaga rozdzielić zadania;
- jeśli to możliwe, wystawia ocenę sprawozdania i przeprowadza dyskusję na temat wyników jeszcze w trakcie wycieczki.

Podsumowanie

Przedstawione przykłady pochodzą z trzech wycieczek, w których autor brał udział i podczas których zaproponował zajęcia z fizyki. Ostatecznie zawsze

zajęcia te spotkały się z dobrym przyjęciem uczniów, choć nie od razu. Dużą nagrodą było dla autora stwierdzenie (usłyszane w czasie wycieczki lub po niej), że zajęcia były ciekawe. Równocześnie dało się zauważyć, że wspomniane zajęcia spełniają wiele różnych celów: interesująco zagospodarowują czas, pomagają w integracji i współpracy grupy, zmuszają do logicznego myślenia, pozostawiają wartościowe wspomnienia, umożliwiają wykonywanie i opracowanie samodzielnych pomiarów i wreszcie pokazują uczniom fizykę jako wszechobecną, będącą wyzwaniem intelektualnym, związaną z rzeczywistością i ciekawą.



Darłówko, wrzesień 2010, pomiar długości cienia platformy za pomocą butów

Bibliografia

- [1] Król I., Pieluchowski J., *Nauczyciel i jego warsztat pracy*, eMPI², Poznań 1997.
- [2] Korbaś G.P., *Doświadczalne projekty uczniowskie z fizyki. Modelowe nauczanie*, Opolski Przegląd Edukacyjny, 2008, Nr 3–4 (21–22), s. 51–56.
- [3] Okoń W., *Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej*, Wydawnictwo Akademickie Żak, Warszawa 1998.



Reforma i co dalej...

Waldemar Reńda

*Nauczyciel fizyki, długoletni doradca metodyczny,
obecnie rzeczoznawca MEN ds. podręczników szkolnych*

Przeglądając egzemplarze FOTON-u sprzed 10 lat, z zainteresowaniem powróciłem do wypowiedzi dotyczących wdrażania reformy programowej. Wówczas wydawały mi się tak oczywiste, że nie wymagały polemiki. Sądziłem więc, że będą uwzględnione. Niestety, tak się nie stało. Świadczy o tym choćby stanowisko uczestników XL Zjazdu Fizyków Polskich¹ czy też zjawisko obniżenia się poziomu wiedzy z fizyki u przyjętych na studia techniczne².

Obecnie pojawił się nowy problem dydaktyczny, a mianowicie realizacja w liceum nowego przedmiotu zwanego PRZYRODĄ. Obawiam się, że nauczyciele nie będą przygotowani do realizacji treści zawartych w programie tego przedmiotu.

Zostawmy jednak na razie ten problem i wróćmy do pierwszego, a więc do „krajobrazu po – reformatorskiej – bitwie”. Historia uczy, że **rewolucje** rzadko dają pozytywne i trwałe zmiany. Natomiast najkorzystniejsze efekty (również – w przyrodzie) uzyskuje się w wyniku **ewolucji**. Sprawdziła się też zasada, że układ najchętniej wraca do stanu o najniższej energii.

Zacznę może od *Odezwy* uczestników XL Zjazdu Fizyków Polskich³. Apelują Oni o ponowne rozpatrzenie programów fizyki dla szkół ponadgimnazjalnych oraz o „...przyjęcie rozwiązań, które umożliwią rozpoznanie talentów i zainteresowań uczniów przed wyborem przedmiotów objętych programem rozszerzonym.”

Z ponownym „przemyśleniem” treści programowych może być kłopot, bo wszystko jest zatwierdzone i podane do realizacji (choć warto jeszcze zastanowić się nad niektórymi tematami przedmiotu zwanego PRZYRODĄ). Pozostają natomiast inne problemy.

W odpowiedzi na wspomnianą *Odezwę* Pani Krystyna Szumilas pisze: „...każdy uczeń wybierze kilka przedmiotów, których będzie uczył się w zakresie rozszerzonym w znacznie większej niż obecnie liczbie godzin. Taka organizacja procesu nauczania pozwoli uczniom w każdym z wybranych przedmiotów

¹ Odezwa uczestników XL Zjazdu Fizyków Polskich w Krakowie do MEN i odpowiedź ministerstwa, FOTON 107/2009, s. 68., a także Z.G.-M. „Kryzys – 16 studentów na I roku fizyki UJ”, FOTON 104/2009, s. 1.

² H. Figiel, J. Niewolski, „Wpływ przygotowania ze szkoły średniej na wyniki egzaminów z fizyki w uczelniach technicznych”, FOTON 99/2007, s. 42.

³ Problemy poruszone w tej *Odezwie* rozwija Maria Baster-Grząślewicz w art. „Spójrzmy prawdzie w oczy, czyli zjazdowe refleksje o nauczaniu fizyki”, FOTON 108/2010, s. 67. (szczególnie polecam rozważania na s. 74).

osiągnąć poziom, który umożliwi ich dostanie się na wybrany kierunek studiów.”

Pomijam ostatnie słowa, które nie muszą okazać się prawdą, a zatrzymam się nad stwierdzeniem dotyczącym „**znacznie większej** liczby godzin” poświęconych na wybrane przedmioty. Mam przed sobą biuletyn MEN, w którym czytamy, że w klasach II i III mat.-fiz. będzie po 3 godziny fizyki realizowanych w systemie zajęć klasowo-lekcyjnym. Czy to jest więcej? – Nie, bo tak przecież było! – A czy to dużo? – Uczeń niemiecki w ostatnich dwóch klasach maturalnych ma po 6 godzin(!) zajęć fizyki realizowanych w kilkusobowych grupach fakultatywnych w doskonale wyposażonych pracowniach⁴. Ktoś może powiedzieć, że Niemcy to najbogatszy kraj Europy, więc mogą sobie na to pozwolić, a nas na to nie stać. Czy zatem Polska ma się porównywać z Albanią lub Bangladeszem? (U nas zamiast doposażać pracownie proponuje się wykonywanie doświadczeń przy pomocy przysłowiowego kamyka i sznurka!)

Uczelnie techniczne narzekają na słabe przygotowanie uczniów z fizyki⁵. Niestety, nierzadko same są sobie winne, rezygnując z uwzględniania punktów z maturalnego egzaminu z fizyki. Lepiej byłoby, gdyby uczeń uzyskał na tym egzaminie minimum punktów, ale przygotowywał się do niego, niż gdyby nie podjął się tego trudu.

Tu jednak pojawia się problem klas sprofilowanych. We wspomnianej *Odezwie* fizycy apelują o „...przyjęcie rozwiązań, które umożliwią rozpoznanie talentów i zainteresowań uczniów **przed** wyborem przedmiotów objętych programem rozszerzonym.”

Jak to zrobić? – H. Figiel i J. Niepolski w swym artykule słusznie wskazują na fakt, iż uczniowie spoza klas o profilu mat.-fiz. nie mają możliwości należytego przygotowania się do matury z fizyki. Szkoły wprawdzie organizują kółka fizyczne i dodatkowe zajęcia z fizyki (często sobotnie), ale potrzebne są tu **rozwiązanie systemowe**. Dodam, że **głównym winowajcą jest system klas sprofilowanych**, do których nabór odbywa się w chwili składania przez uczniów podań do danego liceum. W efekcie część uczniów nie trafia do odpowiadającego im profilu, w wyniku czego są skazani na kłopoty związane z przygotowaniem się do matury z potrzebnego im przedmiotu. W efekcie **szkoła nie realizuje podstawowego celu jakim jest realizowanie potrzeb dydaktycznych swych uczniów!** Dodam, że **system klas sprofilowanych stwarza również poważne komplikacje w wyborze języka obcego**. Bywa bowiem tak,

⁴ Dodam, że tamtejszy uczeń, który wybrał do matury fizykę nie musi mieć np. w ostatnich 2 latach zajęć z języka ojczystego. Wyobrażam sobie oburzenie naszych polonistów, gdyby podobne rozwiązanie zaproponowano w Polsce. Obecnie w gimnazjum i liceum więcej jest (łącznie) godzin języka polskiego niż **wszystkich** przedmiotów przyrodniczych i technicznych razem wziętych i nic z tego nie wynika!

⁵ Por. art. H. Figla, J. Niepolskiego.

że uczeń pragnie wybrać jakiś profil, ale nie ma w nim takiego języka obcego, jakiego chce się uczyć.

Rozwiązaniem, które usuwa te błędy jest system fakultetów, ale na przeszkodzie stoi lenistwo dyrekcji szkół, którym nie chce się układać nieco bardziej skomplikowanego rozkładu zajęć, w wyniku czego **uczniowie stają się niewolnikami systemu**. A przecież to właśnie **w systemie organizacji procesu dydaktycznego tkwią ogromne możliwości poprawy poziomu nauczania**. Dodam, że fakultety to nic nowego. Od dawna tak pracują szkoły niemieckie, a nawet chińskie. Tylko w Polsce nie da się tego zrobić! Dziwne...

A teraz o tym, jak zainteresować uczniów naszym przedmiotem⁶. Jak to robić, jeżeli na lekcjach fizyki nie wykonuje się nawet pokazów, bo brak jest pomocy naukowych, a jeżeli są, to najczęściej są zepsute lub dawno pokryły się kurzem? Nauczyciele twierdzą, że nie mają na to czasu. Jest w tym trochę prawdy, ale obawiam się, że nierzadko nie mają ochoty lub odpowiednich umiejętności, bo albo uczelnie ich do tego nie przygotowały, albo nie mają zdolności eksperymentatorskich. Ponadto **pracownie fizyki (i nie tylko fizyki) są w opłakanym stanie!**

Ministerstwo zapowiadało niedawno akcję przeglądu szkół. Przy okazji wejdźcie Państwo do pracowni fizyki, chemii czy biologii. **Może wreszcie znajdą się pieniądze na ich doposażenie**. Komputerów już mamy dość w pracowniach informatycznych. Teraz kolej na pozostałe pracownie.

Słusznie obawiamy się o stan wiedzy fizycznej naszych uczniów⁷, ale bez pracowni i **bezpośredniego** kontaktu ucznia z doświadczeniami fizycznymi nie wywołamy zainteresowania tym przedmiotem. Dodam, że zainteresowania techniczne pojawiają się **nie po maturze**, ale na przełomie szkoły podstawowej i gimnazjum. A z kształceniem tych zainteresowań nie jest dobrze. Dawniej były *Horyzonty techniki dla dzieci*, *Horyzonty techniki dla dorosłych*, *Młody Technik*, *Delta*, *Modelarz* i jeszcze kilka podobnych pism. Teraz nie ma nic! I jak tu rozbudzać zainteresowania techniką? Gdzie są tacy nauczyciele jak Pan Viscardi z ropczyckiego liceum? Gdzie teraz można znaleźć nauczyciela, który poprowadziłby kółko modelarskie itp.?

O ile się orientuję, to około 20% absolwentów liceów wybiera wyższe szkoły typu technicznego, natomiast maturę z fizyki zdaje zaledwie 6% abiturientów. Wynika stąd, że nawet uczniowie klas mat.-fiz. (stanowią oni ok. 20% populacji) w większości **nie zdają** na maturze fizyki! – Dlaczego? – Warto by było odpowiedzieć na to pytanie... Obawiam się, że po wprowadzeniu obowiązkowej matury z matematyki **będzie jeszcze gorzej**, bo uczniom nie będzie się opłacało przygotowywać dodatkowo z fizyki, jeżeli do przyjęcia na studia wystarczą jedynie punkty za matematykę.

⁶ Na ten postulat pani K. Szumilas nie odpowiedziała.

⁷ Por art. H. Figła, J. Niepolskiego.

W swej *Odezwie* fizycy piszą o wyszukiwaniu talentów. To stary i często omawiany problem⁸. Ja dodam tu jednak łyżkę dziegciu. Często – niestety – jest tak, że nauczyciele, zajmując się kilkoma uczniami uzdolnionymi (bo za to są nagrody, wyróżnienia i stopnie specjalizacji), lekceważą zupełnie pracę z pozostałymi uczniami.

Gdy mowa o osiągnięciach dydaktycznych, to należy się mocno dziwić, że nadal szkoły ocenia się głównie poprzez wyniki olimpiad, a nie np. wyniki nauczania, wyniki egzaminów końcowych oraz matur.

Przy okazji powiem, że w systemie oceniania szkół i uczniów⁹ też tkwią ogromne rezerwy dydaktyczne. Myślę tu np. o wyższości systemu punktowego nad „ocenowym”. Weźmy taki przykład: Z testu można otrzymać 40 punktów, przy czym za 30 punktów jest jeszcze ocena „dobry”, a za 31 punktów – już „bardzo dobry”, a przecież wyniki różnią się zaledwie o 1 punkt! To nonsens! (Dla wyjaśnienia podam, że obecnie nie wolno stawiać znaków plus i minus!) System punktowy rozwiązałby również problem stosowania przez uczniów „uników”. Uczeń bowiem kombinuje tak: „nie przychodzę na klasówkę, bo mam już piątkę, więc po co mam się narażać na obniżenie oceny?”. W przypadku systemu punktowego taki unik oznaczałby brak punktów, co rzutowałoby na ocenę końcową. Wiem, że system ten pociągałby za sobą konieczność ustalania kwot punktowych za poszczególne wypowiedzi i prace uczniów, co jest kłopotliwe, ale korzyści byłyby ogromne! Niestety, wygrywa lenistwo, czyli stan o najniższej energii...

A teraz o przygotowaniu nauczycieli do zawodu¹⁰. Niestety, obecnie uczelnie nie przykładają wagi do kształcenia umiejętności potrzebnych przyszłym nauczycielom, i to zarówno w zakresie przedmiotu kierunkowego, jak i przedmiotach ogólnopedagogicznych. Między innymi **brak jest** np. u nauczycieli **umiejętności wykonywania doświadczeń**, jak i radzenia sobie z uczniem trudnym. Zastanawiające jest też, że ostatnia metodyka nauczania fizyki ukazała się jeszcze w 1973 r. Może jest to wynik postmodernistycznego patrzenia na dydaktykę, a może znów lenistwo... Z przykrością muszę też stwierdzić, że nastąpił uwiąd zorganizowanych form doradztwa metodycznego. Wszystko to nie wróży, że w najbliższym czasie nastąpi poprawa poziomu nauczania¹¹ – szczególnie w zakresie nauk przyrodniczych, a szkoda, bo inżynierowie są nam bardzo potrzebni.

⁸ Por. Z.G.-M. „Orły specjalnej troski”, FOTON 97/2007, s. 1. oraz Z.G.-M. „O PR fizyki”, FOTON 103/2008, s. 1. a także Z.G.-M. „Oby reforma w szkolnictwie wyższym sprzyjała naprawie nauczania w szkołach”, FOTON 109/2010, s. 1.

⁹ Ocena szkół według tak zwanej *wartości dodanej* jest słuszna, ale nie może być jedyną formą tej oceny.

¹⁰ Pod tym względem nieco lepiej jest w uczelniach typu pedagogicznego. W pozostałych jest fatalnie!

¹¹ Korzystnym rozwiązaniem byłby łączenie gimnazjów z liceami, ale to temat na osobny list.



Nagrody PTF za rok 2010 dla nauczycieli fizyki

Medal i nagroda im. Grzegorza Białkowskiego dla wyróżniających się nauczycieli:

- **mgr Mirosław Trociuk** – nauczyciel w Zespole Szkół Zawodowych nr 1 i w II Liceum Ogólnokształcącym we Włodawie, za wszechstronne działania na rzecz podnoszenia poziomu nauczania fizyki i wybitne osiągnięcia w pracy z młodzieżą.



Nagroda PTF II stopnia dla wyróżniających się nauczycieli *ex aequo*:

- **mgr Stanisław Lipiński** – nauczyciel XIV LO im. Stanisława Staszica w Warszawie, za wieloletnie sukcesy w pracy z uzdolnioną młodzieżą.
- **mgr Grzegorz Sęk** – nauczyciel fizyki i astronomii z Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach, w uznaniu zasług w krzewieniu wiedzy astronomicznej wśród młodzieży.

Wyróżnienie dla wyróżniających się nauczycieli:

- **mgr Tomasz Skowron** – nauczyciel w XIII Liceum Ogólnokształcącym w Szczecinie, za osiągnięcia w pracy z uzdolnioną młodzieżą.



XVII Międzynarodowa Konferencja Młodych Naukowców w Indonezji

*Urszula Woźnikowska-Bezak
Pałac Młodzieży w Katowicach*

Grupa Twórcza Quark pracowni Pałacu Młodzieży w Katowicach pod opieką fizyka Urszuli Woźnikowskiej-Bezak reprezentowała Polskę podczas XVII Międzynarodowej Konferencji Młodych Naukowców (17th International Conference of Young Scientists), która odbyła się w dniach 12–17 kwietnia 2010 w Indonezji na pięknej wyspie Bali. Konferencja była oczkiem w głowie Ministerstwa Edukacji Indonezji oraz Gubernatora wyspy Bali.



Reprezentacja Polski; od dołu od lewej: mgr Anna Kazura, Dawid Borszowski, Tomasz Kumor, Wioleta Kuczera, Mateusz Górecki; stojący od prawej: mgr Urszula Woźnikowska-Bezak, prof. dr hab. Maciej Kolwas, prof. dr hab. Krystyna Kolwas, Monika Szczyrba, Aleksandra Książek, Bartosz Moczala, Paweł Śmieja, Jakub Polewka, Ilona Grzyb, Mateusz Wąsik; z flagą stoi Jakub Luboiński

Uczestnikom konferencji przyznano medale i wyróżnienia. Laureaci z Polski to:

Kategoria Fizyka

- złoty medal Jakub Polewka – I LO Chorzów, *Kieszon powietrzna*
- wyróżnienie specjalne Tomasz Kumor – VIII LO Katowice, *Fizyka łaźniakowa: błona i bańki mydlane*

Kategoria Ekologia – fizyka środowiska

- srebrny medal Ilona Grzyb – I LO Bolesławiec, *Termomodernizacja – sposób redukcji kosztów ocieplania i efektu cieplarnianego*

Kategoria Fizyka inżynierska

- medal brązowy – Bartosz Moczala i Paweł Śmieja – I LO Wodzisław, *Bezprzewodowe przesyłanie energii elektrycznej*
- wyróżnienie specjalne – Mateusz Górecki – VIII LO Katowice, *Pomiary sił aerodynamicznych profilu lotniczego skrzydła*
- wyróżnienie specjalne – Wioleta Kuczera – LO Rybnik, *Anemometr*¹

Kategoria Ekologia – fizyka środowiska

- brązowy medal – Aleksandra Książek – II LO Dębica – *Żarówkowa (r)ewolucja*

Finalistami zostali:

Kategoria Ekologia – fizyka środowiska

- **Jakub Luboiński** – I LO Wieluń, *Zero emisyjne, technologie węgla – co zrobić z CO₂*
- Monika Szczyrba – VIII LO Katowice, *Zjawisko fotoakustyczne i jego zastosowania w monitoringu środowiska*

Kategoria Fizyka inżynierska

- Dawid Boruszkowski – LO Pawłowice Śląskie, *Czynniki światłowodowe w monitoringu środowiska*
- Mateusz Wąsik – I LO Lubliniec, *Urządzenie do pomiarów cienkich przedmiotów*



Rozdanie medali, na zdjęciu m.in. Jakub Polewka

W czasie konferencji organizatorzy zapewnili nam mnóstwo atrakcji między innymi *Science Quiz*, *Fire Wall*, a na zakończenie tych zmagani była przygoda ze ścieżką z gorących kamieni.

¹ Anemometr – miernik pomiaru szybkości powietrza.

Uroczysta kolacja, na której gościł nas gubernator wyspy Bali była ucztą nie tylko dla ciała, ale także dla ducha. W części artystycznej mogliśmy posłuchać tradycyjnych indonezyjskich zespołów muzycznych. Taniec i muzyka urzekły nas swoją oryginalnością i wielobarwnością. W Indonezyjskiej Szkole Sztuki mogliśmy oglądać prace uczniów szlifujących swój plastyczny talent. Zwiedziliśmy świątynie, m.in. Uluwatu – architektoniczny cud usytuowany na skale nad Oceanem Indyjskim. Na trasie do świątyni pojawiało się wiele małych proszących turystów o jedzenie, potrafili przechwycić luźno wiszące rzeczy, takie jak aparaty, kolczyki i są skłonne je oddać tylko za smakowitą nagrodę. Po wizycie w świątyni na każdego czekał widok zachodzącego słońca.

Organizatorzy zadbali o świetną atmosferę i warunki do zabawy. Jedną z atrakcji było wysłuchanie indonezyjskiego utworu skomponowanego specjalnie na ICYS 2010. W zwiedzaniu buddyjskich świątyń towarzyszyła nam cudowna pogoda, podkreślająca walory dalekiego zakątka świata, w którym polscy reprezentanci mogli się znaleźć dzięki swojej ciężkiej pracy gwarantującej uczestnictwo w konferencji.

Każdy z uczestników otrzymał plecak, koszulki oraz inne gadżety. W konferencji uczestniczyli z Pałacu Młodzieży w Katowicach: Anna Kazura – fizyk, Adam Pucia – informatyk. W pracach jury brała udział prof. dr hab. Krystyna Kolwas z PAN w Warszawie.

Jak co roku w konferencji uczestniczył Prezydent Europejskiego Towarzystwa Fizycznego prof. dr hab. Maciej Kolwas, którego marzeniem jest, aby każdy z polskich uczestników został w przyszłości naukowcem.

Wypowiedzi niektórych uczestników:

Jakub Polewka – *Kieszeń powietrzna*, złoty medal

„Zbadałem efekt zwany kieszenią powietrzną. Zainteresowało mnie, że dmuchając na powierzchnię wody strumieniem powietrza powstaje w niej dołek. Przygotowując projekt, zrobiłem dużo doświadczeń. Wykorzystałem do nich sprzęt laboratoryjny, a także przedmioty codziennego użytku, takie jak suszarka do włosów i lejek kuchenny.

W konkursie nie liczy się tylko ciekawy temat, ale także nasza kreatywność. Zbadałem i opisałem wszystkie znaczące parametry, mające wpływ na ten dołek. Użyłem do swojego doświadczenia wielu rodzajów cieczy, a całość sprawnie opisałem modelem matematycznym. Miałem szczęście, że konkurs ICYS 2010 odbył się w tak egzotycznym miejscu. Dla większości z nas będzie to pierwszy w życiu wyjazd na drugą półkulę”.

Ilona Grzyb – *Termomodernizacja – sposób redukcji kosztów ocieplania i efektu cieplarnianego*, srebrny medal

„Dzięki zaizolowaniu mojego domu rachunki związane z ogrzewaniem odczuwalnie spadły i po kilku latach koszty ocieplania budynku zaczną się zwracać. Uznałam wtedy, że termomodernizacja przynosi nie tylko ekonomiczne

rezultaty, ale także ekologiczne, ponieważ tym samym zapotrzebowanie na energię się zmniejsza. Z moich doświadczeń wynika, że straty ciepła w budynku nie izolowanym są około 3,5 razy większe niż w izolowanym i dotyczy to zarówno systemu ogrzewania jak i chłodzenia.

Ponadto za pomocą obliczeń porównałam straty energii. Dla dobra nas wszystkich, a przede wszystkim przyszłych pokoleń, gdyż dzięki temu chronimy środowisko”.

Mateusz Górecki – *Sztuka latania*, wyróżnienie specjalne

„Obserwując postępy techniczne w lotnictwie postanowiłem skonstruować własny tunel aerodynamiczny i przeprowadziłem własne badania nad fizyką lotu samolotu. Moje badania opierają się na przeprowadzeniu serii pomiarów sił aerodynamicznych profilu lotniczego skrzydła. Skonstruowałem kilka modeli skrzydeł. Z przebadanych skrzydeł wybrałem najdoskonalsze dla mojego modelu latającego. Żeby zoptymalizować lot mojego modelu, zbadałem wszystkie niekorzystne czynniki wpływające na lot i w maksymalnym stopniu je wyeliminowałem”.

Tomasz Kumor – *Fizyka łazienkowa: błona i bańki mydlane*, wyróżnienie specjalne

„Pewnego dnia moja młodsza kuzynka przyjechała do mnie i wzięła ze sobą przyrząd do robienia baniek. Przez cały dzień bawiła się nową zabawką próbując zrobić jak największą bańkę. Postanowiłem jej zaimponować i zrobić naprawdę dużą bańkę. I tak rozpoczęła się moja przygoda z bańkami. Po lekcji elektrostatyki postanowiłem zbadać, co się stanie z bańką, gdy umieścimy nad nią naładowany przedmiot. Na początku zbadałem, jaki wpływ ma wysokość błony ma dystans pomiędzy obręczą i ładunkiem. Następnie sprawdziłem, jaki wpływ na maksymalne wychylenie ma promień obręczy i na końcu zbadałem, jak zmieni się kształt błony wraz ze zmianą położenia ładunku. Badania te sprawiły mi wiele przyjemności i moją wiedzę wykorzystam również na zajęciach PRZEDSZKOLAK BADACZEM PRZYRODY, podczas których będę przeprowadzał wiele interesujących doświadczeń z bańkami mydlanymi”.

Mateusz Wąsik – *Urządzenie służące do pomiarów grubości drobnych przedmiotów*, pasjonat

„Razem z kolegami zostaliśmy laureatami w kategorii „Model Naukowy” w konkursie organizowanym w Pałacu Młodzieży. Głównym założeniem tego konkursu było zbudowanie urządzenia do pomiarów fizycznych z wykorzystaniem napędu CD. Prace nad urządzeniem sprawiły mi wiele przyjemności, ponieważ łączą się z moimi zainteresowaniami: fizyką i informatyką. Moja innowacyjność została częściowo ograniczona przez regulamin konkursu, lecz dzięki temu zadanie stało się trudniejsze, a zarazem ciekawsze i pozwoliło mi wykazać się swoimi umiejętnościami. Badania pokazały, że nawet zwykły pomiar grubości może stać się interesującym oraz twórczym doświadczeniem”.



Małopolska Noc Naukowców w Instytucie Fizyki UJ

Anna Miąso

Biuro Karier i Promocji WFAIS

Tej Nocy każdy poczuł się naukowcem...

24 września na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ odbyła się Małopolska Noc Naukowców. Instytut Fizyki UJ przy ulicy Reymonta 4 ogarnęło naukowe szaleństwo...

Zainteresowanie wydarzeniem przerosło najśmielsze oczekiwania organizatorów, tłumy najmłodszych entuzjastów nauki zaczęły napływać godzinę przed oficjalnym rozpoczęciem imprezy. Najmłodszy badacze mieli po 3 lata, najstarsi...

W holu głównym Instytutu Fizyki przeprowadzano interaktywne pokazy doświadczeń fizycznych z wykorzystaniem urządzeń i materiałów codziennego użytku z zakresu elektromagnetyzmu (np. elektromagnes ze śruby, świecący ogórek), optyki (np. budowa i zasada działania oka), cieczy (np. tańczące rodzyнки) i fizyki dla najmłodszych (np. tęcza w laboratorium). Ustawiono także pokazy – m.in. róże kruszące się w ciekłym azocie i krzesło fakira. Niewątpliwie nauki ściśle wzbudzają olbrzymie zainteresowanie dzieci i młodzieży, widok zafascynowanych gości był tego najlepszym dowodem.



Wszyscy, bez względu na wiek, z ogromnym entuzjazmem brali udział w 20–30-minutowych warsztatach dla najmłodszych, podczas których mogli poznać odpowiedzi na wiele pytań – m.in. dlaczego posiadamy dwoje oczu i uszu, jak z kubków i nitki zbudować telefon oraz co to jest iluzja. W grupie warsztatów dla gimnazjalistów, licealistów i dorosłych można było natomiast własnoręcznie zbudować spektroskop, peryskop, a także poznać metody holograficzne lub skonstruować mikroskop sił atomowych z klocków LEGO.

W tym samym czasie w salach wykładowych odbywały się sesje popularno-naukowe, które – ku zaskoczeniu prowadzących – cieszyły się dużym zainteresowaniem, nie tylko dorosłych. Podczas cyklu dziewięciu wykładów słuchacze poznali wizję samochodów przyszłości, opowieść o życiu i umieraniu gwiazd, dowiedzieli się o najważniejszych konwencjonalnych i tzw. odnawialnych źródłach energii, a także w jaki sposób medycyna wykorzystuje promieniowanie

jądrowe. Można było poznać mechanizm powstawania i rozprzestrzeniania się tsunami, praktyczne zastosowania topologii, a także znaleźć odpowiedź na pytanie, czy istnieje sprawiedliwa ordynacja wyborcza. Jak zwykle największe tłumy zgromadził wykład z pokazami doświadczeń fizycznych.

Sesja wykładowa:

Pokazy doświadczeń fizycznych – dr Marek Gołąb

Tęcza i widmo Brokenu – prof. dr hab. Karol Życzkowski

Czy istnieje sprawiedliwa ordynacja wyborcza – prof. dr hab. Andrzej Kotański

Samochody przyszłości – dr hab. Zbigniew Sosin

Tsunami – dr hab. Paweł Góra

O Czarnobylu, energii jądrowej i... bez emocji – prof. dr hab. Kazimierz Bodek

Jak żyją i umierają gwiazdy – prof. dr hab. Andrzej Warczak

O węzłach i warkoczykach w teorii i praktyce – prof. dr hab. Andrzej Sitarz

Wykorzystanie promieniowania jądrowego w medycynie – prof. UJ dr hab. Paweł Moskal

Warsztaty:

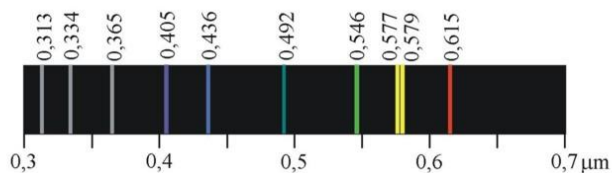
Świat zmysłów, Energie XXI wieku, Szkiełko i oko, czyli granice poznania, Spektroskop, Peryskop, Holografia za pomocą pinezki, Mikroskop sił atomowych z klocków LEGO – prowadzone były przez zespół: dr Dagmara Sokołowska, mgr Grzegorz Brzezinka, mgr Mateusz Wojtaszek, mgr Witold Zawadzki.

Organizatorzy składają serdecznie podziękowania wszystkim, których zaangażowanie przyczyniło się do sukcesu tego wydarzenia.

Już dzisiaj zapraszamy Państwa na następną edycję Nocy Naukowców, która zaplanowana jest na 23 września 2011 roku.



Ilustracje do artykułu "Jakie barwy widzą pszczoły?"



Widmo lampy rtęciowej



Śláz dziki



Wiesiołek



Fotografia wiesiołka w zakresie widzialnym (po lewej) oraz w nadfiolecie (po prawej)