



Foton

108

Wiosna
2010

Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI  UNIwersYTET JAGIELLOŃSKI
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

Po co nam LHC
Deszczowanie
Newton i Oświecenie
Nieprawdziwy dylemat ekologii



Sztuka zadawania pytań

Isaak Isador Rabi, noblista urodzony w 1898 roku w Rymanowie, zapytany o przyczynę swoich sukcesów odparł, iż zawdzięcza je pośrednio matce, która zwykła go witać po powrocie ze szkoły słowami: „Czyś już postawił dzisiaj dobre pytanie, Isaaku?”

Pytania to siła napędowa postępu, objaw ciekawości, dociekliwości umysłu. Powszechnie uważa się, że szkoła zabija naturalną dla dzieci i młodych ludzi tendencję do zadawania pytań. Obserwuje się, że im młodsze dzieci, tym więcej zadają pytań. Potem ta skłonność spada niemal do zera. Oczywiście, szkoła ma w tym procesie swój udział. Nie tylko dlatego, że nie nagradza tych dociekliwych, ale wręcz często ich karze.

Przyjrzyjmy się, jak to jest z tym zadawaniem pytań w fizyce. Niektórzy uczniowie dopytują o Kosmos, początek Wszechświata, jego granice. Inni dociekają, jak są zbudowane urządzenia techniczne, np. GPS, jak one działają. Nieliczni pytają np. dlaczego miedź ma kolor czerwonawy. Smutna rzeczywistość szkolna wygląda tak, że na ogół, z różnych zresztą przyczyn, uczniowie nie otrzymują w szkole odpowiedzi na swe pytania. W miejsce tego nauczyciel pyta, z jaką prędkością porusza się ciało fizyczne w trzeciej sekundzie ruchu albo, pod jakim kątem opuści pryzmat wiązka światła, albo co wskaże dynamometr ciągnący wózek po stole. Takie pytania budzą wstręt do fizyki. Zamiana ciała fizycznego na Jasia, albo na sanki nie ratuje sytuacji.

Już Sokrates wiedział, że można ucznia naprowadzić na zdobycie wiedzy poprzez dobrze postawione pytania, a i skorygować ją też poprzez odpowiednie pytania. Tyle, że muszą one budzić zainteresowanie uczącego się. Więcej, takie pytania powinny stymulować do zadawania nowych, dobrych i twórczych. Pytań, na które uczeń sam, bądź z pomocą nauczyciela, może sobie odpowiedzieć. Na ogół naiwne pytanie ucznia „co się czuje, jak się wpadnie do czarnej dziury?” trzeba dopiero przetransformować w pytanie użyteczne dla rozważań z fizyki.

Aby to robić z uczniami, trzeba mieć empatię, trzeba samemu sobie zadawać pytania, podpatrywać innych, no i czytać *Foton*.

W tym zeszycie znajdują państwo odpowiedzi na pytania uczniów, dlaczego wiosną w przymrozki zrasza się kwitnące sady, po co nam akcelerator LHC, co oznacza koherencja kwantowa. Niewykluczone, że niektórych czytelników zdziwi interpretacja poglądów Isaaka Newtona na tle jego epoki dokonana przez Andrzeja Staruszkiewicza. Zachęcamy do lektury.

Z.G-M



Contents

The art of asking questions <i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	1
Why the LHC? <i>Michał Przaszłowicz</i>	4
Heating, mixing air and sprinkling... or how to protect the plants against frost damage <i>Katarzyna Cieślak</i>	15
Coherently prepared media <i>Szymon Pustelny</i>	23
Isaac Newton and the French Enlightenment <i>Andrzej Staruszkiewicz</i>	33
Dirty, sick but rich – clean, healthy but poor; false dilemma of ecology <i>Łukasz A. Turski</i>	48
Easy – difficult problems <i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	57
Motion with variable mass – a rocket <i>Katarzyna Cieślak, Witold Zawadzki</i>	61
Experiments. How to measure the temperature of a flame <i>Witold Zawadzki</i>	64
Remarks on physics education <i>Maria Baster-Grząślewicz</i>	67
Announcement. Jerzy Ogar passed away <i>Maria Baster-Grząślewicz</i>	75
News from the conference on „The discovery of the Copernicus’ Tomb” <i>Leszek M. Sokółowski</i>	76
Announcement. The new element 112 Copernicium.....	78
Found in the Internet.....	79
What to read <i>A Short History of Nearly Everything</i> <i>Lexikon des Unwissens. Worauf es bisher keine Antwort gibt</i>	80
Announcement. Results of Junior High School Physics Contest <i>Barbara Górska</i>	81
Announcement. VIII Competition „Physics and Photography”.....	83



Spis treści

Sztuka zadawania pytań <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
Po co nam LHC? <i>Michał Praszalowicz</i>	4
Ogrzewanie, mieszanie, deszczowanie... czyli o tym jak zabezpieczyć rośliny przed przymrozkami <i>Katarzyna Cieślak</i>	15
Ośrodki z koherencją kwantową <i>Szymon Pustelny</i>	23
Izaak Newton a Oświecenie Francuskie <i>Andrzej Staruszkiewicz</i>	33
Budno, choro, bogato – czysto, zdrowo, biednie. Nieprawdziwy dylemat ekologii <i>Lukasz A. Turski</i>	48
Trudne – łatwe zadania z piaskarką i transporterem <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	57
Ruch ciała o zmiennej masie – rakieta <i>Katarzyna Cieślak, Witold Zawadzki</i>	61
Kącik eksperymentatora. Jak zmierzyć temperaturę płomienia świecy <i>Witold Zawadzki</i>	64
Spójrzmy prawdzie w oczy, czyli zjazdowe refleksje o nauczaniu fizyki <i>Maria Baster-Grząślewicz</i>	67
Komunikat. Jerzy Ogar nie żyje <i>Maria Baster-Grząślewicz</i>	75
Twarz Kopernika <i>Leszek M. Sokółowski</i>	76
Komunikat. Nowy pierwiastek ${}_{112}\text{Cn}$ – Copernicium.....	78
Znalezione w Internecie.....	79
Co czytać <i>Krótką historią prawie wszystkiego</i> <i>Leksykon niewiedzy. To, na co dotychczas nie znamy odpowiedzi</i>	80
Komunikat. Małopolski Konkurs z Fizyki i Astronomii dla gimnazjalistów <i>Barbara Górską</i>	81
VIII Ogólnopolski konkurs fizyczno-fotograficzny „Zjawiska fizyczne wokół nas”.....	83



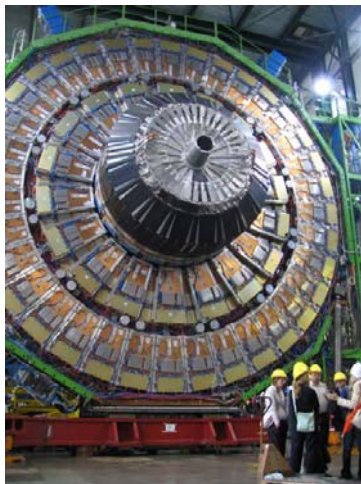
Po co nam LHC?

*Michał Przaszałowicz
Instytut Fizyki UJ*

1. Świat cząstek

Z końcem ubiegłego roku rozpoczął pracę nowy akcelerator cząstek LHC, czyli Wielki Zderzacz Hadronów (z angielskiego Large Hadron Collider). Zbudowany za niewyobrażalną kwotę ponad 6 miliardów franków szwajcarskich ma przynieść odpowiedzi na fundamentalne pytania nurtujące ludzkość: jakie są podstawowe składniki materii i jakie rządzą nimi prawa? To pytanie jest ciągle aktualne, choć z drugiej strony bardzo wiele już wiemy na ten temat.

Nasza obecna wiedza dotycząca struktury materii pochodzi z wielkich akceleratorów budowanych systematycznie od czasów powojennych w różnych częściach świata. Podstawową zasadą fizyczną, na której opierają się te badania, jest szczególna teoria względności Einsteina, a w szczególności wynikająca z niej relacja między energią E a pędem \vec{p} , którą można zapisać w następujący sposób:



$$E = \sqrt{\vec{p}^2 c^2 + m^2 c^4}, \quad (1)$$

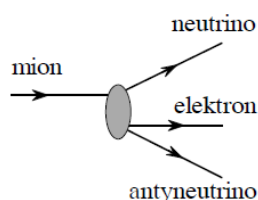
gdzie m jest masą spoczynkową cząstki, natomiast c jest stałą równą prędkości światła w próżni. Relacja (1) zwana jest w skrócie relacją równoważności masy i energii, ponieważ dla cząstki spoczywającej, czyli cząstki o zerowym pędzie ($\vec{p} = 0$), redukuje się ona do słynnej formuły $E = mc^2$. Ze wzoru (1) wynika, że jeśli przyspieszymy do dużych prędkości lekkie cząstki (np. elektrony czy protony) nadając im duży pęd, to zgromadzona w miejscu zderzenia energia będzie wystarczająca do wyprodukowania innych cząstek o masie znacznie większej niż masa elektronu czy protonu, ale o mniejszym pędzie tak, aby energia przed i po zderzeniu była taka sama. Dlatego właśnie potrzebujemy akceleratorów, które będą w stanie nadawać elektronom czy protonom coraz większy pęd, a zatem i energię, która w procesie zderzenia zamieni się na nowe, nieznanne cząstki. Taka przemiana jednych cząstek w inne zachodzi zawsze zgodnie z prawami zachowania energii i pędu, a także ładunku elektrycznego, ale jej

szczegółowy opis możliwy jest tylko w ramach tak zwanej kwantowej teorii pola.

Zanim spróbujemy przybliżyć czytelnikowi, czym jest kwantowa teoria pola i jakie z niej wynikają oczekiwania dotyczące potencjalnych odkryć, których można dokonać w LHC, spróbujmy w kilku słowach podsumować naszą wiedzę dotyczącą znanych nam cząstek, dawniej zwanych elementarnymi. Dziś przymiotnik „elementarny” odnosi się tylko do kilku podstawowych cegiełek materii, gdyż liczba obecnie znanych cząstek sięga setek. Jednakże materia, która nas otacza składa się jedynie z trzech typów cząstek: protonów i neutronów, które tworzą jądra atomowe oraz elektronów, które krążą po orbitach wokół jąder. Pozostałe cząstki, które systematycznie odkrywano w XX wieku, są wytwarzane sztucznie.

Podstawową cechą tych cząstek jest to, że rozpadają się na cząstki lżejsze, zawsze zgodnie z zasadą relatywistyczną zachowania energii, zasadą zachowania ładunku elektrycznego i prawami kwantowej teorii pola. Czasy życia cząstek sięgają od kilku minut do ułamków sekundy. W istocie stabilny jest tylko elektron, bowiem nie istnieje lżejsza od niego cząstka o tym samym ładunku i proton, który nie rozpada się ze względu na prawa kwantowej teorii pola. Już neutron, który jest nieco cięższy od protonu może rozpaść się na proton, elektron i antyneutrino. W rozpadzie tym (zwanym rozpadem beta) zachowana jest energia i całkowity ładunek. Swobodny neutron „żyje” średnio 15 minut. Szczęśliwie neutrony wewnątrz większości jąder atomowych nie mogą się rozpaść, gdyż mechanika kwantowa nie pozwala „upchnąć” w tych jądrach dodatkowego protonu, który powstałby w wyniku rozpadu beta. Tam gdzie jest to możliwe, jak np. w jądrach uranu, mamy do czynienia z samoczynnym rozpadem promieniotwórczym. Zauważmy, że gdyby neutrony w jądrach rozpadały się tak, jak neutrony swobodne, po 15 minutach większość jąder by się rozleciała i Wszechświat składałby się w zasadzie jedynie z wodoru (proton + elektron). Wszechświat wyglądałby zupełnie inaczej, ale nas by przy tym nie było.

Innym przykładem rozpadu beta jest rozpad cząstki zwanej mionem – odkrytej w roku 1936 przez laureata Nagrody Nobla Carla Andersona – patrz rys. 1, która w zasadzie ma wszystkie cechy takie jak elektron, z tym tylko, że jest 200 razy cięższa (dlaczego? – nie wiadomo).



Rys. 1. Rozpad beta mionu. Mion rozpada się na elektron, neutrino i antyneutrino. Średni czas życia mionu wynosi $2,2 \times 10^{-6}$ sekundy, co w skali kwantowej jest czasem dość długim

Odkrycie nowych cząstek to jeden z celów badawczych LHC. Jest wiele hipotez, jakie to mogłyby być cząstki, jednakże jedna z nich uważana jest za „pewniaka”. Jest to tzw. cząstka Higgsa, która odcisnęła swoje ślady na wynikach wielu eksperymentów w fizyce cząstek i jest – jak się wydaje – w zasięgu ręki. Piszemy „jak się wydaje”, gdyż – jak to postaramy się wytłumaczyć – wszystko wskazuje na to, że cząstka Higgsa rzeczywiście istnieje, ale jako że fizyka jest nauką doświadczalną, ostateczną pewność uzyskamy, kiedy „zobaczymy” ją w jednym z eksperymentów prowadzonych w LHC. Znamy wiele właściwości cząstki Higgsa, ale nie znamy najważniejszej z nich: mianowicie masy. Jesteśmy tutaj w sytuacji zbliżonej do tej, w której był Krzysztof Kolumb pod koniec XV w. Kolumb wierzył i miał na to szereg argumentów, że płynąc na zachód dopłynie się w końcu do Indii. Jednakże blisko pięciokrotnie niedoszacował odległości: według jego obliczeń Japonia powinna leżeć mniej więcej tam, gdzie naprawdę jest Meksyk. Popełnił błąd, ale odkrył Amerykę! Spróbujmy więc zobaczyć, dlaczego wierzymy, że cząstka Higgsa istnieje i dlaczego nie wiemy, jaka jest jej masa.

2. Symetria cechowania

W fizyce teoretycznej posługujemy się zarówno klasyczną jak i kwantową teorią pola. Powszechnie znanym przykładem klasycznej teorii pola jest elektrodynamika. Elektryczność i magnetyzm badano intensywnie w XIX wieku formułując znane nam wszystkim prawa: Gaussa, Ampéra i inne. Prawa te zebrał w roku 1861 w jeden układ czterech równań James Clerk Maxwell. Pozwalają one na wyliczenie wartości pola elektrycznego \vec{E} i magnetycznego \vec{B} w zależności od rozkładu ładunków statycznych i prądów, czyli ładunków będących w ruchu.

Powstanie zwartej postaci czterech równań Maxwella jest przykładem ideału, do jakiego dąży się w fizyce teoretycznej. Rozproszona wiedza dotycząca zjawisk, które początkowo wydają się niezwiązane (np. związek elektryczności z magnetyzmem wykazał dopiero w roku 1820 Hans Christian Ørsted) daje się ująć w czterech linijkach. A tak naprawdę dwa z równań Maxwella są tożsamościami matematycznymi, tak więc treść fizyczną mają tylko dwa z nich.

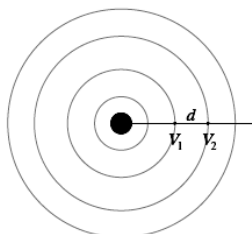
Równania te nie tylko ujmują w eleganckie ramy znane już prawa, ale mają także moc przewidywania nowych zjawisk. Zafascynowany teorią elektromagnetyzmu Heinrich Hertz przeprowadził w latach 1885–1889 doświadczenia, w wyniku których potwierdził istnienie elektromagnetycznych fal radiowych przewidzianych przez teorię Maxwella. Należy pamiętać, że w myśl teorii Maxwella także światło jest falą elektromagnetyczną (różni je od fal radiowych tzw. *częstotliwość* lub, mówiąc inaczej, *długość fali*).

Okazuje się, że w opisanym wyżej redukcjonizmie można posunąć się jeszcze dalej. Zamiast równań można napisać *jedno wyrażenie*, jedną funkcję zwaną funkcją Lagrange’a, z której według ścisłych reguł matematycznych można

równania Maxwella wyprowadzić. Ta metoda znana jest także w mechanice klasycznej. Pozwala ona na wyprowadzenie równań ruchu skomplikowanych układów mechanicznych (np. sprzęgniętych ze sobą wahadełek, czy ciężarków pozawieszanych na ruchomych bloczkach) z odpowiedniej funkcji Lagrange'a. Studenci fizyki uczą się tego na drugim roku studiów.

Zaproponowanie funkcji Lagrange'a jest w zasadzie próbą konstrukcji teorii fizycznej. Czym więc kierować się przy wyborze funkcji Lagrange'a? Jest oczywiście szereg reguł, których należy się trzymać. Bardzo ważną rolę spełniają różnorakie symetrie, które znamy z obserwacji i które nasza teoria powinna respektować. Na przykład prawa fizyki nie powinny się zmieniać, jeśli układ fizyczny przesuniemy w pustej przestrzeni. Powinny także zachowywać swoją postać, jeśli układ fizyczny będziemy obserwować z układu odniesienia, który porusza się względem układu fizycznego ze stałą prędkością. Z tej *niezmienniczości* względem zmiany układu współrzędnych wynika szczególna teoria względności Einsteina. W dalszej części skupimy się jednak na zupełnie innej bardzo ważnej symetrii, mianowicie tzw. symetrii cechowania, która nie jest związana ze zmianą układu współrzędnych.

Aby opisać oddziaływanie dwóch ładunków wygodnie jest wprowadzić potencjał elektrostatyczny. Wówczas siła oddziaływania jest proporcjonalna do pochodnej potencjału (czyli do natężenia pola elektrycznego \vec{E}). Jeśli ktoś nie jest biegły w zaawansowanej matematyce, może sobie wyobrazić, że siła jest proporcjonalna do różnicy potencjałów w dwóch bliskich sobie punktach, podzielonych przez odległość między tymi punktami, jak to zilustrowano na rys. 2. To trochę tak, jak obliczenie prędkości: należy zmierzyć położenie pojazdu w dwóch bliskich sobie chwilach, odjąć od siebie i podzielić przez czas, który upłynął między pierwszym a drugim pomiarem. Ponieważ w obu przypadkach mamy do czynienia z różnicą (potencjału lub położenia) nieistotna jest znajomość *samego* potencjału czy położenia.



Rys. 2. Wartość natężenia pola elektromagnetycznego wytworzonego przez ładunek cząstki w spoczynku wyliczamy odejmując od siebie wartości potencjału (szare okręgi odpowiadają liniom stałego potencjału) zmierzone w bliskich punktach i dzieląc tę różnicę przez odległość między nimi: $|\vec{E}| \sim (V_2 - V_1) / d$. Na rysunku odległość d jest przesadnie duża, aby otrzymać dobry wynik, musimy zdążyć z d do zera. Pole skierowane jest wzdłuż promienia przechodzącego przez centrum ładunku, natomiast zwrot zależy od tego czy ładunek jest dodatni czy ujemny

Wyobraźmy sobie, że mamy termometr, co do którego nie jesteśmy pewni, czy jest dobrze wyskalowany. Nawet, jeżeli termometr zawsze pokazuje o 2 stopnie więcej niż jest w rzeczywistości, możemy całkiem dokładnie określić, o ile stopni zmieniła się temperatura w ciągu godziny, gdyż do tego potrzebna jest nam znajomość różnicy temperatur. Analogia z termometrem jest o tyle chybiobna, że zazwyczaj dużo bardziej interesuje nas dokładna wartość temperatury w danej chwili, niż szybkość jej zmian. Z kolei dla naszego samopoczucia ważniejsza jest szybkość zmian ciśnienia niż jego wartość bezwzględna. W przypadku elektrodynamiki interesują nas wyłącznie różnice potencjału, wartość potencjału w danym punkcie jest nieistotna. Ta własność została podniesiona do rangi symetrii, która nazywa się *symetrią cechowania* (w znaczeniu *wyskalowania*, tak jak to próbowaliśmy wyjaśnić na przykładzie termometru). Oznacza to, że potencjał możemy dowolnie wyskalować, tzn. zadeklarować arbitralnie, że tu i teraz potencjał jest równy zero, a siła oddziaływania (a więc coś, co naprawdę można zmierzyć) między ładunkami od tego wyboru nie zależy. I nie chodzi tu o niedokładny przyrząd pomiarowy („termometr”), ale o własność opisu matematycznego oddziaływań elektromagnetycznych.

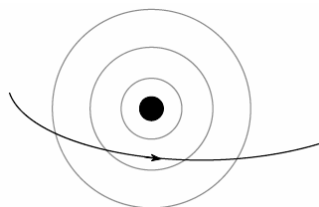
Symetria cechowania wraz z narzuceniem na funkcję Lagrange’a żądania zgodności ze szczególną teorią względności (czyli symetrii związanej ze zmianą układu współrzędnych) prowadzi do równań Maxwella. Wszystkie własności ładunków, prądów, magnesów i ich wzajemne oddziaływania są wynikiem tych dwóch symetrii. Dlatego symetrie w fizyce są „święte” i powszechnie uważa się, że odkrycie symetrii stojącej za pewną klasą zjawisk fizycznych jest w gruncie rzeczy synonimem zrozumienia tej klasy zjawisk.

3. Kwantowa teoria pola

Dotychczas mówiliśmy o tak zwanej klasycznej teorii pola. To, co nas teraz będzie interesowało, to rozpraszanie cząstek, na początek elektronu na protonie. Ponieważ proton jest 2000 razy cięższy od elektronu, z dobrym przybliżeniem możemy go potraktować jako nieruchome źródło pola elektrycznego, które zakrzywia tor elektronu, tak jak to pokazuje rys. 3. Jednakże taki opis rozpraszania zakłada, że oddziaływanie między protonem a elektronem jest *natychmiastowe*. Przesuwając proton, przesuwamy równocześnie związany z nim „na sztywno” potencjał. Pozostaje to jednak w sprzeczności z teorią względności, według której informacja o zmianie położenia protonu dotrze do elektronu nie od razu, ale z pewnym opóźnieniem.

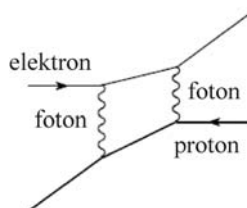
Choć problem natychmiastowego oddziaływania można obejść na gruncie teorii klasycznej, naturalnym sposobem jego uwzględnienia jest kwantowa teoria pola: formalizm matematyczny łączący w sobie mechanikę kwantową i szczególną teorię względności. Kwantową teorię pola wykląda się na niektórych specjalizacjach studiów fizyki na 4. lub 5. roku, nie sposób więc tutaj przedstawić nawet w zarysie choćby tylko jej podstawy. Na szczęście przycho-

dzi nam tu z pomocą wymyślona przez amerykańskiego fizyka, laureata Nagrody Nobla Richarda Feynmana, graficzna reprezentacja procesów rozpraszania. Proces rozpraszania nie polega na zakrzywianiu się toru jednej cząstki poruszającej się w potencjale drugiej, tak jak to przedstawiliśmy na rys. 3, ale na wymianie między cząstkami rozpraszającymi się, tzw. *cząstki pośredniczącej*, która w kwantowej teorii pola zastępuje klasyczny potencjał, tak jak pokazano to na rys. 4, gdzie zderzające się cząstki oznaczono linią ciągłą, zaś cząstkę pośredniczącą linią falistą. Cząstka taka propaguje się między np. protonem a elektronem w skończonym czasie, a więc oddziaływanie nie jest natychmiastowe. Cząstka pośrednicząca może wymieniać się wiele razy między elektronami czy protonami, podobnie jak piłka, którą wymieniają między sobą koszykarze przeprowadzając atak dwójką na kosz przeciwnika.



Rys. 3. Klasyczny opis rozpraszania. Elektron odchyła się w polu elektrycznym spoczywającego protonu. Ponieważ proton jest znacznie cięższy od elektronu, można z dobrym przybliżeniem traktować go jako nieruchome źródło pola elektrycznego

Każdemu z diagramów (noszących nazwę diagramów Feynmana) pokazanych na rys. 4 odpowiada ściśle pewne wyrażenie matematyczne, dzięki któremu możemy wyliczyć, jak zmieniają się tory cząstek (a dokładnie mówiąc, z jakim to się stanie prawdopodobieństwem).



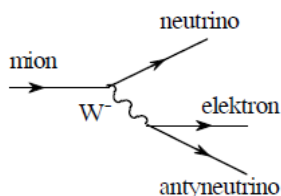
Rys. 4. Kwantowy opis rozpraszania. Między elektronem a protonem wymieniane są cząstki pośredniczące: fotony. Na rysunku pokazano wymianę dwóch fotonów, w rzeczywistości trzeba uwzględnić sumę nieskończonej liczby wymian

Otóż wspomniana w poprzednim rozdziale symetria cechowania narzuca bardzo silne ograniczenia na własności cząstki pośredniczącej, czyli w przypadku elektrodynamiki, fotonu. Foton jest bezmasowy, może poruszać się zatem tylko z prędkością światła, jest nienaładowany (ma ładunek zero), natomiast

„sprzęga” się tylko do cząstek naładowanych, czyli nie może się wymieniać między cząstkami neutralnymi, w szczególności dwa fotony nie mogą wymienić między sobą innego fotonu. Są to własności bardzo nietrywialne i wszystkie wynikają z jednej symetrii: symetrii cechowania. Elektrodynamika kwantowa, jako teoria pola oparta na symetrii cechowania, ma także bardzo ważne własności matematyczne, którymi na ogół nie są obdarzone modele teoretyczne oparte na funkcji Lagrange’a, nieposiadającej symetrii cechowania.

4. Spontaniczne łamanie symetrii cechowania

Na początku wspomnieliśmy o rozpadzie beta neutronu czy mionu. Jak opisać taki rozpad teoretycznie? Jest oczywiste, że nie może to być rozpad elektromagnetyczny (a więc zachodzący za pośrednictwem fotonu), gdyż neutrino, jako cząstki neutralne nie oddziałują z fotonem. W latach trzydziestych ubiegłego stulecia propozycję teoretycznego opisu rozpadu beta zaproponował wybitny fizyk włoski Enrico Fermi. Niestety, model Fermiego jest matematycznie niekonsystentny i szybko stało się jasne, że może być stosowany tylko w bardzo ograniczonym zakresie. Powstało zatem pytanie, czy można uogólnić znaną z elektrodynamiki symetrię cechowania, tak aby dało się opisać oddziaływanie z neutrinami. Taką teorię zaproponowano w roku 1955. Różniła się ona od elektrodynamiki tym, że wprowadzono nie jeden, ale trzy potencjały, które można było dowolnie „wycechować”. W języku kwantowej teorii pola oznacza to, że mamy trzy bezmasowe cząstki pośredniczące: dwie elektrycznie naładowane: W^\pm i jedną, podobnie jak foton, elektrycznie obojętną: W^0 . Teoria ta przewiduje, że rozpad beta zachodzi przez emisję cząstki W , która następnie rozpada się, tak jak to pokazano na rys. 5.

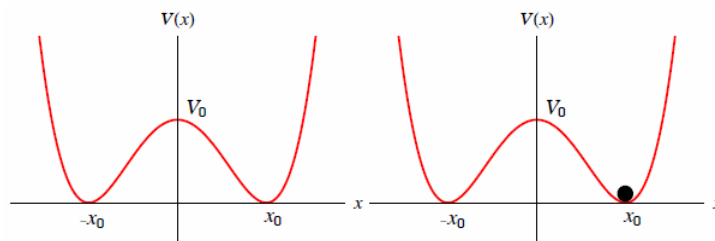


Rys. 5. Kwantowy opis rozpadu beta mionu. Mion rozpada się na neutrino i cząstkę pośredniczącą W^- , która następnie rozpada się na elektron i antyneutrino

Niestety, otrzymane z tej teorii prawdopodobieństwa rozpadu nie są zgodne z doświadczeniem. Szybko zorientowano się, że dałoby się uzyskać dobry opis danych doświadczalnych, gdyby cząstki W miały masę. Jednakże symetria cechowania nie pozwala, aby cząstki pośredniczące miały masę. To, co było wielkim sukcesem w elektrodynamice, stało się nagle istotną przeszkodą. Zaczęto się więc zastanawiać, jak uratować symetrię, która gwarantuje poprawne własności teorii i jak się jej pozbyć, żeby cząstki pośredniczące nie były bezmaso-

we. Z jednej strony chcemy więc zjeść ciasteczko, a z drugiej, ciągle je mieć. Co nie jest możliwe w przypadku ciasteczka, jest jednak możliwe w kwantowej teorii pola.

Pomysł jest w zasadzie prosty i można go wytłumaczyć na przykładzie cząstki poruszającej się w symetrycznym potencjale $V(x)$ o dwu minimach, takim jak na rys. 6. Potencjał ten ma symetrię ze względu na odbicie względem osi pionowej, którą można zapisać jako transformację zamieniającą $x \rightarrow -x$. Nasz potencjał ma własność $V(x) = V(-x)$. Kiedy jednak w potencjale tym znacznie porusza się cząstka, sytuacja wygląda już inaczej. Wyobraźmy sobie, że do rynny uformowanej, tak jak potencjał V wrzucamy kulkę. Kulka będzie oscylować przechodząc przez oba minima tam i z powrotem. Ponieważ jednak w przyrodzie występuje tarcie i inne siły oporu, po pewnym czasie cząstka zatrzyma się w jednym z minimów. To, w którym minimum się zatrzyma, jest w zasadzie zdarzeniem losowym. Ponieważ cząstka spoczywa w minimum potencjału, ma więc najniższą możliwą energię; taki stan układu fizycznego nazywamy *stanem podstawowym*. O ile jednak potencjał ma symetrię ze względu na odbicie $x \rightarrow -x$, o tyle stan podstawowy nie ma takiej symetrii, ponieważ kulka spoczywa albo w punkcie $x = x_0$, albo w punkcie $x = -x_0$, a nie w obu na raz. Mamy zatem sytuację, w której potencjał posiada pewną symetrię, a stan podstawowy ją łamie. Takie zjawisko nazywamy *spontanycznym* (czyli losowym) łamaniem symetrii.



Rys. 6. W symetrycznym potencjale (rysunek lewy) porusza się cząstka, która po pewnym czasie zatrzymuje się w jednym z minimów (rysunek prawy), łamiąc *spontanicznie* symetrię

Mechanizm spontanicznego łamania symetrii można użyć w kwantowej teorii pola. W tym celu musimy wprowadzić do teorii odpowiednik potencjału V . Oznacza to, że musimy dodać do teorii nowe pola, czyli także nowe cząstki. Matematyczne reguły teorii grup wymagają, aby do teorii z trzema cząstkami pośredniczącymi W^\pm i W^0 dodać cztery nowe pola, zwane od nazwiska ich pomysłodawcy polami Higgsa tak, aby cały układ posiadał wymaganą symetrię cechowania. Jednocześnie stan podstawowy musi łamać tę symetrię w taki sposób, aby cząstki pośredniczące uzyskały masę. Gdyby symetria nie była złamana spontanicznie, mielibyśmy trzy bezmasowe cząstki pośredniczące i cztery

cząstki odpowiadające polu Higgsa. Jednakże stan podstawowy łamie wyjściową symetrię, w wyniku czego mamy trzy masywne cząstki pośredniczące i jedną nową masywną cząstkę zwaną bozonem Higgsa. W ten sposób osiągnęliśmy niemożliwe: mamy ciastko (teoria wyjściowa posiada wymaganą symetrię), chociaż zostało ono zjedzone (symetria została spontanicznie złamana).

5. Czy w LHC odkryjemy cząstkę Higgsa?

Oparta na powyższym mechanizmie teoria rozpadu beta jest znakomicie zgodna z doświadczeniem. Jednakże wszystkie mierzalne wartości są bezpośrednio czułe jedynie na wielkość odpowiadającą położeniu minimum potencjału V , czyli na wartość x_0 , natomiast nie zależą one praktycznie od V_0 – wartości potencjału w zerze. A właśnie masa bozonu Higgsa jest bezpośrednio związana z V_0 ! Mamy więc wyjątkowo perfidną konspirację: wiemy, że cząstka Higgsa istnieje, ale nie potrafimy podać precyzyjnego przewidywania na jej masę. Co prawda, różne przewidywania teoretyczne zależą pośrednio od masy Higgsa i na tej podstawie można przypuszczać, że cząstka Higgsa zostanie odkryta w LHC.

Trzeba jednak pamiętać, że potencjał Higgsa, który gwarantuje spontaniczne łamanie symetrii cechowania mógłby mieć zupełnie inny kształt, mógłby być bardziej skomplikowany niż przy standardowym wyborze, który podyktowany jest tylko prostotą. W takiej sytuacji mielibyśmy nie jedną, ale kilka cząstek Higgsa. Może się też okazać, że opis łamania symetrii cechowania za pomocą potencjału Higgsa jest tylko opisem efektywnym bardziej złożonego mechanizmu, podobnie jak teoria Fermiego była przybliżeniem teorii opartej na łamaniu symetrii cechowania. Jesteśmy zaiste w sytuacji, w jakiej znalazł się Krzysztof Kolumb: wiemy, że płynąc z Europy na zachód dopłyniemy do Azji, ale nie wiemy, w jakiej Azja znajduje się odległości. Może okazać się, że jest tam, gdzie – jak się nam wydaje – powinna być, może się jednak okazać, że jest dużo dalej. Wówczas możemy natrafić na pusty ocean, ale może się też okazać, że po drodze odkryjemy Amerykę. Każdy z tych scenariuszy rozszerzy naszą wiedzę o świecie cząstek i o podstawowych prawach natury. Czas pokaże, co się wydarzy.

Postscriptum

W powyższym artykule, w którym starałem się pokazać, jak istotną rolę w zrozumieniu praw fizyki odgrywają symetrie, nie udało się uniknąć wielu uproszczeń. Mam nadzieję, że uproszczenia te pozwoliły łatwiej zrozumieć istotę podniesionych problemów. Wydaje mi się jednak, że warto wskazać, gdzie tych uproszczeń dokonano. A więc symetria cechowania dotyczy zarówno potencjału elektrostatycznego $V(\vec{r}, t)$ jak i wektorowego potencjału magnetycznego $\vec{A}(\vec{r}, t)$. Zgodnie z teorią względności oba te potencjały są w zasadzie jednym „obiektem” fizycznym, tzw. *czteropotencjałem*. Mówiliśmy o dowolno-

ści wycechowania potencjału (w istocie czteropotencjału), ale nie powiedzieliśmy, że to dowolne wycechowanie dotyczy każdego punktu w przestrzeni oddzielnie, jest więc *lokalne*, a nie *globalne*. Globalna symetria cechowania nie prowadzi do pojawienia się cząstek pośredniczących.

Mówiąc o kwantowej teorii pola skupiliśmy się na problemie natychmiastowości oddziaływania, a pominęliśmy bardzo ważny aspekt niezachowania liczby cząstek. W ramach kwantowej teorii pola można bowiem obliczyć prawdopodobieństwo procesu, w którym w wyniku zderzenia dwóch cząstek, jak to ma miejsce w eksperymentach w akceleratorach, powstają niejednokrotnie dziesiątki lub setki innych cząstek.

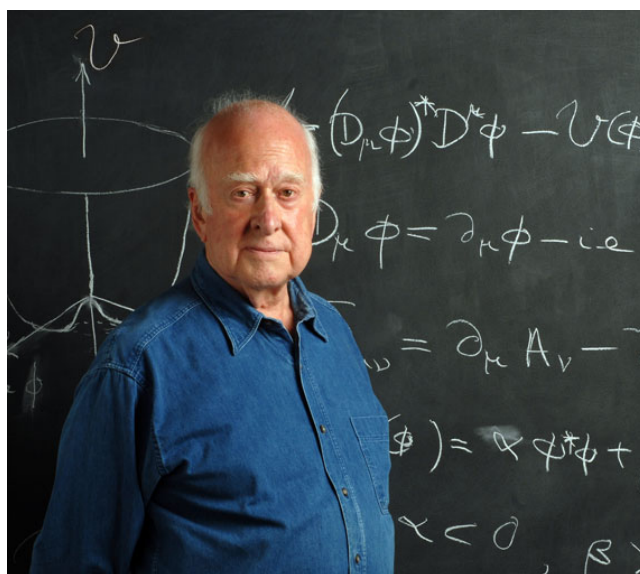
Uprościliśmy opis łamania symetrii w przypadku oddziaływań słabych: w istocie oprócz wspomnianej cząstki pośredniczącej W^0 mamy drugą cząstkę neutralną B^0 . Cząstki te mieszają się tworząc bezmasowy foton i masową cząstkę Z^0 , która jest nieco cięższa niż cząstki naładowane W^\pm . W istocie omawiana teoria cechowania wraz z mechanizmem Higgsa stanowi przykład unifikacji (a więc zamiany dwóch rozłącznych teorii w jedną) oddziaływań słabych i elektromagnetycznych.

Na koniec chciałbym się odnieść do pewnych stwierdzeń pojawiających się w środkach masowego przekazu, że być może po odkryciach dokonanych w LHC będzie trzeba przepisać podręczniki fizyki. Wydaje się, że jest to stwierdzenie znacznie przesadzone. Staralem się to wyjaśnić w ostatnim akapicie: być może tzw. mechanizm Higgsa jest tylko uproszczonym opisem rzeczywistości, jednakże zgodność obecnej teorii oddziaływań elektromagnetycznych i słabych z doświadczeniem nie zostawia wątpliwości, że jest to opis poprawny. Jest moim zdaniem prawie pewne, że w wyniku przeprowadzonych w LHC eksperymentów, podręczniki fizyki się zmienią, ale nie trzeba ich będzie pisać od nowa.

CERN to jedno z największych międzynarodowych laboratoriów badawczych na świecie. Nazwa CERN (z francuskiego Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) odnosi się do powołanej w 1952 roku komisji, której zadaniem było utworzenie europejskiego ośrodka fizyki jądrowej prowadzącego na najwyższym poziomie badania doświadczalne dotyczące struktury materii. Ostatecznie, kiedy w roku 1954 ośrodek ten powstał, komisja została rozwiązana, ale nazwa funkcjonuje do dziś. W mieszczącym się w okolicach Genewy po obu stronach granicy francusko-szwajcarskiej laboratorium pracuje dziś około 2500 naukowców, inżynierów, techników i pracowników administracji. Ponadto około 8000 badaczy z 85 krajów uczestniczy w badaniach prowadzonych w CERNie, nie będąc tam formalnie zatrudnionymi. CERN jest finansowany przez 20 krajów europejskich – w tym Polskę – które określa się jako kraje członkowskie. Ponad 30 krajów ma status obserwatorów.
Źródło: <http://public.web.cern.ch/public/en/About/About-en.html>

Peter Higgs jest obecnie emerytowanym profesorem fizyki Uniwersytetu w Edynburgu. Urodził się w roku 1929 w Newcastle. Studiował w King's College, University of London, gdzie w roku 1954 otrzymał tytuł doktora fizyki. W roku 1964, pracując już na Uniwersytecie w Edynburgu opublikował kilka krótkich prac, w których dyskutował o spontanicznym łamaniu symetrii cechowania. Podobne studia w tym samym czasie prowadzili dwaj fizycy belgijscy Francois Englert i Robert Brout. Higgs o ich badaniach dowiedział się od recenzenta swojej drugiej pracy, którym był niedawny laureat Nagrody Nobla Yoichiro Nambu. Idea generacji masy cząstek pośredniczących poprzez łamanie symetrii cechowania „wisiła” wówczas w powietrzu, wielu innych fizyków było bardzo blisko jej sformułowania. Jednakże to od prac Higgsa wzięła się nazwa tego zjawiska określanego jako *mechanizm Higgsa*, a związana z tym cząstka została nazwana *bozonem Higgsa*.

Źródło: <http://www2.ph.ed.ac.uk/peter-higgs/>



Peter Higgs



Ogrzewanie, mieszanie, deszczowanie... czyli o tym jak zabezpieczyć rośliny przed przymrozkami

Katarzyna Cieślak

W połowie maja na terenie całej Polski często następuje spadek temperatury w ciągu dnia oraz nasilają się nocne przymrozki. Jest to związane z napływem zimnego arktycznego powietrza. Zgodnie z ludową tradycją zjawisko to nosi nazwę „zimnych ogrodników” i „zimnej Zośki”, ze względu na przypadające wtedy imieniny trzech „świętych złodziei”: Pankracego (12 V), Serwacego (13 V), Bonifacego (14 V) oraz Zofii (15 V). Ludowe przysłowia przypisują tej grupie świętych niezbyt przychylne nastawienie w stosunku do ogrodników i ich upraw, ponieważ zniszczenia spowodowane w tym okresie przez przymrozki mogą być bardzo dotkliwe.

Odporność roślin na uszkodzenia związane z przymrozkami zależy od wielu czynników, między innymi od stopnia stężenia cukrów i alkoholi w tkankach rośliny oraz od obecności bakterii sprzyjających formowaniu się kryształków lodu. Uszkodzenia następują w wyniku zamarzania płynu znajdującego się wewnątrz komórek lub w przestrzeniach międzykomórkowych. Jeśli temperatura powietrza spada poniżej zera, nie oznacza to automatycznie zamarzania wszystkich tkanek roślinnych. Im większe stężenie substancji rozpuszczonych w płynach komórkowych, tym niższa ich temperatura zamarzania. W konsekwencji, płyny te mogą ulec znacznemu przechłodzeniu i nie zamarzać nawet w temperaturze dochodzącej do -10°C [1]. Na wartość krytycznej temperatury zamarzania płynów komórkowych ma też wpływ obecność bakterii (w szczególności szczepów z gatunku *Pseudomonas syringae* i *Erwinia herbicola*). Białka występujące na błonie komórkowej tych bakterii stanowią ośrodki krystalizacji, na których mogą formować się kryształki lodu. W rezultacie, obecność tych bakterii na powierzchni liści uniemożliwia przechłodzenie płynów w tkankach roślin i przyczynia się do znacznego podniesienia temperatury zamarzania (do około -2°C).

W specjalnych komorach klimatycznych zbadano, że formowanie się kryształków lodu wewnątrz komórek następuje tylko podczas gwałtownego ochładzania (rzędu kilku stopni na godzinę) [2]. Natomiast w warunkach naturalnych dochodzi najczęściej do uszkodzeń spowodowanych przez lód, tworzący się w przestrzeniach międzykomórkowych. Powstanie kryształka lodu wewnątrz rośliny powoduje lokalny spadek wilgotności. Dzieje się tak dlatego, że ciśnienie pary wodnej nad powierzchnią lodu jest mniejsze niż nad powierzchnią cieczy. Tak więc obecność lodu w tkance roślinnej wiąże się z wytworzeniem

gradientu wilgotności i prowadzi do stopniowego odwadniania sąsiadujących z kryształkiem lodu komórek. Początkowo efekt ten zapewnia komórkom ochronę. W miarę jak woda przedostaje się na zewnątrz komórki, rośnie bowiem stężenie związków rozpuszczonych w cytoplazmie komórki. Dzięki temu krytyczna temperatura zamarzania stopniowo spada, zabezpieczając komórkę przed tworzeniem się lodu w jej wnętrzu. Jeśli jednak w wyniku tego procesu komórki utracą zbyt wiele wody, zapadają się i obumierają. Uszkodzenia komórek mogą też nastąpić w wyniku rozrastania się kryształka lodu, naruszającego ciągłość ściany komórkowej.

Świeżo pękające pąki kwiatów na drzewach i krzewach owocowych są bardzo wrażliwe na zmiany temperatury i najbardziej narażone na uszkodzenia w wyniku przymrozków [3, 4]. Jeśli przymrozki nadejdą w okresie przed rozwinięciem się pąków, lub gdy zawiązki owoców rozwinią się już w pełni, mrozy nie wyrządzą już tak wielkich szkód w sadach. Ważne jest więc zapewnienie ochrony roślinom w tym krytycznym dla rozwoju ich kwiatów okresie.

Co zatem można zrobić, żeby uchronić drzewa i krzewy przed skutkami przymrozków? Narzucającym się rozwiązaniem jest wybór odmian roślin, które kwitną później lub takich, które są bardziej odporne na niskie temperatury. Nie jest jednak łatwo ustalić, które odmiany spiszą się najlepiej. Stwierdzono bowiem znaczne różnice pomiędzy krytycznymi temperaturami zamarzania dla tych samych odmian rosnących w różnych sadach, a nawet w obrębie jednej rośliny! Można jedynie oszacować średnie temperatury przy jakich ginie określona część pąków drzew w różnych stadiach rozwoju. Tabela 1 przedstawia wartości średnich temperatur, przy których zniszczone zostaje odpowiednio 10% i 90% pąków w tzw. stadium stulonego pąka, białego (lub różowego) pąka oraz w stadium pełnego kwitnienia dla kilku wybranych drzew owocowych [5]. Jak widać, straty ponoszone wskutek przymrozków zależą bardzo silnie od stadium rozwoju pąków. W fazie rozkwitu roślin, spadek temperatury do około -4°C może doprowadzić do uszkodzenia prawie wszystkich kwiatów.

Tabela 1. Temperatury krytyczne dla różnych gatunków drzew owocowych

		10%	90%
		uszkodzonych	uszkodzonych
jabłoń (Golden Delicious)	stadium stulonego pąka	-3°C	-6°C
	stadium różowego pąka	-2°C	-4°C
	pełny zakwit	-2°C	-4°C
grusza (Bartlett)	stadium stulonego pąka	-4°C	-9°C
	stadium białego pąka	-4°C	-7°C
	pełny zakwit	-2°C	-4°C
czereśnia	stadium stulonego pąka	-3°C	-8°C
	stadium białego pąka	-3°C	-4°C
	pełny zakwit	-2°C	-4°C

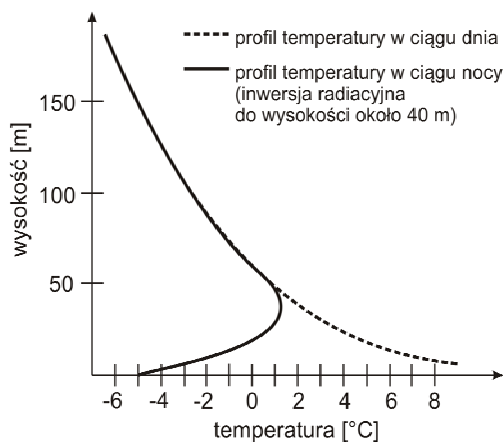
Ważnym czynnikiem decydującym o stopniu ochrony roślin przed przymrozkami jest również rodzaj podłoża, w szczególności jego własności termiczne. W początkowych godzinach po wschodzie Słońca następuje stopniowe ogrzewanie gleby i przepływ energii cieplnej od nagrzanej warstwy powierzchniowej do warstw położonych głębiej. W późnych godzinach popołudniowych zmienia się kierunek tego przepływu i podłoże traci zmagazynowaną energię cieplną. W zależności od struktury oraz stopnia wilgotności, gleby różnią się pod względem wydajności przewodzenia ciepła. Im większy jest stosunek przewodności termicznej do pojemności cieplnej gleby (zwany *współczynnikiem dyfuzyjności termicznej*), tym mniejsze wahania temperatury występują przy jej powierzchni i tym wyższa jest zwykle minimalna wartość temperatury powietrza w obszarze upraw [6]. Dlatego wilgotna dobrze ubita warstwa powierzchniowa gleby stanowi lepszą ochronę przed przymrozkami niż spulchnione suche podłoże. Ze względu na efektywność przewodzenia energii cieplnej najlepsze są dobrze nawodnione (ale nie nasyczone) gleby piaszczyste, nieco mniej wydajne są gleby gliniaste, a najmniej efektywne – podłoża torfowe. Okazuje się jednak, że rośliny uprawiane na ciężkich, ciemnych glebach mają tendencję do zakwitania wcześniej niż te rosnące na jaśniejszym, lżejszym podłożu [6]. Sadownicy muszą więc odpowiednio dobierać odmianę upraw do rodzaju gleby.

Nie bez znaczenia jest również lokalizacja sadu. Jeśli okolica jest pagórkowata, chłodne gęste powietrze będzie przepływać ze szczytów wzniesień w dół i gromadzić się w zagłębieniach terenu. Z tego powodu najkorzystniejszym położeniem dla sadów są zbocza, gdzie temperatura jest najwyższa. Z punktu widzenia ochrony przed przymrozkami zalecane są stoki zwrócone ku północy, ponieważ taka lokalizacja zapewnia późniejsze zakwitanie roślin. Gęste płoty, budynki i inne przeszkody terenowe stanowią również zaporę dla przepływających mas powietrza. Dlatego sadownicy planujący metody ochrony przed przymrozkami, muszą najpierw zbadać w jaki sposób topografia terenu decyduje o rozkładzie temperatury w ich sadzie. Obecność zbiorników wodnych, mających znaczny wpływ na regulację temperatury stanowi również istotny czynnik. Nawet niewielki staw lub jezioro w pobliżu sadu może zapewnić znaczną redukcję strat ponoszonych w wyniku przymrozków [7].

Wszelkie czynniki inicjujące wzrost lub zakwitanie, z natury obniżają odporność rośliny na przymrozki, dlatego sadownicy stosują również środki chemiczne opóźniające zakwitanie, a także decydują się na przycinanie drzew dopiero wtedy, kiedy ryzyko przymrozków jest już niewielkie.

Oprócz powyżej opisanych pasywnych metod ochrony istnieją również aktywne sposoby zapobiegania skutkom przymrozków. Skuteczność metod aktywnych zależy jednak od warunków pogodowych oraz precyzji prognoz pogody. Aby to zrozumieć, zastanówmy się nad tym, w jaki sposób dochodzi do wymiany ciepła pomiędzy roślinami i podłożem, a otaczającym je powietrzem.

W ciągu dnia, powierzchnia Ziemi oraz znajdujące się na niej obiekty absorbują promieniowanie słoneczne i stopniowo się nagrzewają. Wymiana ciepła między powierzchnią Ziemi a powietrzem oraz ruchy konwekcyjne w dolnej części atmosfery (troposferze) powodują nieustanne mieszanie się warstw zimnego i ciepłego powietrza, prowadząc w konsekwencji do wytworzenia ujemnego gradientu temperatury: im wyżej nad powierzchnią gruntu – tym chłodniej. Po zachodzie Słońca powierzchnia Ziemi i rosnące w niej uprawy tracą energię ciepłą poprzez promieniowanie, ochładzając się dużo szybciej niż otaczające powietrze. Na skutek powstałej w ten sposób różnicy temperatur, podłoże pobiera ciepło z warstwy powietrza leżącej najbliżej powierzchni Ziemi. Przy bezwietrznej i bezchmurnej pogodzie, ostatecznie ustala się nowy gradient temperatury, w którym wraz ze wzrostem wysokości nad powierzchnią Ziemi temperatura rośnie do pewnej wysokości (inwersja radiacyjna), a następnie spada (Rys.1). Wysokość przy jakiej następuje zmiana gradientu temperatury z dodatniego na ujemny wynosi średnio od około 10 m do 60 m [8]. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że obecność chmur znacznie zmniejsza straty radiacyjne, dzięki czemu powierzchnia Ziemi oddaje ciepło dużo wolniej i nie dochodzi wówczas do wytworzenia inwersji temperatur.



Rys. 1. Przykładowy wykres zależności temperatury od wysokości w obecności inwersji radiacyjnej (linia ciągła). Dla porównania linią przerywaną zaznaczono profil temperatury w ciągu dnia

Przymrozki występujące w warunkach inwersji termicznej nazywa się *przymrozkami radiacyjnymi*. Innym rodzajem przymrozków są *przymrozki adwekcyjne*, pojawiające się na skutek nagłego napływu zimnych mas powietrza. Przykład stanowią tu przymrozki występujące w okolicy „zimnych ogrodników” i „zimnej Zośki”. Przymrozki tego typu występują rzadziej niż przymrozki radiacyjne, ale towarzyszą im silne wiatry, co utrudnia ochronę sadów przed

ich skutkami. Trzeba bowiem zaznaczyć, że większość aktywnych metod ochrony sadów działa lepiej w obecności inwersji termicznej, do której dochodzi jedynie przy bezwietrznej pogodzie.

Do najważniejszych aktywnych metod ochrony roślin przed przymrozkami należą: ogrzewanie i mieszanie powietrza w sadach oraz zraszanie (deszczowanie).

Ogrzewanie sadów w okresie spodziewanego ochłodzenia jest najstarszą z aktywnych metod ochrony roślin, stosowaną jeszcze przez starożytnych Rzymian [4,6]. Obecnie wykorzystuje się do tego celu specjalne piece grzewcze na paliwo stałe, płynne lub gazowe. Na skutek działania grzejników dochodzi zarówno do bezpośredniego podnoszenia temperatury upraw (rośliny absorbują promieniowanie ciepłe), jak również do mieszania powietrza w warstwie inwersji termicznej. Prowadzi to do podniesienia średniej temperatury powietrza przy powierzchni Ziemi, gdzie znajdują się rośliny. Ponieważ ogrzewane przez piece powietrze jako mniej gęste wznosi się do góry, powoduje to napływ zimnego powietrza z dalej położonych obszarów. Dlatego, aby skutecznie chronić uprawy, sadownicy umieszczają odpowiednio więcej grzejników na obrzeżach sadów.



Fot. 1. Piece grzewcze. Źródło: <http://www.gettyimages.com/detail/AG000652/Photodisc>

Kiedyś wierzono, że można zabezpieczyć uprawy przed przymrozkami również poprzez spalanie materiałów wytwarzających duże ilości dymu (*zadymianie*). Przekonanie to brało się stąd, że traktowano dym jako substytut

pary wodnej. Obecność chmur lub mgły powoduje bowiem zmniejszenie strat radiacyjnych. Dzieje się tak dlatego, że długofalowe promieniowanie ciepłe emitowane z powierzchni Ziemi zostaje zaabsorbowane przez cząsteczki wody a następnie wyemitowane ponownie. Ponieważ reemisja ta zachodzi w każdym kierunku, część energii ciepłej wraca w ten sposób w kierunku powierzchni Ziemi. Jednak cząsteczki dymu, o średniej wielkości ok. 1 mm, zatrzymują wprawdzie promieniowanie w zakresie widzialnym, ale nie mają wielkiego wpływu na promieniowanie ciepłe. Dym nie stanowi więc żadnej ochrony, a jedynie zanieczyszcza powietrze i dlatego powinno się redukować do minimum jego wytwarzanie [6]. Dodatkowo, obecność dymu w sadzie zapobiega szybkiemu ogrzewaniu powietrza po wschodzie Słońca, przez co rosną koszty paliwa (ponieważ grzejniki muszą wtedy pracować dłużej nad ranem).

Inną metodą działającą bardzo dobrze w warunkach inwersji radiacyjnej jest *mechaniczne mieszanie powietrza*. W tym celu stosuje się specjalne śmigła z pionową lub poziomą osią obrotu. Wymuszenie cyrkulacji powietrza w obrębie warstwy inwersyjnej powoduje podniesienie temperatury na poziomie upraw. Efektywność działania tej metody zależy od tzw. *sily inwersji*, którą określa się jako różnicę temperatur mierzonych na wysokości 1,5 m oraz 10 m. Im silniejsza inwersja, tym większy wzrost temperatury przy gruncie można osiągnąć w wyniku mieszania powietrza.



Fot. 2. Śmigło do mechanicznego mieszania powietrza. Źródło: http://www.vintegrow.com/images/windmill_pic_1_lg.jpg

Ochronę sadów przez przymrozkami można również zapewnić poprzez *zraszanie (deszczowanie)*. Metoda ta polega na wyrównaniu strat energii cieplnej w sadzie poprzez wykorzystanie ciepła wydzielanego podczas ochładzania się i zamarzania wody. Kropelki wody ze spryskiwacza w kontakcie z rośliną zamarzają, przy czym towarzyszy temu wydzielanie ciepła utajonego przemiany fazowej. Energia uwalniana podczas zamarzania 1 kg wody w temperaturze 0°C wynosi 334,5 kJ. Dzięki temu temperatura rośliny lokalnie wzrasta. Oprócz zamarzania zachodzą jednak również procesy parowania i sublimacji, w czasie których ciepło pobierane jest z otoczenia, m.in. z rośliny (2501 kJ/kg dla parowania i 2825,5 kJ/kg dla sublimacji w temperaturze 0°C), co prowadzi do ponownego ochładzania rośliny. Choć procesy te zachodzą wolno, to jednak związane z nimi straty energii są bardzo duże. Z grubsza rzecz biorąc ilość wody, która musi ochładzać się i zamarzać powinna być około 7 razy większa niż ilość wody, która paruje i sublimuje. Dlatego kluczowe dla tej metody są: odpowiednia regulacja tempa obrotu spryskiwacza oraz właściwy dobór intensywności zraszania zależny od temperatury i prędkości wiatru. Parametry te muszą być dobrane w taki sposób, żeby zabezpieczyć rośliny przed zbyt dużym spadkiem temperatury pomiędzy kolejnymi obrotami spryskiwacza. W innym wypadku, straty energii cieplnej spowodowane parowaniem i sublimacją mogą doprowadzić do wychłodzenia rośliny poniżej temperatury, jaką miałaby ona bez spryskiwania. Nawet krótka przerwa w zraszaniu, spowodowana na przykład zamarznięciem końcówki spryskiwacza, może spowodować większe szkody niż sam przymrozek.



Fot. 3. Sad podczas deszczowania. Źródło: <http://www.canr.msu.edu/vanburen/fsprinkl.htm>



Fot. 4. Pączki winorośli pokryte lodem po deszczowaniu. Źródło: http://www.sacbee.com/static/weblogs/dining/archives/2007_04.html

Referencje

- [1] S. Lindow, D. Arny, C. Upper. *Bacterial ice nucleation: A factor in frost injury to plants*. Plant Physiology 1982
- [2] P. Mazur. *Freezing injury in plants*. Annual Review of Plant Physiology 1969
- [3] W. Treder. *Ochrona roślin przed przymrozkami*. Hasło ogrodnicze 2005
- [4] J. Rodrigo. *Spring frost in deciduous fruit trees – morphological damage and flower hardiness*. Scientia Horticulturae, 2000
- [5] *Pennsylvania tree fruit production guide 2008–2009* <http://tfpg.cas.psu.edu/>
- [6] R. Snyder, J. Paulo de Melo-Abreu. *Frost protection: Fundamentals, practice and economics*, vol.1. Environment and natural resources series. FAO 2005
<http://www.fao.org/docrep/008/y7223e/y7223e00.HTM>
- [7] A. Powell, D. Himelrick. *Principles of freeze protection for fruit crops*
<http://www.aces.edu/dept/peaches/freeze.html>
- [8] K. Perry. *Frost/freeze protection for horticultural crops*. Horticulture Information Leaflet No. 705 <http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-705.html>



Ośrodki z koherencją kwantową

Szymon Pustelny

Instytut Fizyki UJ

Istnienie diametralnie różnych praw rządzących światem w skali mikro i makro jest jedną z największych i wciąż nierozwiązanych zagadek przyrody. Makroświat jest intuicyjny (w nim przecież kształtuje się nasza intuicja), a ponadto deterministyczny. Modele tworzone do jego opisu pozwalają dobrze zrozumieć mechanizmy rządzące poszczególnymi jego elementami i w konsekwencji precyzyjnie przewidywać wyniki prowadzonych eksperymentów. Świat w skali mikro jest inny. W nim niczego nie da się powiedzieć z pewnością, a wyniki pomiarów mogą być przewidziane jedynie ze skończonym prawdopodobieństwem. Co więcej, wiele z dokonywanych w mikroświecie obserwacji stoi w jaskrawej sprzeczności z tzw. zdrowym rozsądkiem i makroświatową intuicją. Różny jest także język opisu obu światów. O ile w opisie makroświata używa się pojęć posiadających konkretne znaczenie fizyczne, takich jak siła, masa, temperatura, itd., o tyle pojęcia wykorzystywane w opisie mikroświata często nie mają swoich fizycznych odpowiedników. Przykładowo, *funkcja falowa* będąca podstawowym pojęciem wykorzystywanym w opisie mikroświata nie jest mierzalna, a więc takiego odpowiednika nie ma. Jednocześnie to właśnie funkcja falowa, a dokładniej jej kwadrat, determinuje wyniki prowadzonych pomiarów różnych wielkości fizycznych.

Ewolucja układu fizycznego w skali mikro matematycznie opisywana jest za pomocą *równania Schrödingera*. Równanie to jest równaniem różniczkowym ze względu na czas i współrzędne przestrzenne, i jest ono w swojej formie bardzo zbliżone do klasycznego równania falowego. Okazuje się, że analogia ta idzie dalej – funkcje falowe różnych obiektów mogą ze sobą interferować, a jak wiadomo interferencja jest zjawiskiem falowym. Interferencja ta może być zarówno konstruktywna – zwiększenie prawdopodobieństwa obserwacji jakiegoś efektu (np. wzrost prawdopodobieństwa znalezienia cząstki w określonym miejscu w przestrzeni), jak również destruktywna – zmniejszenie tego prawdopodobieństwa (np. kompletne wykluczenie możliwości zarejestrowania cząstki w tym miejscu).

Poprzez funkcję falową demonstruje się jeszcze jedna fascynująca własność mikroświata tzw. *superpozycja kwantowa*. Okazuje się bowiem, że w skali mikro układ posiadający kilka tzw. *stanów własnych* nie tylko może znajdować się w tych stanach, ale może również być w ich dowolnej kombinacji (superpozycji). Choć w wyniku pomiaru stanu układu zawsze zmierzony zostanie tylko jeden ze stanów własnych (mówimy przy tym o tzw. *kolapsie funkcji falowej* na

jeden ze stanów własnych), to prawdopodobieństwo, który to będzie ze stanów determinowane jest właśnie przez sam stan superpozycji.

Aby lepiej zrozumieć to zagadnienie posłużmy się przykładem. Rozważmy elektron, który jest cząstką obdarzoną spinem¹ połówkowym $\hbar/2$, gdzie \hbar jest uniwersalną stałą natury, zwaną *stałą Plancka* h podzieloną przez 2π . Z połówkowej wartości spinu elektronu wynika, że pomiar rzutu spinu na wybrany kierunek w przestrzeni zawsze zwróci jedną z dwóch orientacji przestrzennych (*rzutów*) spinu. Nazwijmy je umownie „spin w górę” i „spin w dół” i przyporządkujmy im dwa stany własne elektronu: $|\uparrow\rangle$ i $|\downarrow\rangle$. Mimo, że w wyniku pomiaru zawsze zmierzony zostanie jeden z dwóch stanów własnych elektronu, to przed pomiarem elektron wcale nie musi znajdować się właśnie w tym stanie. Może on np. być w stanie superpozycji $|i\rangle = a|\uparrow\rangle + b|\downarrow\rangle$, gdzie a , b są dwiema liczbami spełniającymi zależność $|a|^2 + |b|^2 = 1$. Prawdopodobieństwo uzyskania na drodze pomiaru konkretnego wyniku determinowane jest przez kwadrat modułu odpowiedniego współczynnika. I tak w rozważanym przypadku prawdopodobieństwo zmierzenia orientacji spinu w górę równe jest $|a|^2$, a spinu w dół $|b|^2$.

Możliwość istnienia superpozycji stanów oraz fakt pomiaru jedynie stanów własnych jest dosyć problematyczna (była ona np. obiektem długiej i pięknej polemiki pomiędzy Einsteinem i Bohrem nad poprawnością mechaniki kwantowej). Czy rzeczywiście musimy odwoływać się do tak dziwnego pojęcia jak superpozycja kwantowa? Czy nie możemy mówić o pewnej statystycznej interpretacji funkcji falowej – elektron przy jednym pomiarze ma spin w górę a przy innym w dół?

Przez długi czas problem interpretacji funkcji falowej był jednym z najbardziej dyskutowanych problemów naukowych w fizyce (dziś jest on wciąż aktualny, choć obecnie jest to raczej dyskusja z pogranicza fizyki i filozofii). Duża grupa naukowców, w tym m.in. Albert Einstein, skłaniała się do tezy, że funkcja falowa jest wielkością statystyczną. W takim wypadku nie opisuje ona pojedynczych obiektów, jak np. cząstka, a jedynie zespół takich samych obiektów, np. grupę identycznych cząstek. W tym kontekście nie ma konieczności wprowadzania takich pojęć i zjawisk jak superpozycja kwantowa lub redukcja funkcji falowej, gdyż pojedyncze obiekty znajdują się w ściśle określonym stanie. Stan superpozycji zatem nie istnieje.

Choć interpretacja statystyczna jest kusząca, bo unika wprowadzania szeregu nieintuicyjnych pojęć, to jednak nie jest ona w stanie przetrwać konfrontacji z eksperymentem. Istnieje bowiem szereg zjawisk, których nie sposób wyjaśnić w ten właśnie statystyczny sposób, jak np. nielokalność mechaniki kwantowej (*paradoks EPR*, *kwantowa teleportacja*).

¹ Spin, naiwnie, choć nie do końca poprawnie, może być utożsamiony z wewnętrznym momentem pędu obiektu. W rzeczywistości spin jest fundamentalną własnością materii, która determinuje dodatkowy stopień swobody cząstki.

Możliwość istnienia superpozycji kwantowych w skali mikro nasuwa pytanie o to, dlaczego własność ta nie manifestuje się w makroświecie? Przecież ośrodki makroskopowe zbudowane są z atomów i cząstek, dla których superpozycje odgrywają kluczową rolę.

Odpowiadając na to pytanie należy zwrócić uwagę na dwa fakty. Po pierwsze, ośrodki makroskopowe zbudowane są z ogromnej liczby atomów lub cząstek. Jeżeli stany kwantowe poszczególnych elementów budujących takie ośrodki różnią się od siebie tylko nieznacznie, to uwzględnienie olbrzymiej liczby atomów lub cząstek sprawia, że informacja o kwantowych własnościach pojedynczych elementów mikroskopowych jest w ośrodku, jako całości, tracona. Po wtóre, istnieją procesy, które powodują bardzo szybką utratę informacji o stanie kwantowym całego układu. Procesy te noszą nazwę *procesów dekoherencyjnych* i jak wykazano są one tym szybsze, im większy i bardziej skomplikowany jest badany układ.

Niezależnie od istnienia dekoherencji oraz olbrzymiej złożoności układów makroskopowych istnieje pewna wąska grupa ośrodków, w których własności kwantowe, w szczególności własność superpozycji, manifestują się również na poziomie makro. Aby jednak było to możliwe, ośrodki takie muszą zostać przygotowane w specjalny sposób – większość z budujących je elementów mikroskopowych musi być w takim samym stanie kwantowym i stany te muszą podlegać identycznej ewolucji czasowej. Dzięki temu przyczynki pochodzące od poszczególnych elementów układu mogą się wzajemnie wzmacniać prowadząc do pojawienia się bardzo ciekawych własności fizycznych takich ośrodków. Jednak by własności te mogły zostać zaobserwowane, niezbędne jest spełnienie drugiego dodatkowego warunku, tzn. bardzo silne ograniczenie procesów dekoherencyjnych zachodzących w układzie. Dopiero połączenie tych dwóch warunków sprawia, że możliwe jest wytworzenie tzw. *ośrodków z koherencją kwantową* (ang. *coherently prepared media*) posiadających unikalne własności fizyczne. Wyjątkowe własności ośrodków z koherencją kwantową przedyskutujemy na przykładzie ich własności optycznych.

Własności optyczne ośrodków opisywane są makroskopowo przez dwie wielkości fizyczne: współczynnik absorpcji i współczynnik załamania. Pierwszy z tych współczynników determinuje ilość światła transmitowanego przez ośrodek, podczas gdy drugi określa, z jaką prędkością rozchodzi się w tym ośrodku fala elektromagnetyczna o określonej długości (*prędkość fazowa*) lub jak szybko propaguje przezeń impuls światła (*prędkość grupowa*). Tak więc, współczynnik załamania charakteryzuje dyspersję ośrodka. Oba współczynniki są w praktyce dwiema manifestacjami tej samej wielkości fizycznej zwanej *polaryzowalnością ośrodka*. Z tego właśnie powodu zmiana jednego ze współczynników zawsze wiąże się ze zmianą drugiego z nich. Co więcej, znajomość zależności jednego z nich w funkcji jakiegoś parametru fizycznego, np. długo-

ści fali światła, pozwala na obliczenie zależności drugiego współczynnika od tego parametru.

Polaryzowalność ośrodka, choć jest wielkością makroskopową, może zostać wyznaczona na podstawie znajomości stanów kwantowych atomów lub cząstek budujących dany ośrodek. W praktyce, polaryzowalność jest zdeterminowana przez tzw. *amplitudę koherencji* pomiędzy stanem podstawowym a stanem wzbudzonym, które oddziałują ze światłem². Dla słabego światła amplituda ta zależy liniowo od natężenia pola elektrycznego propagującej fali. W takim przypadku zawsze ta sama część padającego promieniowania transmitowana jest przez ośrodek niezależnie od natężenia fali padającej. Z uwagi na brak zależności współczynników absorpcji i dyspersji od natężenia omawiany efekt nazywany jest *liniową absorpcją* (liniowa zależność amplitudy koherencji od natężenia pola elektrycznego fali świetlnej). Inaczej sytuacja wygląda, gdy wykorzystane zostanie światło o wyższym natężeniu. Światło takie może zmodyfikować własności ośrodka (amplituda koherencji zależy wówczas nieliniowo od natężenia pola elektrycznego fali świetlnej), a następnie te zmodyfikowane własności ośrodków decydują o samej propagacji światła. W takim przypadku ilość światła transmitowanego przez ośrodek zależy od natężeń padającego promieniowania. Zjawisko, w którym względna ilość światła transmitowanego przez ośrodek zależy od natężenia fali padającej nosi nazwę *absorpcji nieliniowej*. Nieliniowa absorpcja jest jednym z przykładów optycznych zjawisk nieliniowych.

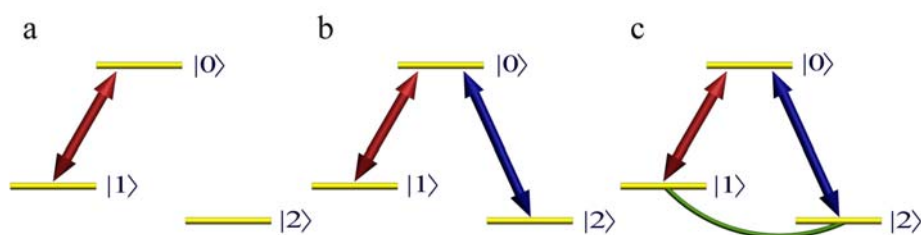
Omówiony powyżej przypadek pokazuje, że absorpcja światła zależy od superpozycji (amplitudy koherencji) stanów, do których światło to jest dostrojone. Okazuje się jednak, że w pewnych ciekawych przypadkach amplituda koherencji zależy może nie tylko od natężenia samego światła, które ją wytwarza, ale również od superpozycji innych stanów, które istnieją w atomach lub cząstkach. Aby zobrazować ten efekt rozpatrzmy atom posiadający trzy stany kwantowe³: dwa poziomy podstawowe o niższej energii oznaczone przez $|1\rangle$ i $|2\rangle$ i jeden wzbudzony o wyższej energii oznaczony przez $|0\rangle$ (patrz rys. 1a). Dwa stany dolne są *stanami długożyjącymi* tzn. atom, który znajduje się w takim stanie pozostaje w nim przez długi, w skali atomowej, czas⁴. Oznacza to, że raz wytworzona superpozycja pomiędzy tymi stanami będzie wolno zanikać. Jednocześnie atom będący w stanie wzbudzonym, dużo szybciej przechodzi do jednego ze stanów podstawowych, a co za tym idzie, czas życia superpozycji pomiędzy stanem podstawowym i stanem wzbudzonym jest zdecydowanie krótszy

² W rozważanym powyżej przypadku elektronu amplituda koherencji zdeterminowana jest przez $|ab^*|$, gdzie symbol * oznacza sprzężenie zespolone.

³ Identyczne rozumowanie można przeprowadzić dla jonów lub cząstek posiadających trzy lub więcej stany kwantowe.

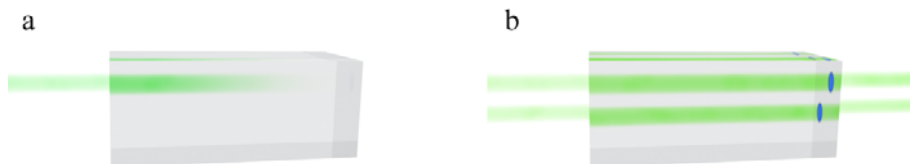
⁴ W rozważanym przypadku zakładamy, że atom nie oddziałuje z żadnymi polami zewnętrznymi, w tym polem elektrycznym, magnetycznym i elektromagnetycznym.

niż czas życia superpozycji dwóch stanów o niższej energii. Rozpatrzmy teraz sytuację, w której przez ośrodek propaguje wiązka światła dostrojona do przejścia pomiędzy poziomem energetycznym $|1\rangle$ i poziomem $|0\rangle$ (rys. 1b). Przypadek ten jest identyczny jak omawiany wcześniej przypadek absorpcji w układzie dwupoziomowym – za absorpcję odpowiada tylko superpozycja pomiędzy stanami $|0\rangle$ i $|1\rangle$ wytworzona przez samą wiązkę. Włączenie drugiej wiązki światła dostrojonej do poziomów $|0\rangle$ i $|2\rangle$ sprawia, że w atomach pojawi się również superpozycja poziomów $|0\rangle$ i $|2\rangle$ oraz, co nie jest oczywiste, superpozycja stanów $|1\rangle$ i $|2\rangle$ (rys. 1c). To właśnie ta ostatnia superpozycja sprawia, że absorpcja i dyspersja pierwszej wiązki zależy m.in. od natężenia i długości fali drugiej wiązki światła, tzn. tej oddziałującej na przejściu pomiędzy stanami $|2\rangle$ i $|0\rangle$. Efekt ten jest tym silniejszy im wyższe jest natężenie światła drugiej wiązki (aż do osiągnięcia tzw. *nasycenia*) oraz im różnica energii obu wiązek bliższa jest różnicy energetycznej pomiędzy stanami $|1\rangle$ i $|2\rangle$. Ze względu na zależności superpozycji poziomów $|1\rangle$ i $|0\rangle$ od parametrów drugiej wiązki, własności optyczne ośrodka dla pierwszej wiązki mogą być w dynamiczny sposób kontrolowane.



Rys. 1. Struktura energetyczna atomu trójpoziomowego oddziałującego z jedną wiązką (a) oraz dwiema wiązkami światła (b). Jednoczesne oddziaływanie z dwiema wiązkami światła może doprowadzić do wytworzenia superpozycji stanów kwantowych $|1\rangle$ i $|2\rangle$ (c)

Możliwość modyfikacji własności optycznych ośrodka za pomocą superpozycji innych stanów stoi u podstaw wielu ciekawych efektów obserwowanych w ośrodkach z koherencją kwantową. Pierwszym z nich jest elektromagnetycznie indukowana przezroczystość, czyli efekt polegający na zmniejszeniu absorpcji światła w ośrodku oddziałującym jednocześnie z dwiema wiązkami światła o różnej długości fali (rys. 2). Efekt ten można zaobserwować w omawianym powyżej układzie trójpoziomowym. W takim przypadku amplituda koherencji $|1\rangle$ - $|0\rangle$, a więc superpozycji odpowiedzialnej za absorpcję pierwszej wiązki, może zostać zmniejszona przez superpozycję stanów $|1\rangle$ i $|2\rangle$ wytwarzanych za pomocą drugiej wiązki. Zmniejszenie amplitudy koherencji stanów $|1\rangle$ i $|0\rangle$ objawia się przez wzrost transmisji pierwszej wiązki przez ośrodek.



Rys. 2. Ośrodek, który w normalnych warunkach absorbuje światło (a), może stać się ośrodkiem przezroczystym, jeżeli wytworzone w nim zostaną określone superpozycje stanów kwantowych – elektromagnetycznie indukowana przezroczystość (b)

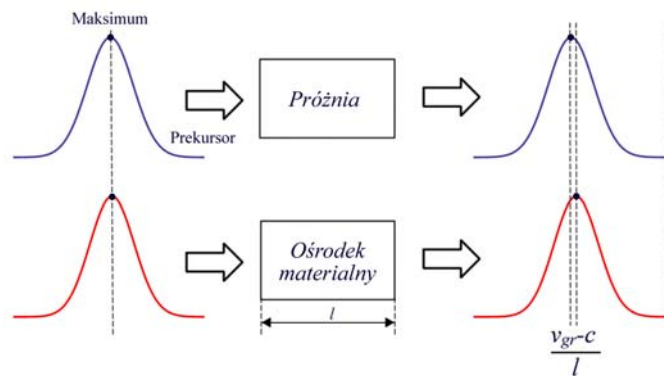
Jak wyżej wspomniano, własności absorpcyjne i dyspersyjne są ze sobą nierozzerwalnie związane. Dlatego możliwość zmiany absorpcji ośrodka naturalnie implikuje zmianę jego dyspersji. Tak więc w ośrodkach z koherencją kwantową muszą również być obserwowane zjawiska, w których fundamentalną rolę pełni nie zmiana współczynnika absorpcji, a zmiana współczynnika załamania. I rzeczywiście, możliwość modyfikacji współczynnika załamania światła dla ośrodków materialnych stoi u podstaw dwóch ciekawych efektów zwanych „wolnym światłem” i „szybkim światłem”. Oba te zjawiska polegają na drastycznej zmianie prędkości grupowej impulsu światła rozchodzącego się w ośrodku. I tak w „wolnym świetle” prędkość grupowa impulsu propagującego się przez dany ośrodek zmniejszana jest nawet o kilka rzędów wielkości w porównaniu z prędkością światła w próżni. Ta modyfikacja związana jest z istnieniem superpozycji w atomach lub cząstkach budujących ośrodek. W szczególności, to właśnie superpozycje długożyjących stanów podstawowych doprowadziły do zaobserwowania najwolniejszych impulsów światła, jakie kiedykolwiek udało się zarejestrować ($v_{gr} = 8 \text{ m/s}$). Co więcej, prędkość grupową światła można nie tylko zmieniać, ale można ją również dynamicznie modyfikować. Pozwala to na spowolnienie lub przyspieszenie impulsu propagującego w ośrodku, co może mieć bardzo ciekawe zastosowania. Przykładowo, trwają obecnie prace nad wykorzystaniem tego efektu w tzw. *optycznych liniach opóźniających*, w których prędkość propagacji impulsów światła przez światłowód ma być regulowana. Pozwoli to na kontrolowanie ilości informacji docierających do urządzeń optoelektronicznych zajmujących się obróbką impulsów (detekcją, przełączaniem, multipleksowaniem, itd.). Ma to uniemożliwić „zapychanie się” tych urządzeń, co w konsekwencji wielokrotnie poprawi przepustowość istniejących już sieci światłowodowych.

Impuls światła propagujący przez ośrodek materialny nie tylko może zostać spowolniony, ale może on nawet być w tym ośrodku kompletnie zatrzymany. W takim przypadku, możliwe jest „zapisanie” impulsu na żądanie w postaci tzw. *wzbudzenia spinowego*, czyli w postaci odpowiedniej orientacji przestrzennej momentów pędu atomów lub cząstek budujących ośrodek. Impuls ten może zostać później „odczytany” z atomów „na rozkaz”. Bardzo ważne jest to, że podczas „zapisywania” i „odczytywania” impulsu pomiędzy światłem i ośrod-

kiem przekazywana jest całkowita informacja o impulsie, w szczególności, o kwantowych własnościach światła i atomów. Możliwość transferu kwantowej informacji pomiędzy światłem i ośrodkiem jest niezmiernie ważna, ponieważ o ile fotony są dobrymi nośnikami informacji kwantowej, to nie nadają się one do jej przetwarzania. Jednocześnie zmiana stanu kwantowego atomów lub cząstek może być zrealizowana stosunkowo łatwo, chociażby poprzez oddziaływania z zewnętrznymi polami (polem elektrycznym, magnetycznym i elektromagnetycznym), podczas gdy atomy nie nadają się do przekazywania informacji między dwoma punktami. Połączenia ze sobą zalet atomów i fotonów otwiera możliwość przesyłania informacji kwantowej na duże odległości (*kwantowe sieci telekomunikacyjne*), jak również przetwarzania tych kwantowych informacji (*kwantowe bramki logiczne*).

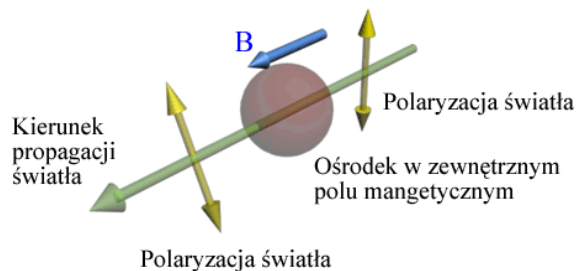
Równie, a może nawet bardziej intrygująca, co możliwość spowolnienia czy zatrzymania światła w ośrodku materialnym, jest umiejętność jego przyspieszania. W eksperymentach z „szybkim światłem”, w których efekt ten był obserwowany, prędkość grupowa impulsu światła propagującego przez ośrodek była większa od prędkości światła w próżni. Oznaczało to, że z dwóch impulsów, z których jeden rozchodził się w próżni, a drugi w ośrodku materialnym, do detektora docierało wcześniej maksimum tego drugiego (patrz rys. 3). Możliwość uzyskania prędkości grupowej impulsu większej od c może stawiać pytanie o poprawność Szczególnej Teorii Względności. Czy możliwe jest przesłanie informacji z prędkością większą od c ?! Okazuje się że nie. Pomimo, że prędkość grupowa impulsu „szybkiego światła” jest większa od prędkości światła impulsów rozchodzących się w próżni, to jednak informacja, którą niesie taki impuls nie może dotrzeć do detektora szybciej. Dzieje się tak dlatego, że w obu przypadkach pierwsza część impulsu zwana prekursorem dociera do detektora dokładnie w takim samym czasie albo nawet później w ośrodku materialnym. Ponieważ to właśnie prekursor decyduje o tym jak szybko może być transmitowana informacja, zasada przyczynowości pozostaje nienaruszona⁵.

⁵ Warto zwrócić uwagę, że wielu naukowców twierdzi, że możliwa jest transmisja informacji w ośrodku materialnym szybciej niż w próżni. Swoją hipotezę opierają oni na obserwacji, że współczesne detektory, aby wykryć impuls muszą zaabsorbować pewną ilość promieniowania (niezbędne jest, aby pole pod obwiednią impulsu osiągnęło odpowiednią wartość). Ponieważ warunek ten jest spełniany wcześniej w ośrodkach materialnych z prędkością grupową większą od c , to detektor umieszczony za ośrodkiem materialnym zarejestruje impuls szybciej niż ten umieszczony w próżni. Należy jednak zwrócić uwagę, że ograniczenie to nie jest ograniczeniem fundamentalnym, a wynika ono ze stosowanej technologii.



Rys. 3. Dwa impulsy promieniowania propagujące przez próżnię i ośrodek materialny, w którym obserwowane jest „szybkie światło”. Pomimo, że prędkość grupowa w impulsie w drugim przypadku jest większa od prędkości światła w próżni to i tak prędkość, z jaką możliwe jest przesłanie informacji (prędkość prekursora) jest co najwyżej równa prędkości c

Ostatnim ciekawym, choć na pierwszy rzut oka mniej spektakularnym efektem związanym z istnieniem superpozycji stanów kwantowych jest nieliniowy efekt Faradaya. Zjawisko to polega na zależnym od natężenia światła skręceniu płaszczyzny polaryzacji światła liniowo spolaryzowanego podczas jego przejścia przez ośrodek umieszczony w zewnętrznym polu magnetycznym (rys. 4). Ponieważ za kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji odpowiedzialne są superpozycje poziomów energetycznych w stanie podstawowym, efekt ten stał się dobrym narzędziem do badania szeregu mechanizmów tworzenia, ewolucji i wykrywania tego typu superpozycji. Jest to o tyle ważne, że superpozycje kwantowe są podstawowym elementem, w oparciu o który funkcjonują kwantowe bity informacji tzw. *qubity*. Możliwość kontrolowanego wytwarzania określonych stanów kwantowych (wytwarzanie qubitów w konkretnym stanie) ma fundamentalne znaczenie dla rozwoju praktycznych zastosowań *kwantowej teorii informacji*.



Rys. 4. Nieliniowy efekt Faradaya polegający na zależnym od natężenia światła skręceniu płaszczyzny polaryzacji światła spolaryzowanego liniowo podczas jego przejścia przez ośrodek umieszczony w zewnętrznym polu magnetycznym

Okazuje się, że nieliniowy efekt Faradaya może mieć również bardzo ciekawe zastosowania. Ze względu na istnienie zależności pomiędzy kątem skręcenia płaszczyzny polaryzacji a polem magnetycznym, zjawisko to może zostać wykorzystane do pomiarów pola magnetycznego (mierząc kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji uzyskujemy informację o natężeniu pola magnetycznego). Metoda ta jest tym bardziej dokładna, im dłuższy jest czas życia superpozycji w stanie kwantowym. W pewnych specjalnych warunkach superpozycje te mogą „żyć” setki milisekund (jest to bardzo długi czas na skalę atomową), a więc możliwe są pomiary pola magnetycznego z czułością porównywalną z najbardziej znanymi obecnie metodami magnetometrycznymi. Wielką zaletą tej metody jest jej prostota, dzięki czemu z powodzeniem może ona konkurować z innymi metodami magnetometrycznymi. Z tych właśnie powodów w wielu ośrodkach na świecie trwają obecnie prace, których celem jest opracowanie praktycznych zastosowań nieliniowego efektu Faradaya. Są to zarówno zastosowania z pogranicza nauki i techniki, jak np. w badaniach biomagnetyzmu (magnetycznej aktywności organizmów żywych), w pomiarach sygnałów magnetycznego rezonansu jądrowego czy w archeologii, jak również zastosowania czysto użytkowe np. do wykrywania min głębinowych czy materiałów wybuchowych na lotniskach.

Powyżej omówiliśmy ogólne warunki, jakie muszą być spełnione, aby możliwe było wytworzenie ośrodków z koherencją kwantową. Otwarte wciąż pozostaje jednak pytanie o to, w jakich ośrodkach materialnych jest to możliwe.

Przez długi czas jedynymi tego typu ośrodkami były rozrzedzone gazy. W ośrodkach takich atomy lub cząstki bardzo słabo oddziałują ze środowiskiem zewnętrznym, więc ich kwantowa ewolucja może być dobrze kontrolowana. Dodatkowo, jeśli gazy takie zostaną umieszczone w specjalnie przygotowanych pojemnikach lub gdy ich temperatura zostanie znacząco zmniejszona, to czas życia superpozycji w stanie podstawowym może dochodzić nawet do setek milisekund. To właśnie sprawia, że w gazach możliwa jest obserwacja elektromagnetycznie indukowanej przeźroczystości, „wolnego” lub „szybkiego światła” i nieliniowego efektu Faradaya.

Pomimo wielu prób, przez długi czas nie udało się zaobserwować omawianych powyżej zjawisk w ośrodkach stałościowych. Wiązało się to przede wszystkim z drganiami sieci krystalicznej ciał stałych. Drgania te sprawiają, że w ośrodku pojawiają się *fonony*, czyli kwazicząstki, które mogą oddziaływać z atomami w podobny sposób jak fotony. Ponieważ mogą one powodować przejścia pomiędzy różnymi poziomami kwantowymi w atomach lub jonach sieci krystalicznej, to są one odpowiedzialne za zanik superpozycji pomiędzy poziomami energetycznymi w tych obiektach. Drugim czynnikiem również związanym z drganiami jest lokalna zmiana otoczenia, w szczególności pola elektrycznego i magnetycznego, wokół atomów lub jonów sieci krystalicznej. Prowadzi ona do zmiany ewolucji stanów kwantowych poszczególnych atomów

lub jonów, a w konsekwencji do utraty informacji o kwantowym stanie całości układu.

Naturalnym sposobem na ograniczenia relaksacji w ciałach stałych jest zmniejszenie drgań sieci przez obniżanie temperatury tych materiałów. Okazało się jednak, że w wielu przypadkach ochłodzenie ich nawet do temperatur kriogenicznych nie ogranicza dekoherencji w sposób wystarczający do obserwacji efektów dyskutowanych powyżej. Dopiero wytworzenie specjalnych matryc krystalicznych, do których domieszkowane są jony pierwiastków ziem rzadkich albo wygenerowanie w kryształach diamentów centrów barwnych pozwoliło na zaobserwowanie niektórych z tych efektów. Dzięki zastosowaniu specjalnych materiałów, które cechuje wysoka przerwa energetyczna pomiędzy stanem podstawowym i wzbudzonym oraz ograniczeniu istniejących w nich drgań sieci krystalicznej możliwe stało się znaczące wydłużenie czasu życia superpozycji stanów kwantowych, a w konsekwencji wytworzenie ośrodków z koherencją kwantową.

Badania nad ośrodkami z koherencją kwantową są ciekawym i zarazem dynamicznie rozwijającym się kierunkiem badań współczesnej fizyki. Łączą one ze sobą takie dziedziny jak fizyka atomowa, fotonika, fizyka ciała stałego, inżynieria materiałowa, itd. Badania te z jednej strony dostarczają ważnych informacji o oddziaływaniu światła z materią na poziomie mikroskopowym, ale również pozwalają na szukanie efektywnych sposobów wykorzystania kwantowych własności materii w makroskali. Dzięki swojej specyfice wpisują się one również w nurt prac aplikacyjnych. W oparciu o ośrodki z koherencją kwantową możliwe jest np. skonstruowanie ultraczułych mierników pola magnetycznego, optycznych linii opóźniających czy optycznych przełączników światła.

We wrześniu 2009 prof. dr hab. Wojciech Gawlik z Zakładu Fotoniki Instytutu Fizyki UJ uzyskał grant z Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej, którego celem jest badanie ośrodków z koherencją kwantową. W ramach projektu prowadzone będą badania nad omawianymi w artykule zjawiskami w takich mediach jak rozrzedzone gazy, ultrazimne gazy, światłowody fotoniczne oraz kryształy diamentów z centrami barwnymi. Oprócz badań podstawowych nad tymi ośrodkami rozwijane będą również ich zastosowania. W ramach projektu fundowane są corocznie stypendia dla młodych doktorów, doktorantów i studentów. Więcej informacji na temat tego projektu można znaleźć na stronie www.if.uj.edu.pl/team.



Izaak Newton a Oświecenie Francuskie¹

Andrzej Staruszkiewicz

Wstęp

Bardzo dziękuję Pani Profesor Ewie Śnieżyńskiej-Stolot za zaproszenie. Jednocześnie czuję się zmuszony wyjaśnić, że tak naprawdę to ja sam zaproponowałem temat mojego referatu, a Pani Profesor jedynie wielkodusznie to zaakceptowała. Zrobiłem tak dlatego, że temat w tytule referatu od dawna mnie nurtował i uznałem, że najlepiej będzie dokonać swego rodzaju psychoterapii, tzn. podzielić się swoimi myślami, czy może nawet obsesjami z innymi.

Epoki historyczne często mają dla nas pewne zabarwienie emocjonalne, pozytywne lub negatywne. Np. średniowiecze, jeżeli sędzić po jednoznacznie negatywnym zabarwieniu, jakie ma przymiotnik „średniowieczny”, nie cieszy się sympatią współczesnej publiczności. Tymczasem ja zawsze uważałem średniowiecze za jedną z największych i najbardziej twórczych epok w dziejach Polski i Europy, a renesans za regres, także w sferze umysłowej. Całkiem niedawno i to zupełnie przypadkowo stwierdziłem, że mam potężnego sojusznika w osobie Cypriana Kamila Norwida, który napisał [1]:

*Bawi mię, gdy dziennikarz albo publicysta/ Klnie średniowieczną ciemność,
z której wciąż korzysta./ Ta ciemnota musiała nieźle być użyta,/ Gdy się jak
świeca topi, a przy niej się czyta./ Ciemnota – która mimo niezgrabne praktyki,
Stworzyła Arcydziała – stworzyła J e z y k i !*

Bardzo zachęcam Państwa do przeczytania dalszych części tego pięknego wiersza, w którym Norwid niezwykle trafnie podkreśla to, co najważniejsze: niesamowitą kreatywność cywilizacyjną średniowiecza, która w historii Polski nie ma sobie równych, a w historii Europy Zachodniej została powtórzona dopiero w okresie Rewolucji Naukowej, który nie obejmuje renesansu.

Oświecenie Francuskie, przeciwnie, cieszy się na ogół dobrą prasą, podczas gdy ja zawsze uważałem je za nieszczęście, na które Europa mimo wszystko nie zasłużyła. Akurat w tej kwestii nie jestem sam, aczkolwiek zdaję sobie sprawę, że motywacja ludzi zgadzających się ze mną jest często polityczna, podczas gdy mnie chodzi wyłącznie o to, co najważniejsze tzn. o kreatywność umysłową, której okoliczności zewnętrzne mogą sprzyjać lub nie sprzyjać. Prorocy Francuskiego Oświecenia, przede wszystkim Wolter, zawsze cytowali twórcę fizyki i całej nauki, Izaaka Newtona, jako źródło swojej inspiracji. To rodzi bardzo niepokojące pytanie: czy wielki uczony, działając w oczywiście dobrej wierze,

¹ Referat wygłoszony w Klubie Historii Idei UJ w dniu 6 listopada 2008 roku.

może stać się źródłem nieszczęścia? Odpowiadam na to pytanie zdecydowanie przecząco, pokazując m.in., że Newton proroków Oświecenia nie miał niczego wspólnego z historycznym Newtonem. Gdyby prorocy Oświecenia znali myślenie historycznego Newtona, to uciekliby z wrzaskiem, jak na widok diabła, a sobie i światu oszczędziliby najgorszych błędów.

Trzydzieści lat po śmierci Newtona urodził się William Blake, malarz i poeta, który w Anglii jest kimś takim jak Norwid w Polsce. Ignorowany i wyśmiewany za życia, obecnie uchodzi za jednego z największych artystów angielskich. Blake jest znany ze swojej obsesyjnej nienawiści do Newtona. Jeden z najbardziej znanych obrazów Blake'a przedstawia Boga, który z cyrklem w ręku projektuje Wszechświat. Ten groźny i odpychający Bóg ma twarz Newtona. Otóż nie ulega wątpliwości, że Blake nienawidził nie prawdziwego Newtona, którego nie znał, ale Oświecenie i oświeceniową kukłę, którą z Newtona zrobili francuscy literaci. Trudno powiedzieć, czy Blake polubiłby prawdziwego Newtona, gdyby go znał. Newton nie był człowiekiem, którego dałoby się lubić. Jediną relacją międzyludzką, którą Newton rozumiał i akceptował, był dystans między nim, Prezydentem Royal Society i największym uczonym Anglii, Europy i Świata, a maluczkimi, którzy powinni słuchać i uczyć się, ale nie zabierać głosu. Najsympatyczniejszą cechą charakteru Newtona był jego snobizm: Newton zapominał o swojej wielkości tylko w towarzystwie arystokratów a także, co naprawdę sympatyczne, w towarzystwie wieśniaków z rodzinnej wioski. Podejrzewam jednak, że Newton mógłby polubić Blake'a, tak jak lubił Halleya. A już na pewno Newton uznałby za swoją własną następującą myśl Blake'a [2]:

Gdyby oczyścić bramy percepcji, każda rzecz ukazałaby się człowiekowi, jaka jest, nieskończona.

Nic mniej oświeceniowego niż ta myśl. Oświeceniowi literaci byli (i są) przekonani, że jeżeli tylko usunąć z drogi Monarchię i Kościół, to Prawda objawi się sama. Nic bardziej fałszywego. Prawda objawia się tylko ludziom zdolnym do tego morderczego wysiłku, którego wymaga dotarcie do najskromniejszej nawet prawdy.



Źródło: Internet

Na temat życia i działalności Newtona istnieje olbrzymia i stale produkowana literatura. „Newton” to prawdziwa kopalnia tematów dla współczesnych historyków nauki. Jasne jest, że w tym wykładzie mogę powołać się tylko na niewielką część tej literatury. Na końcu artykułu w spisie literatury podaję teksty, na których się opieram.

Los rękopisów Newtona

Newton jest bez żadnej wątpliwości najbardziej wpływowym myślicielem w historii. My wszyscy żyjemy w świecie wykreowanym przez Newtona. Dlatego jest pewnym paradoksem, że Newton nigdy nie doczekał się i pewnie już nigdy nie doczeka się zbiorowego wydania swoich pism. Za życia Newtona ukazały się „Principia”, „Optyka” i kilka rozpraw matematycznych. Newton był samotnikiem i neurotykiem, dla którego pisanie było podstawową formą kontaktu ze światem. Zawsze widziano go z piórem w ręce. Pozostawił po sobie olbrzymią liczbę rękopisów poświęconych nie tylko sprawom naukowym, ale także historii, teologii, alchemii, chronologii i wielu innym zagadnieniom. Rękopisy te po śmierci Newtona weszły w posiadanie jego siostrzenicy Katarzyny Conduitt i jej męża. Córka Katarzyny Conduitt wyszła za mąż za wicehrabiego Lymingtona, co takiego snoba jak Newton niewątpliwie szalenie by ucieszyło. Droga spadków rękopisy te weszły w posiadanie hrabiów Portsmouth, tworząc to, co w literaturze na temat Newtona nazywa się „the Portsmouth Collection”. W roku 1936 „the Portsmouth Collection” została wystawiona na sprzedaż na aukcji w znanej firmie Sotheby. Sprzedaż przyniosła mniej niż 10 tysięcy funtów, co jest sumą śmiesznie niską w zestawieniu z dzisiejszą wartością tych rękopisów. Sprzedaż spowodowała rozproszenie kolekcji po całym świecie, aczkolwiek większość rękopisów kupiło trzech kolekcjonerów: sławny ekonomista lord Keynes, amerykański milioner Babson i londyński antykwariusz Yahuda. Lord Keynes ofiarował swoje rękopisy Uniwersytetowi w Cambridge, Yahuda ofiarował swoje, głównie teologiczne, rękopisy Uniwersytetowi Hebrajskiemu w Jerozolimie, a Babson umieścił swoje w ufundowanym przez siebie Babson Institute w stanie Massachusetts.

Lord Keynes, po dość pobieżnym zapoznaniu się z zawartością rękopisów Newtona i zaszokowany ich treścią, na którą składała się m.in. wiedza alchemiczna i dokonane osobiście przez Newtona tłumaczenia tekstów hermetycznych, takich jak „Tablica Szmaragdowa”, podstawowy tekst hermetyczny przypisywany mitycznemu twórcy alchemii Hermesowi Trismegistosowi i zawierający rzekomo tajemnicę kamienia filozoficznego, napisał słynny komentarz, wielokrotnie cytowany w literaturze na temat Newtona:

Newton nie był pierwszym przedstawicielem epoki Rozumu, lecz ostatnim z Magów, ostatnim z Babilończyków i Sumerów, ostatnim z wielkich umysłów, które patrzyły na świat widzialny i duchowy tymi samymi oczyma, co ci, którzy zaczęli budować nasze intelektualne dziedzictwo niespełna 10 tysięcy lat temu.

Szok, który przeżył lord Keynes, po dziś dzień przeżywają ludzie tacy, jak Karin Figala [8], badająca alchemiczne rękopisy Newtona, ludzie, którzy są zażenowani tym, że największy z uczonych tracił czas na tłumaczenie „Tablicy Szmaragdowej” i innych tekstów hermetycznych. Jednym z celów mojego wykładu jest pokazanie, że szok, zarówno lorda Keynesa jak i jego następców, jest

niczym nie uzasadniony. Jest to odsunięty w czasie skutek tego, co można by nazwać „mrokami Oświecenia”, tzn. ideą nauki powstałą w głowach dyletantów i literatów, którzy nigdy w życiu nie mieli kontaktu z realną nauką. Newton, wbrew opinii lorda Keynesa, był pierwszym nowożytnym uczonym mającym całkowitą jasność co do istoty metody naukowej, co właśnie znaczy, że nie był oświeceniowym literatem, którego cała mądrość pochodzi z drugiej lub trzeciej ręki.

Wiarygodność tradycji umysłowej, którą zastajemy i która w ten sposób jest nam dana

Każdy z nas, poprzez sam fakt urodzenia się i zdobycia wykształcenia w określonej epoce, wchodzi w pewną tradycję kulturalną, której częścią jest wiedza naukowa. Ja np., jako praktykujący fizyk teoretyk, posługuję się wiedzą matematyczną spisaną w podręcznikach matematyki. Zadajmy sobie następujące pytanie: czy ja wiem, a jeżeli tak, to skąd ja to wiem, że to, co jest napisane w podręcznikach matematyki, jest prawdą? Wiedzieć coś w matematyce to znaczy przeprowadzić samodzielnie dowód odpowiedniego twierdzenia. To można zrobić, ale tylko w odniesieniu do nieskończenie małej części tej wiedzy, która jest spisana w podręcznikach matematyki. Ja np., posługując się przez ponad 50 lat Tablicami Całek Ryzika i Gradsztajna, znalazłem wiele błędów w tych tablicach. Niektóre z nich to zwykłe błędy drukarskie, nieuniknione w tak trudnym druku, jakim są tablice całek, ale niektóre są błędami matematycznymi, które popełnili autorzy prac oryginalnych, na których opierają się Ryzik i Gradsztajn. Będąc w roku 2005 w USA zakomunikowałem kilka takich błędów redaktorom szóstego amerykańskiego wydania tych tablic, za co dostałem podziękowanie w opublikowanej w Internecie erracie do tego wydania. Errata ta liczy kilkadziesiąt stron i jest erratą do szóstego wydania amerykańskiego, a więc dziesiątego w ogóle, po czterech wydaniach rosyjskich. To ilustruje trudność uzyskania i utrzymania prawdy w tak skromnej dziedzinie, jaką jest sztuka obliczania całek. Mogę zatem powiedzieć, że istotnie sprawdziłem, a w kilku miejscach nawet poprawiłem część zastanej przez siebie wiedzy matematycznej. Jednakże jest to część nieskończenie mała i mało ważna. Sprawdzenie prawdziwości podstawowych dla mechaniki kwantowej twierdzeń analizy funkcjonalnej, takich jak twierdzenie Stone'a-von Neumanna, przekracza moje możliwości. Stąd widać, że na pytanie, czy ja wiem, że twierdzenia te są prawdziwe, odpowiedź jest negatywna; ja tego nie wiem, ja to zakładam na podstawie pewnego rozumowania typu probabilistycznego: twierdzenia te zostały sformułowane i udowodnione przez wybitnych matematyków, których nazwiska widnieją w nazwach tych twierdzeń. Są powtórzone w niezliczonych podręcznikach analizy funkcjonalnej, też napisanych przez profesjonalnych matematyków. Prawdopodobieństwo, że w tym długim łańcuchu uczonych nikt nie zauważył jakiegoś ukrytego błędu, jest tak małe, że nie ma sensu brać go pod uwagę. Podsumowu-

jąc: nasze zaufanie do zastanej tradycji umysłowej ma charakter złożony. W znikomą małą część może opierać się na wiedzy, tzn. na objęciu kartezjańskim naturalnym światłem rozumu określonej części tej tradycji. W całej reszcie opiera się na pewnego rodzaju rachunku prawdopodobieństwa.

Tradycja umysłowa, którą zastał Newton

Newton jest twórcą nauki we współczesnym rozumieniu. Stąd wynika, że nie mógł zastać żadnej tradycji naukowej. To, co zastał, to były pierwociny nauki zawarte w pismach Archimidesa, Keplera i Galileusza. Ponadto zastał obszerną literaturę dotyczącą astronomii, geometrii, astrologii i alchemii. Zastał także ogromną literaturę teologiczną, dotyczącą prawd objawionych, prorocत्व etc. Obecnie dla wielu ludzi wykształconych jest oczywiste, że astronomia jest poważną nauką a astrologia pożałowania godnym przesądem. Podejrzewam jednak, mówiąc ściślej jestem pewien, że gdyby ludzi tych poprosić o uzasadnienie tego poglądu, to byliby w kłopotach. W końcu astronomia i astrologia są rodzinnymi siostrami, obie pochodzą od tego samego człowieka, Klaudiusza Ptolemeusza, który napisał zarówno „Almagest”, z którego wyrosła astronomia, jak i „Pięcioksiąg”, z którego wyrosła astrologia. Jest prawdą, że astrologia zawsze miała trochę niepewny status społeczny. Zarówno cesarze rzymscy, jak i papieże często zwalczali astrologów, potajemnie korzystając z ich rad. Jeżeli prezydentów Stanów Zjednoczonych uznać za współczesny odpowiednik cesarzy rzymskich, do czego są pewne podstawy tak polityczne, jak i kulturalne, to można powiedzieć, że w tej sprawie nic się nie zmieniło. Ronald Reagan przeszedł do historii jako jeden z najwybitniejszych prezydentów amerykańskich, jest często stawiany obok Waszyngtona czy Lincolna. Jednocześnie wiadomo, że Reagan bardzo często korzystał z porad astrologów, bądź bezpośrednio, bądź poprzez swoją żonę Nancy. W Białym Domu w czasach Reagana był specjalny urzędnik, którego zadaniem było utrzymywanie w tajemnicy przed mediami faktu, że szereg ważnych decyzji Ronalda Reagana było podejmowanych po konsultacjach z astrologami.

Między alchemią a astrologią istnieje związek podobny do tego, który Kartezjusz ustalił między algebrą a geometrią: pojęcia astrologiczne mają swoje odpowiedniki alchemiczne i na odwrót. W czasach Newtona literatura dotycząca alchemii była znacznie obszerniejsza niż np. literatura dotycząca geometrii. Literatura ta wykazywała pewną konsystencję, tzn. różni autorzy zdawali się twierdzić to samo. Gdyby Newton zastosował do alchemii to samo rozumowanie probabilistyczne, które ja stosuję do matematyki, to musiałby uznać, że traktaty alchemiczne zawierają prawdę, nie jest bowiem możliwe, by tak wielu ludzi, piszących w różnych krajach, czasach i kręgach kulturowych, stale myliło się i to stale w tym samym miejscu. Newton był jednak człowiekiem nieufnym a jednocześnie pewnym swoich tytanicznych sił. Wszystko wskazuje na to, że Newton postanowił sprawdzić wiarygodność tradycji alchemicznej i odkryć

ponownie to, co w tej tradycji jest wartościowe a zostało zapomniane. Sprawdzenie to musiało z konieczności obejmować rozszyfrowanie kodu alchemików, Newton wiedział bowiem dobrze, że alchemicy, w celu zmylenia profanów, piszą pewnym szyfrem. Rozważmy np. podstawowy tekst hermetyczny, jakim jest „Tablica Szmaragdowa”. W tłumaczeniu samego Newtona brzmi ona tak [9]:

1. *Oto jest prawda bez kłamstwa, pewna i najprawdziwsza.*
2. *To co poniżej jest takie jak to co powyżej, a to, co powyżej, jest takie jak to co poniżej, by czynić cuda jedynej rzeczy.*
3. *A wszystkie rzeczy były i powstają z jednego, przez medytację tego jednego: więc wszystkie rzeczy narodziły się z tej jednej rzeczy.*
4. *Słońce jest jego ojcem, a Księżyc matką, wiatr nosił go w łonie, a ziemia była jego żywicielką.*
5. *Ojciec całej doskonałości na całym świecie jest tutaj.*
6. *Jego moc jest zupełna, gdy zmieni się w ziemię.*
7. *Oddziel ziemię od ognia, to, co subtelne, od tego, co pospolite, z wielką uwagą.*
8. *Wstępuje z ziemi w niebiosa i znów zstępuje z niebios na ziemię, otrzymując moc wszystkich rzeczy wyższych i niższych.*
9. *Tym sposobem twoja będzie chwala całego świata, a ciemność ucieknie od ciebie.*
10. *Jego siła przewyższa każdą siłę, gdyż zwycięża wszystko, co subtelne, i przenika wszystko, co twarde.*
11. *W ten sposób został stworzony świat.*
12. *Z tego pochodzą godne podziwu rzeczy, środki do których są zawarte w tym.*
13. *Gdyż ja jestem Hermes Trismegistos, mający trzy części filozofii całego świata. To co rzekłem o operacji Słońca jest dopełnione i zakończone.*

Jeżeli założyć, że słowa znaczą to, co zdają się znaczyć, to jest to pozbawiony sensu bełkot. Jeżeli jednak dopuścić możliwość, że słowa mają jakieś ukryte znaczenie, to sens tego tekstu przestaje być jasny. Idea szyfru była dobrze znana Newtonowi. Galileusz obwieścił odkrycie satelitów Jowisza w postaci zaszyfrowanej. Sam Newton zakomunikował Leibnizowi podstawową ideę rachunku nieskończenie małych w postaci zaszyfrowanej. Leibniz z łatwością odczytał tekst Newtona, być może dlatego, że sam znał już tę ideę. Kartezjusz [10] podejrzewał matematyków greckich, że, jak pisze, „powodowani jakąś zgubną chytrnością”, zataili metodę analityczną, którą on, Kartezjusz, musiał opisać ponownie. Cóż dziwnego w tym, że ludzie szyfrują informację o sposobie zamiany ołowiu na złoto?

Podsumowując: stosunek Newtona do alchemii nie tylko nie kompromituje go, ale wprost przeciwnie, jest miarą jego wielkości. Pokazuje bowiem, że Newton jest, obok Kartezjusza, pierwszym, który zrozumiał całą zasadę współczesnej nauki: uczyony nie wierzy nikomu, tylko sobie i swojemu jasnemu i wyraźnemu pojmowaniu. Innym można wierzyć tylko po rozważeniu okoliczności, prawdopodobieństw etc.

Karin Figala [8] badająca alchemiczne manuskrypty Newtona utrzymuje, że w trakcie swoich badań alchemicznych Newton doszedł do pewnej teorii budowy materii o charakterze ilościowym. Jest to teza bardzo prawdopodobna i znajduje potwierdzenie w słowach samego Newtona ze wstępu do pierwszego wydania „Principiów” (cytuję za angielskim tłumaczeniem Motte’a z roku 1729):

I wish we could derive the rest of the phaenomena of Nature by the same kind of reasoning from mechanical principles. For I am induced by many reasons to suspect that they may all depend upon certain forces by which the particles of bodies, by some causes hitherto unknown, are either mutually impelled towards each other and cohere in regular figures, or are repelled and recede from each other; which forces being unknown, Philosophers have hitherto attempted the search of Nature in vain. But I hope the principles here laid down will afford some light either to that, or some truer, method of Philosophy.

Bardzo trudno przetłumaczyć ten tekst na język polski. Ograniczę się zatem do stwierdzenia, że w tekście tym Newton wyraża przekonanie, że chemię, tak jak astronomię, można sprowadzić do fizyki, co istotnie nastąpiło na początku XX wieku, ale kosztem innowacji tak radykalnych, że fizyka po dziś dzień nie może ich przetrwać umysłowo. Stąd widać jak daleko mierzył Newton w swoich rzekomo kompromitujących go badaniach alchemicznych.

Wolter w swoich „Elementach Filozofii Newtona” [11] wypowiada się przeciw możliwości transmutacji a Armin Teske, autor przedmowy do polskiego tłumaczenia, widzi w tym dowód naukowej przenikliwości Woltera. To nieporozumienie. Gdy Newton usiłuje, oczywiście bezskutecznie, oszacować ilościowo temperaturę, przy której transmutacja jednak jest możliwa, to pokazuje lwi pazur wielkiego uczonego, którego intuicja i wyobraźnia pracują we właściwym kierunku. Gdy Wolter gośłownie zaprzecza takiej możliwości, to powtarza tylko opinię, która w jego czasach zaczęła się kształtować. Bardzo trudno powiedzieć, czy prace samego Newtona miały na to jakiś wpływ. Newton niczego w tej materii nie opublikował, ale byli ludzie, np. następcy Newtona na katedrze Lucasa, Whiston, którzy wiedzieli o pracach alchemicznych Newtona. Ludzie ci mogli dokonać następującego rozumowania probabilistycznego: skoro sam Newton, przy całym swoim geniuszu matematyka i przyrodnika i erudycji filologa i historyka, nie zdołał wycisnąć niczego użytecznego z pism alchemików, to znaczy, że tam nie ma niczego użytecznego.

Teologia Newtona

Poglądy i prace teologiczne Newtona opisał wyczerpująco Frank E. Manuel [6]. Zreferuję je opierając się na książce Manuela, głównie po to, by skonstrastować religijność Newtona z niedowiarstwem i libertynizmem francuskich literatów, tak jak przedtem podkreśliłem jego snobizm korzystnie kontrastujący z ich wywrotową i buntowniczą postawą.

Newton był religijnym fundamentalistą. Słowo to wymaga jednak objaśnienia. Współcześnie fundamentaliści religijni istnieją np. w Stanach Zjednoczonych. Są to ludzie prostoduszni, dla których Słowo Boże to to, co jest napisane po angielsku w posiadanym przez nich egzemplarzu Biblii. Tymczasem Newton nie był człowiekiem prostodusznym, przeciwnie, był uosobieniem podejrzliwości, człowiekiem, który wszędzie wietrzył oszustwo, podstęp i zdradę. Ponadto był człowiekiem olbrzymiej erudycji filologicznej i historycznej. Potrafił czytać teksty łacińskie, greckie i hebrajskie. W swoim prywatnym księgozbiornie posiadał kilkadziesiąt wydań Biblii w różnych językach i mógł stwierdzić, że między różnymi wydaniem występują drobne, ale istotne różnice. Zadanie teologa Newton postrzegał tak, jak zadanie astronoma: tak, jak astronom z na pozór chaotycznego ruchu planet ma odczytać odwieczne i niezmiennie prawa rządzące tym ruchem, tak teolog, spoza nawarstwień historycznych, błędnych tłumaczeń czy nawet fałszerstw, ma odczytać rzeczywisty zamysł Boga. Wolter, który wiedział o religijności Newtona, naiwnie uważał ją za wynik starości i upadku sił twórczych. W rzeczywistości Newton zajmował się teologią przez całe życie a swoje prace teologiczne stawiał wyżej od swoich prac matematycznych. Newton bardzo wcześnie doszedł do odrzucenia dogmatu o Trójcy Świętej, który uważał za odejście od ścisłego monoteizmu. Z tego powodu szczególnie zaciekle tropił te fragmenty Pisma Świętego, które są uważane za teologiczną podbudowę tego dogmatu. Newton uważał je za fałszerstwo dokonane świadomie w III wieku po Chrystusie przez biskupa Aleksandrii Atanazego. Niestety, Kościół Anglikański uznaje dogmat o Trójcy Świętej. Dlatego Newton, który łączył intelektualną bezkompromisowość z życiowym pragmatyzmem czy może nawet oportunistycznym, nie mógł i nie chciał wystąpić publicznie ze swoimi poglądami teologicznymi. Traktował je jednak poważnie i na łożu śmierci odmówił przyjęcia ostatnich święceń z rąk pastora Kościoła Anglikańskiego, który uważał za skażony tymi samymi błędami, co Kościół Rzymski.

Fizyka Newtona

Fizyka Newtona to dwa epokowe dzieła, „Principia” i „Optyka”. „Principia” zawierają zasady mechaniki klasycznej i teorii grawitacji, które, zastosowane do Układu Słonecznego, pozwalają np. przewidzieć z niezwykłą dokładnością i to przy pomocy samego tylko rachunku, położenia ciał niebieskich. Tym samym „Principia” stanowią pierwowzór fizyki teoretycznej. „Principia” ustanawiają

pewien ideał poznawczy, ideał tak wysoki, że w samej fizyce jest on często nieosiągalny. Sam Newton, w przedmowie do pierwszego wydania „Principiów”, tak określił cel fizyki, którą nazywał filozofią przyrody:

Cale zadanie filozofii przyrody polega na tym, żeby ze zjawisk odczytać siły a następnie ze znajomości sił przewidzieć dalsze zjawiska.

Problem polega na tym, że owo „odczytanie sił” może być bardzo trudne. Sam Newton, pomimo wielokrotnie podejmowanych prób, nie zdołał „odczytać sił”, które powodują, że światło, przechodząc przez wąski otworek, ulega ugięciu. Newton zdawał sobie sprawę z tego i dlatego jego „Optyka” jest poznawczo ostrożna, nie ma tutaj śmiałych i daleko idących hipotez, jest natomiast cierpliwe, systematyczne i genialnie pomysłowe badanie eksperymentalne zjawisk optycznych. Jest rzeczą bardzo charakterystyczną, że w świadomości zbiorowej, od XVIII wieku do naszych czasów, Newton jest kojarzony przede wszystkim z „Principiami”, a nie z „Optyką”, tzn. z fizyką triumfującą a nie z fizyką szukającą i błądzącą. To, co w XVIII wieku nazywano „Sir Isaac’s System of the World”, to zawartość „Principiów”. Po dziś dzień także towarzyszy temu pewien błąd w ocenie trudności tego, co Newton nazwał „odczytaniem sił”. Dla większości ludzi wykształconych fizyka to najbardziej zniechęcający przedmiot w szkole średniej, przedmiot trudny i dotyczący rzeczy trudnych do zrozumienia. Skoro jednak Newton osiągnął tak zdumiewające sukcesy w badaniu rzeczy niemożliwie trudnych, takich jak ruchy planet, to przecież racjonalne urządzenie społeczeństwa, którego funkcjonowanie wydaje się czymś znacznie bardziej zrozumiałym, powinno pójść równie łatwo? Błąd tego rozumowania jest podstawowym składnikiem tego, co nazwałem już „mrokami Oświecenia”. Błąd polega na tym, że przedmiot fizyki jest najprostszym z możliwych, niczego prostszego już nie ma. Układ Słoneczny jest czymś nieskończenie prostym w porównaniu z pojedynczą muszką owocową, żeby nie mówić bez sensu o człowieku czy społeczeństwie. Przypuszczenie, że można „odczytać siły”, które powodują określone zachowania się ludzi lub społeczeństw, jest czystym szaleństwem, które może przyjść do głowy jedynie dyletantom nie mającym żadnego wyobrażenia o skali trudności, na które napotyka rzetelny poszukiwacz prawdy.

Wpływ fizyki Newtona na profanów i literatów

Fizyka zawarta w „Principiach” stanowi tak monumentalny i bezprecedensowy sukces, że dość szybko stała się czynnikiem istotnym społecznie. Jest to trochę paradoksalne, bo „Principia” stanowią najtrudniejsze dzieło, jakie kiedykolwiek zostało napisane. Współczesny fizyk nie jest w stanie śledzić większości rozumowań Newtona ze względu na stosowaną przez niego archaiczną „metodę starożytnych”. Dość powszechnie uważa się, że za życia Newtona przeczytało „Principia” ze zrozumieniem jedynie dwóch ludzi: Huygens i Leibniz. Obaj zresztą, dostrzegając geniusz matematyczny Newtona, odrzucili jego fizykę

jako opartą na wykluczonym *a priori* działaniu na odległość. Jednakże naprawdę wielkie dzieła zdają się oddziaływać poprzez samo swoje istnienie, a nie dlatego, że są czytane. Przykładem społecznie użytecznego oddziaływania „Principiów” jest zegar Harrisona, umożliwiający wyznaczenie długości geograficznej statku na morzu. Harrison był wiejskim mechanikiem nie posiadającym żadnego formalnego wykształcenia; mimo to nie rozstawał się ze swoim egzemplarzem „Principiów”. Przykładem społecznie destruktywnego oddziaływania „Principiów” jest działalność Woltera i innych felietonistów, w ówczesnej Francji nazywanych, nie wiedzieć dlaczego, „filozofami”. Jak pisze Pierre Gaxotte w swojej znakomitej „Wielkiej Rewolucji Francuskiej” [12]

[...] profanów i literatów oszołomił widok tylu nieznanymi dotąd maszyn i poznanie tylu nowych odkryć naukowych. Ośnieni tym obrazem przyszli oni do wniosku, że żyją w czasach niezwykłych, że wszystko czego dokonano lub co powiedziano przed nimi, nie miało żadnej wartości i że wobec tego cechą rozpoznawczą umysłu oświeconego winna być pogarda dla przeszłości.

Szkoda tego trudu, jaki zadał sobie Taine, aby udowodnić, że Wolter, Diderot, Rousseau oraz ich przyjaciele byli prawdziwymi ludźmi nauki. Wolter posiadał umysł przetwórczy, lecz jego pracownia w Cirey była tworem wyobraźni pani du Châtelet, która na jej ruinach mogłaby wzniesć równie dobrze hutę żelazną lub kaplicę zależnie od tego, czy przyszlaby moda na hutnictwo czy też na pobożność. Doświadczenia Monteskiusza wywołują pobłażliwy uśmiech, najważniejsze z nich bowiem polegało na zanurzeniu głowy kaczki do wody i obserwacji, ile czasu potrzeba, aby zdechła z braku powietrza. Co się tyczy Diderota i Rousseau, to pierwszy był samoukiem mającym zamęt w głowie, a drugi posiadał bardzo skromne wiadomości naukowe.

Umysł naprawdę oświecony, niezależny, roztropny, wolny od zarozumiałości odbiega niemal całkowicie od kierunku filozoficznego 1750 roku. Dla takiego umysłu hipotezy stanowią tylko tymczasową konstrukcję, która pozwala na podstawie doświadczenia ująć w pewien systemat grupę zjawisk o cechach wspólnych. Żadna teoria, choćby najbardziej pociągająca, nie może ostać się przed surowym osądem eksperymentu. Natomiast filozofowie nigdy nie stosowali metody uzależniania podmiotu od przedmiotu. Gdyby to uczynili, potępiliby samych siebie. [...]

W rzeczywistości zaś filozofowie, nie zaznajomiwszy się dokładnie z ówczesnymi zdobyczami wiedzy, przesadnie ją wychwalali, ażeby czerpać z niej dowody przeciwko tradycji, religii katolickiej, historii i władzy. Natomiast szczerze i wytrwale poświęcali się naukom oderwanym, mianowicie czystej matematyce i mechanice nieba, których metodę dedukcji przenieśli na grunt polityczny i społeczny, gdzie nadawała się jak najmniej w zestawieniu z wysuwaną, acz daleką od prawdy zasadą wrodzonej dobroci.

Przepraszam za długi cytat, ale bardzo trudno ująć coś z tego mistrzowskiego tekstu.

Odpowiedzialność profanów i literatów za dalsze nieszczęścia

Pierre Gaxotte obarcza „profanów i literatów” odpowiedzialnością za to nieszczęście, jakim dla Francji i Europy była Rewolucja Francuska. Francuski *ancien regime* istotnie wymagał reform, głównie ze względu na niesprawiedliwy system podatkowy i skorumpowany i nieskuteczny wymiar sprawiedliwości. Są to problemy, z którymi po dziś dzień nie daje sobie rady znakomita większość państw z III Rzeczpospolitą na czele. Jednakże za sprawą „profanów i literatów” nadano całej sprawie charakter ideologiczny i zafundowano sobie lekarstwo gorsze od choroby.

Rewolucja Francuska jest jednak tylko początkiem nieszczęść, które ściągnęli na ludzkość „profani i literaci”. Z polsko-ludowej szkoły średniej, do której uczęszczałem, pamiętam po dziś dzień Trzy Źródła i Trzy Części Składowe Marksizmu. Są to:

- (1) Niemiecka filozofia klasyczna.
- (2) Francuska myśl oświeceniowa.
- (3) Tradycje ruchu rewolucyjnego klasy robotniczej.

Co o tym można powiedzieć? Niemiecka filozofia klasyczna to Hegel. Najgorszemu wrogowi nie życzyłbym inspiracji umysłowej pochodzącej od Hegla. Hegel to kompromitacja, w dodatku kompromitacja umysłowo do niczego nie potrzebna, bo Hegel miał być dla Marksa tylko czymś w rodzaju świadectwa społecznej akceptowalności, mającym pokryć fundamentalnie antyspołeczne i antykulturalne nastawienie samego Marksa. Jakiegokolwiek poważnie rozumiane tradycje mogą tworzyć tylko ludzie wykształceni, a XIX-wieczna klasa robotnicza składała się, nie ze swojej winy, z ludzi niewykształconych. Pozostaje zatem jako jedyne, ale za to jak najbardziej prawdziwe i realne źródło marksizmu, francuska myśl oświeceniowa. Jedynym celem Marksa było doprowadzenie do rzezi jeszcze większej niż Rewolucja Francuska, co mu się niestety udało.

Jeszcze o „odpowiedzialności” Newtona za Oświecenie

Gdy nagle zacznie nas boleć gardło, to są możliwe dwie tego przyczyny: albo czynnik chorobotwórczy wtargnął z zewnątrz, na przykład poprzez kontakt z już chorym człowiekiem, albo czynniki chorobotwórcze, zawsze obecne w organizmie, uaktywniły się na skutek przypadkowego obniżenia odporności organizmu. Takie obniżenie odporności jest często spowodowane przez szybką zmianę parametru zewnętrznego np. temperatury. Społeczeństwo nie jest organizmem i dlatego wszelkie porównania „organiczne” mają charakter tylko modelowy. Mogą być jednak użyteczne przez to, że kierują nasze myślenie we właściwą stronę. Społeczeństwo rozumiane szeroko, np. społeczeństwo francu-

skie na przełomie XVII i XVIII wieku, jest układem bardzo dużym, a więc mało podatnym na czynniki o charakterze inwazyjnym. Ta uwaga, notabene, nie dotyczy społeczeństw współczesnych, w których media elektroniczne wprowadzają to, co w fizyce nazywa się długo zasięgowymi korelacjami. Jeżeli zatem widzimy jakieś niekorzystne zmiany społeczne, to mogą one być skutkiem społecznego odpowiednika utraty odporności.

Po tych uwagach wstępnych mogę opisać moje rozumienie interakcji między Newtonem a „profanami i literatami” Francuskiego Oświecenia. Wyobrażam sobie, że specjaliści, jeżeli gdzieś są takowi, mogą uznać ten opis za amatorski. Trudno. Sugestia, że wielki uczony, działając, w przeciwieństwie do „literatów i profanów”, w oczywistej dobrej wierze, może doprowadzić do nieszczęścia, jest dla mnie nieznośna.

Nauka i technologia stanowią czynniki zewnętrzne w stosunku do społeczeństwa. Twierdzenie to może wydawać się paradoksalne, bo przecież nauka i technologia powstają w głowach pojedynczych członków tegoż społeczeństwa. Mimo to jest prawdziwe, ale nie mam tu miejsca, by je uzasadnić. Czynniki te mogą zmieniać się bardzo szybko. Np. gdy ja zaczynałem swoją działalność naukową, uczeni komunikowali się między sobą w sposób bardziej przypominający czasy Newtona niż wiek XXI. Z kolei fizyka, którą pozostawił po sobie Newton, bardziej przypomina fizykę XXI wieku, niż fizykę, którą Newton zastał. W ten sposób Newton uruchomił bardzo szybko zmieniający się czynnik zewnętrzny, który z kolei uruchomił społeczny ekwiwalent utraty odporności. Tak osłabiony „organizm” społeczny stał się podatny na ataki „profanów i literatów”.

Ktoś mógłby mi zarzucić, że ja w tym rozumowaniu robię to, przed czym sam przestrzegam, tzn. stosuję myślenie quasi-naukowe do złożonego układu, jakim jest społeczeństwo. To jest oczywiście prawda, ale ja zdaję sobie sprawę z tego, z czego nigdy nie zdawali sobie sprawy ani marksiści ani oświeceniowi „profani i literaci”, tzn. ze złożoności problemu.

Volterra „Elementy Filozofii Newtona”

Książka Volterra „Elementy Filozofii Newtona” [11] jest dość powszechnie oceniana pozytywnie. Np. Andrzej Kajetan Wróblewski w swojej znakomitej „Historii Fizyki” [12] uważa, że Volterra przyczynił się tą książką do ostatecznego triumfu „filozofii Newtona” na kontynencie. Niewątpliwie tak mogło być i jest w tym określona zasługa Volterra. Mimo to warto przyjrzeć się zawartości tej książki, bo to w końcu jest najważniejsze.

Pierre Gaxotte w cytowanej wyżej książce opowiada zabawną historię o pewnej bardzo oświeconej damie paryskiej, która powiedziała o Volterze z pogardą: Volterra to bigot, deista. Ta bigoteria Volterra jest istotnie widoczna w jego książce, której pierwsza z trzech części poświęcona jest newtonowskiej filozofii Boga. Tej filozofii Boga nie należy mylić z teologią Newtona, której

Wolter w ogóle nie znał. Mam wrażenie, że Wolter referuje filozofię Boga Newtona poprawnie, ale nie zdaje sobie sprawy z tego, że o ile teologia Newtona była dla niego poważnym celem samoistnym, w który wkładał całą swoją energię i talent, o tyle jego filozofia Boga jest tylko pewnym dodatkiem do jego fizyki, a nie samoistnym celem. Newton zdawał sobie sprawę z tego, że wprowadzone przez niego pojęcia czasu i przestrzeni mogą wywołać sprzeciw, i to zarówno ze strony zwolenników Kartezjusza, jak i zwolenników Leibniza. Być może dlatego właśnie uznał swoją przestrzeń za *sensorium Boga*. Według Newtona Bóg jest wszechobecny i każdy element Kosmosu podlega nieustannie boskiej percepcji, być może nawet istnieje tylko dzięki nieustannej duchowej aktywności Boga. My dziś nazywamy czasoprzestrzeń Newtona *modelem matematycznym*. Jest to słowo równie dobre lub równie złe, jak *sensorium Boga*, a jego jedynym celem jest przecięcie dyskusji filozoficznej, która i tak do niczego użytecznego nie może doprowadzić. My dziś wiemy bardzo dobrze, że fizyczna czasoprzestrzeń nie jest ani czasoprzestrzenią Newtona, ani czasoprzestrzenią Szczególnej czy Ogólnej Teorii Względności. Nie wykluczone, że w tej sytuacji słowo *sensorium Boga* byłoby nawet lepsze, bo słowo *model matematyczny* zachęca do nieustannego modelowania, tzn. do tego, na co traci bezsensownie czas bardzo wielu współczesnych fizyków.

Druga część książki Woltera opisuje odkrycia Newtona w dziedzinie optyki a trzecia, najważniejsza, zawiera to, co ówczesnie nazywano „Sir Isaac’s System of the World”. Jest prawie niemożliwe ocenić wykład Woltera sprawiedliwie i bez popadania w anachronizmy. Co np. można powiedzieć o następującym fragmencie trzeciej części (str. 174 polskiego tłumaczenia):

Każde więc ciało, które porusza się po krzywej, musimy rozpatrywać jako poruszane przez dwie siły: jedna z nich, poruszająca je wzdłuż stycznych, zwana jest siłą odśrodkową lub raczej siłą bezwładności, bezczynności, pod której wpływem ciało, gdy nie napotyka przeszkody, porusza się zawsze po linii prostej; druga z nich, zwana siłą dośrodkową i będąca prawdziwą siłą, odciąga ciało ku środkowi.

Czy podziwiać Woltera za to, że wzięwszy się za materię przekraczającą jego możliwości, zachowuje pewien werbalny kontakt z prawdą? Czy też uznać ten tekst za całkowicie bałamutny i wprowadzający w błąd? Pierwotną przyczyną tej i innych podobnych wpadek Woltera jest to, że nie tylko nie formułuje, ale nigdzie nawet nie wspomina trzech praw ruchu Newtona! To zaś oznacza, że Wolter nie może mieć żadnego wyobrażenia o sposobie, w jaki Newton doszedł do swoich największych odkryć, takich jak wyprowadzenie praw Keplera czy obliczenie okresu ruchu punktu równonocy. „Sir Isaac’s System of the World” opiera się na dwu filarach: prawach ruchu i prawie grawitacji. Wolter omawia obszernie prawo grawitacji, nie wspominając nawet o prawach ruchu, mimo, że przecież sam Newton umieścił je, jako *Axiomata Sive Leges Motus* na

samym początku „Principiów”. Na str. 195 polskiego tłumaczenia Wolter wręcz miesza prawo grawitacji z prawami ruchu okraszając to na dodatek dziwaczną syntezą Newtona i Arystotelesa:

Pamiętajcie zawsze o tym, że to przyciąganie wzajemne nie jest niczym innym, jak prawem ruchu wszystkich ciał ciężących do wspólnego środka i obracających się naokoło niego.

Po co Wolter napisał „Elementy Filozofii Newtona”?

Jak wynika choćby z tego co wyżej, Wolter był całkowicie pozbawiony tego, co Einstein nazwał „naukową muzykalnością”. Powstaje zatem problem, po co w ogóle Wolter zajmował się „filozofią Newtona”? Przyczyn zapewne było kilka, wśród nich być może sugerowana przez Pierre’a Gaxotte’a potrzeba rozrywki stale dręcząca markizę du Châtelet. Osobiście przypuszczam jednak, że prawdziwy powód był inny.

Nie będąc uczonym, Wolter nie był człowiekiem całkowicie głupim. Dostrzegął, czy może raczej wyczuwał nosem dziennikarza, że współczesna mu Francja jest beznadziejnie zacofana w stosunku do współczesnej mu Anglii. Używając słowa „zacofanie” popełniamy anachronizm, bo ludzie XVIII wieku nie używali go. Doktor Johnson [13] późniejszy od Woltera o jedno pokolenie też dostrzegął różnicę między Anglią a Europą kontynentalną, ale ujmował to mówiąc, że Anglia żyje z handlu, a Europa kontynentalna z rolnictwa, a ponieważ handel daje większe zyski niż rolnictwo, to Anglia jest bogatsza niż narody Europy kontynentalnej. Zdając sobie jednak sprawę z anachronizmu, można tego wygodnego słowa „zacofanie” używać. Współczesna Wolterowi Anglia była już całkowicie nowoczesnym „społeczeństwem otwartym” Poppera, podczas gdy Francja była społeczeństwem kastowym, co Wolter, jako mieszczanin obity kijami przez służących księcia de Rohan, szczególnie źle znosił. Naturalna a nawet chwalebna była u niego chęć przekonania Francuzów do wyższości instytucji angielskich. Wyższość ta w żaden sposób nie wynika z wyższości fizyki Newtona nad fizyką Kartezjusza. Przypuszczenie, że wyższość instytucji angielskich nad instytucjami francuskimi można uzasadnić wskazując na miażdżącą wyższość fizyki Newtona nad fizyką Kartezjusza, jest przykładem myślenia magicznego, a działania oparte na takim myśleniu noszą nazwę magii sympatycznej. Otóż mam wrażenie, że „Elementy Filozofii Newtona” są właśnie wynikiem takiej magii sympatycznej w wykonaniu Woltera.

Podsumowanie najważniejszych różnic między Newtonem a profanami i literatami Oświecenia

Newton, który łączył geniusz matematyka i przyrodnika z erudycją filologa, historyka, teologa i alchemika, a także z energią i przedsiębiorczością wielkiego administratora, jakim okazał się jako zarządca Mennicy Królewskiej i Prezy-

dent Royal Society, stanowi pewien po dziś dzień pożądaný ideał kulturalny. Profani i literaci typu Woltera są pierwowzorem typu ludzkiego też po dziś dzień bardzo destruktywnego społecznie: ludzi, którzy wszystko wiedzą z drugiej lub trzeciej ręki i z tej racji notorycznie nie doceniają rzeczywistej skali trudności problemów społecznych, które lekkomyślnie podejmują.

Literatura

- [1] Cyprian Norwid, *Poezja i dobroć*, PIW, Warszawa 1977.
- [2] William Blake, *Malżeństwo Nieba i Piekła*, Wrocław 2002.
- [3] Richard S. Westfall, *The Life of Isaac Newton*, Cambridge University Press 1994. Jest to dokonany przez samego Autora skrót monumentalnej biografii Newtona „Never at Rest”, którą znam, chociaż chwilowo nie mam jej pod ręką.
- [4] Jerzy Kierul, *Izaak Newton. Bóg, światło i świat*, Oficyna Wydawnicza Quadrivium, Wrocław 1996. Jest to dobra książka, m.in. dlatego, że trzyma się ściśle Westfalla.
- [5] S.J. Wawilow, *Izaak Newton*, Czytelnik, Warszawa 1952. Jest to książka trochę przestarzała, ale interesująca przez to, że jej Autor był w swoim czasie Prezesem Akademii Nauk ZSRR.
- [6] Frank E. Manuel, *The Religion of Isaac Newton*, Oxford 1974. Jest to pierwszy w literaturze opis poglądów religijnych Newtona, oparty na badaniu jego nigdy nie opublikowanych rękopisów teologicznych, przechowywanych w Bibliotece Uniwersytetu Hebrajskiego w Jerozolimie. Zawsze uważałem, że nie ma przypadków, są tylko znaki. Jest zupełnie niezwykłym znakiem, że rękopisy teologiczne Newtona, w wyniku całej serii niedających się przewidzieć okoliczności, znalazły swoje ostateczne miejsce tam, skąd to wszystko wyszło, tzn. w Jerozolimie.
- [7] A. Rupert Hall, *Isaac Newton, Adventurer in Thought*, Oxford 1992.
- [8] *The Cambridge Companion to Newton*, Ed. by I. Bernard Cohen and George E. Smith, Cambridge University Press 2002.
- [9] Andrea Aromatico, *Alchemia*, Wydawnictwo Focus (bez daty).
- [10] Descartes, *Prawidła kierowania umysłem*, PWN, Warszawa 1958.
- [11] Voltaire, *Elementy filozofii Newtona*, PWN, Warszawa 1956.
- [12] Pierre Gaxotte, *Wielka Rewolucja Francuska*, Trzaska, Evert i Michalski (bez daty).
- [13] James Boswell, *Żywot doktora Samuela Johnsona*, Czytelnik, Warszawa 1962.



Brudno, choro, bogato – czysto, zdrowo, biednie. Nieprawdziwy dylemat ekologii

Łukasz A. Turski

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN

Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

W październiku 1869 r. Rada Zdrowia stanu Massachusetts oświadczyła:

„Sądzimy, że wszyscy obywatele mają przyrodzone prawo do korzystania z czystego i nieskażonego powietrza, wody i ziemi, i że prawo to należy do całej społeczności, i że nikomu nie wolno prawa tego naruszać przez zaniedbanie, skąpstwo lub ignorancję. To prawo uznawane jest w całości przez Stan i potwierdzone wpisem w Księgę Praw Ogólnych.”

Cytuję to po pierwsze dlatego, aby wskazać, że to nie dopiero bestseller Rachel Carson wywołał zainteresowanie sprawami zanieczyszczenia przyrody. Po drugie dlatego, że deklaracja Massachusetts powstała w historycznym okresie gwałtownej ekspansji gospodarczej USA, wywołanej rozwojem przemysłu, dziś nazywanego ciężkim, będącym konsekwencją wojny secesyjnej. Bez powstania stalowni w stanach Unii flaga amerykańska mogłaby dziś mieć inny wzór.

Pomimo deklaracji z 1869 r. obywatele Bostonu i okolic, pobliskiej Pensylwanii, włączając w to rzesze polskich emigrantów z Pittsburgha, przez dziesiątki lat wdychało czarny smog i patrzyło jak ciemnieją białe kołnierzyki i żaboty dyrektorów hut znad Allegheny. Ich wnukowie żyją już w miastach, w których nie trzeba włączać oświetlenia ulic o 12 w południe, a samochody można myć o wiele rzadziej niż w Warszawie, nie mówiąc już o Katowicach. Przez cały czas, od Deklaracji Bostońskiej po dzień dzisiejszy dobrobyt Stanów Zjednoczonych rósł i dziś, ten kraj o najbardziej liberalnej strukturze gospodarczej jest krajem o jednej z najniższych stóp bezrobocia i najwyższej stopie wzrostu gospodarczego oraz jednym z najwyższych wskaźników zdrowotnych na świecie (tj. średniego czasu życia kobiet i mężczyzn, umieralności niemowląt, wyleczalności nowotworów złośliwych itp.). Stany Zjednoczone, „po drodze”, zdążyły wygrać dwie „gorące” i jedną „zimną” wojnę światową, cały czas systema-



Ilustracja z internetowego zapisu artykułu w „Studio opinii” <http://alfaomega.webnode.com/news/2009-12-08>

tycznie „naprawiając” tzw. „szkody wyrządzone naturalnemu środowisku” człowieka. Podobnie kraje Europy Zachodniej np. Francja. Podczas wakacyjnej podróży przez północ Francji trudno dopatrzeć się tam śladów krajobrazu z *Germinalu* Zoli. Kraje tygrysów gospodarczych Azji: Singapur, Korea południowa, nie mówiąc już o Tajwanie, to kraje produkujące pod względem tempa wzrostu niemal wszystkich czynników świadczących o poprawie zdrowotności społeczeństwa. 130 lat po Deklaracji Bostońskiej, społeczeństwo USA oddycha powietrzem „poddanym” warunkom określonym przez NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) i jego kalifornijską wersję CAAQS. Warunki CAAQS są tak ostre, że farmy mleczne i przemysł mleczarski mają kłopoty z ich spełnieniem, przede wszystkim z powodu technologicznej konieczności korzystania z niekontrolowanych źródeł amoniaku tj. krów.

Hasła radykalnych ekologów

Na progu XXI wieku społeczeństwa industrialne są *czyste, zdrowe i bogate*. Tymczasem podstawowa teza głoszona przez wiele radykalnych ruchów ekologicznych jest przeciwna. W jednej ze swoich wypowiedzi Thilo Bode, dyrektor wykonawczy *Greenpeace*'u mówił:

„Korzystanie z przeważającej większości produktów i procesów ich wytwarzania we współczesnym społeczeństwie nie może być kontynuowane. Polegamy na technologiach dinozaurach, nieefektywnych i żarłocznie pożerających zasoby naturalne. Inne technologie są nie do kontynuowania, ponieważ zagrażają naszej przyszłości. Świadczą o tym miliony ton odpadów radioaktywnych i permanentne skażenia chemiczne przemysłu wykorzystującego chlor.”

Kropkę nad i stawia John Davis, redaktor czasopisma *Przed wszystkim Ziemia*: „«Ruch głębokiej ekologii» lub ruch «Przed wszystkim Ziemia», chciałby widzieć ludzi żyjących tak, jak żyli 15 000 lat temu, a nie tak jak dzisiaj”.

Maurice Strong, sekretarz odbytego w 1992 tzw. *Szczytu Ziemi* komentował: „Człowiek jest gatunkiem zachowującym się w niekontrolowany sposób... Czyż jedyną nadzieją dla tej planety nie jest załamanie się cywilizacji przemysłowej? Czy nie jest naszym obowiązkiem doprowadzić do tego?”

Wniosek z powyższych cytatów jest dość prosty. Bogata cywilizacja przemysłowa zagraża naszemu zdrowiu i niszczy środowisko naturalne. Jesteśmy więc bogaci, ale chorzy i brudni. Powinniśmy stać się biedni, ale za to zdrowi i czysti, jak 15 000 lat temu. Stąd więc podstawowy dylemat, jaki, zdaniem radykalnych ruchów ekologicznych, stoi dziś przed naszą cywilizacją, dylemat określony w tytule tego artykułu.

Nie zamierzam podejmować dyskusji z jawnie bezsensownymi stwierdzeniami takimi jak przytoczone stwierdzenie Davisa. 15 000 lat temu żyliśmy w brudzie i permanentnym głodzie z średnim czasem życia niższym o dziesięć lat niż w dzisiejszym Nigrze. Nie będę też podejmował dyskusji z poglądami głoszonymi przez skrajne odłamy np. partii Zielonych czy *Greenpeace*. Zainte-

resowaniem mojego artykułu nie są bowiem aktorzy, lecz widzowie tego spektaklu zmagają o przyszłość naszej cywilizacji, w którym high-tech łodzie *Greenpeace'u* napędzane silnikami elektrycznymi zasilanymi z akumulatorów nafaszerowanych rakotwórczymi metalami ciężkimi i dowodzone przez aktywistów w kurtkach z GoreTeX'u (produkt bardzo zaawansowanej technologii chemicznej) blokują statki przewożące inne „toksyczne” odpadki. W tym czasie szanowni uczeni z wielu wspaniałych wyposażonych laboratoriów szacownych instytucji z miedzianym czołem publicznie bredzą o szkodliwości, lub jej braku, wszystkiego od telefonii komórkowej i paracetamolu po reaktory atomowe i linie przesyłowe energii elektrycznej.

Strach przed racjonalnością

Podmiotem mojego zainteresowania są moi współobywatele, których pokaźna część ujawnia swój paniczny strach przed racjonalnym, opartym na rzetelnej wiedzy, zmierzeniu się z otaczającą nas rzeczywistością. Ten strach jest odzwierciedlany i rejestrowany w różny sposób, ale jest niezależny od tego czy spacerujemy po Marszałkowskiej, Piętej Alei czy Ku-Damie. Dlaczego tak się dzieje, dlaczego ludzie boją się czegoś z czego bez przerwy korzystają i rozpaczliwie szukają odpowiedzi na swoje obawy w elukubracjach takich jak, namaszczone odpowiednim patentem Ministerstwa Edukacji Narodowej, podręcznik Pani Dr Anny Kalinowskiej *Ekologia – wybór przyszłości*, czy wsłuchując się w sopran audycji radiowych red. Dobroń.

Zjawisko strachu społecznego, strachu przed zniszczeniem przyrody i innymi czyhającymi ze strony rozwoju nauki techniki „zagroženiami” musi mieć swoje uzasadnienie. Większość bowiem ludzi, w tych krajach gdzie zjawisko to występuje, w tym w Polsce, ma za sobą co najmniej 10 lat nauczania w szkołach powszechnych. Z jakichś powodów jednak, po tylu latach nauki, w tym 3–4 latach pobierania fizyki i chemii jako „wydzielonych” przedmiotów, nasi współobywatele bezkrytycznie wierzą w „objawienie” głoszone przez ludzi takich jak Davis, czy Carl Amery. Ta wiara w mesjaszy nieuctwa, zachłyśnięcie się ludzi paranauką, ich odejście od posługiwania się racjonalnym myśleniem, przy jednoczesnym totalnym uzależnieniu, w życiu prywatnym i działalności zawodowej od współczesnej technologii stanowi największe zagrożenie cywilizacyjne u progu XXI wieku. Dlaczego ludzie wierzą w to wszystko. Ot tak sobie? Bez przyczyny?

Nauka jako narzędzie władzy

Myślę, że podstawowe przyczyny są dwie, i za obie z nich dużą dozę odpowiedzialności ponosi środowisko naukowe. Pierwszy powód to ten, że nauka stanowiąca podstawę naszej cywilizacji została, w wyniku procesu historycznego zapoczątkowanego II wojną światową i bardzo długiego okresu tzw. zimnej wojny, zidentyfikowana przez społeczeństwa jako część aparatu władzy. To nie przypadek, że w popularnym serialu paranaukowym *Archiwum X*, zrobionym

zresztą bardzo zręcznie, przestępstwa i zbrodnie, wszelki gwałt zadawany naturze, są niemal bez wyjątku dziełem naukowców pracujących dla „rządu”. Zwykli ludzie nie mogą im zaufać, znajdują natomiast pomoc u przedstawicieli ruchów głębokiej ekologii, wróżów, szamanów i nie do końca *zUFOjonych* agentów FBI. Sam, gdy słuchałem wypowiedzi wielu moich kolegów opowiadających banialuki o zbliżającym się kataklizmie wywołanym bykiem Y2K, zaczynam skłaniać się ku ideom agenta Mouldera.

Przez całe setki lat, od czasu, gdy Galileusz zapoczątkował współczesną naukę, badania naukowe i nauka były postrzegane przez społeczność jako źródło, jak to określił w XIX wieku angielski matematyk i filozof William Clifford, *bezpiecznej prawdy*. Ta wiara współobywateli w naukę stanowiła część „kontraktu” pomiędzy nauką a „resztą świata”. II wojna światowa i zimna wojna zmieniły to. Nauka przestała być postrzegana przez społeczeństwo jako dostarciciel bezpiecznej prawdy niezbędnie potrzebnej do istnienia i przetrwania. Nauka zaczęła się jawić jako część aparatu władzy, a uczeni jako zauszynicy wielkiego inkwizytora z Braci Karamazow. Naukowcy zaczęli też, niestety, posługiwać się, jakże typowymi dla realpolityki, elementami matactwa, tylko po to, aby „zapewnić finansowanie” kolejnego etapu badań, dzięki którym rozpoczął się nieodwracalny proces przemiany, od cywilizacji „atomów” do cywilizację „bitów”. To ta przemiana, pod koniec XX wieku, przeniosła klinicznie czysto „demiurga dziejów” *wielkoprzemysłową klasę robotniczą i chłopstwo drobno-zagrodowe* na zasłużony odpoczynek w lamusie historii. Ludzie, w zasadzie, zostali raz na zawsze wyzwoleni z upadającego przymusu ciężkiej pracy fizycznej, niszczącego całe narody głodu i chorób epidemicznych, np. czarnej ospy czy gruźlicy. Pomimo tego, ci sami ludzie nie potrafią jasno powiązać korzyści wynikających z badań naukowych z zagrożeniami, rzeczywistymi czy wyimaginowanymi, niesionymi przez cywilizację końca XX wieku. Pani X jest w stanie wierzyć, że kolejny mag telewizyjny przy pomocy swojej siły witalnej (!?) wpłynie za pośrednictwem przekazu elektromagnetycznego (TV) na „zdrowotne własności wody kranowej w butelce ustawionej 40 cm od ekranu”. Biznesmen Y jadąc do jasnovidza celem uzyskania wskazówki co do podjęcia działania na giełdzie, zamawia sobie seans uzdrawiania przez nakładanie rąk poprzez telefon komórkowy! Wielu ludzi wierzy i gotowych jest wydać miliony (z rzadka tylko liczone w słabszej niż US\$ walucie) na badania nad szkodliwym promieniowaniem elektromagnetycznym energetycznych linii przesyłowych, czy też tracić drogocenny czas na szukanie sprzecznych z zasadami zachowania energii rozwiązań światowego problemu dostępu do taniej energii. Tych zagubionych ludzi można „odzyskać” dla racjonalnego świata, trzeba im w tym jednak pomóc. Oznacza to konieczność przewartościowania działania naukowców i poważnego potraktowania upowszechniania i popularyzacji wiedzy.

Kryzys edukacji powszechnej

Drugim powodem jest głęboki kryzys edukacji powszechnej. Kryzys, który rozlał się na wszystkie systemy edukacyjne, od niemal samurajskiej szkoły japońskiej po liberalne szkolnictwo anglosaskie. Przywrócenie edukacji powszechnej właściwej jej roli stanowi podstawę wszelkich prób zmierzenia się z wyzwaniem nowego milenium. Dlatego za jeden z największych sukcesów polskiej rewolucji ostatnich lat uważam początek reformy szkół powszechnych umożliwiający, wreszcie, uczenie w szkołach podstawowych zintegrowanej nauki o przyrodzie, niepodzielonej na tą właściwą i tą stworzoną przez zbrodniarzy ekologicznych z czarnej listy Dr Kalinowskiej tj. Newtona, Kartezjusza i Marksa. Wprowadzenie ścieżek edukacyjnych, w tym proekologicznej, może stanowić wyjście naprzeciw społecznemu zapotrzebowaniu na prawdziwą wiedzę o złożonych problemach otaczającego nas świata. To w szkole młody człowiek ma się dowiedzieć o tym, że niszczące górne warstwy ozonu atmosferycznego związki chemiczne wytwarzane są przez człowieka (przy czym część z tych związków musimy wykorzystywać np. w gaśnicach samolotowych czy w „bezpiecznikach” wysokonapięciowych linii energetycznych), ale w przeważającej ilości przez naturalne procesy zachodzące w skorupie ziemskiej. np. aktywność wulkaniczną.

Dylemat ekologiczny

Podstawowym dylematem ekologicznym nas wszystkich nie jest zdobycie szturmem sklepu z zabawkami w centrum Seattle, celem obalenia hegemonii McDonalda na rynku *fast (junk)-food*, lecz prawidłowe zrozumienie zjawisk zachodzących w przyrodzie i ich rozsądna interpretacja. Aby przez chwilę pozostać przy McDonaldisie, to prawdziwym problemem nie jest hodowanie bydła dla tej sieci restauracji, ale to, że w 1950 ludność Afryki wynosiła 238 milionów, których przyszłość zależała od 272 milionów zwierząt hodowlanych (dane *Worldwatch Institute*), natomiast w 1987 r. ludność Afryki wzrosła do 604 milionów, a pogłowie zwierząt domowych wyniosło 543 miliony. Na kontynencie afrykańskim zwierzęta te muszą żywić się niemal wyłącznie w sposób „naturalny”. Prowadzi to do ruiny pastwisk i *de facto* katastrofy ludzkiej. Karmienie tych zwierząt zbożem wymaga gigantycznego importu z krajów rozwiniętych (przede wszystkim USA i Kanady), a także rozwoju rolnictwa wysokiej technologii będącego w stanie wielokrotnie zwiększyć wydajność. Wymaga, zapewne, ingerencji biotechnologicznej i wytworzenia genetycznie zmodyfikowanych roślin. Stanowi to poważne wyzwanie naukowe, któremu nie sprostamy niszcząc puszki z genetycznie zmodyfikowaną kukurydzą w kolejnej sieci super-, czy hipermarketowej.

Dyskusje pod presją społeczną

Jednym z istotnych problemów w dyskusji cywilizacyjnej towarzyszącej próbom rozwiązania powyższego problemu, może najważniejszym, jest to, że dys-

kusja ta toczy się pod presją społeczną, której jawnie nie wytrzymują niektórzy przedstawiciele kół naukowych. Kilka lat temu raport specjalnego ciała eksperckiego ONZ dotyczący problemu globalnego ocieplenia, został sfalszowany przez przewodniczącego tegoż zespołu celem uczynienia raportu politycznie poprawnym, tj. stwierdzającym odpowiedzialność działalności człowieka za zmiany klimatyczne. Dopiero opublikowany w gazetach list członka tego zespołu eksperckiego Frederica Seitza, byłego Prezesa Narodowej Akademii Nauk USA, zwrócił na to manipulowanie faktami uwagę opinii publicznej. Gorąco zachęcam do zapoznania się z materiałami na ten temat udostępnianymi na stronach internetowych instytutu Marshalla w Waszyngtonie (<http://www.marshall.org>). W dyskusji na tematy zagrożeń ekologicznych, tych prawdziwych, jak np. wspomniane powyżej przekroczenie przez hodowle w Afryce granic stabilnej równowagi konsumpcja–podaż pasz, czy wyimaginowanych, jak energetyka jądrowa, istotną rolę odgrywa niewłaściwe interpretowanie danych pomiarowych, udostępnianych i błędnie interpretowanych. Od czasów poprzedzających znacznie Malthusa katastroficzne przepowiednie oparte były na błędnej interpretacji danych doświadczalnych. W XV wieku przewidywano zagładę Paryża pod zwałami nawozu końskiego, konstrukcja automatycznych krosien miała doprowadzić do zagłady Anglii. W nam bliższych czasach pierwszy Raport Rzymski przewidywał totalne wyczerpanie zapasów ropy naftowej w końcu lat 80. XX wieku, a po podpaleniu szybów naftowych przez Irak pod koniec Wojny w Zatoce, przewidywano niemal Zimę Atomową. Podobnie ma się dzisiaj sprawa, i tu wracam do początku mojego artykułu, ze sprawami związanymi z Deklaracją Bostońską.

Sztuka obiektywnej oceny

Jedną z ważnych spraw w ocenie zjawisk zagrożenia ekologicznego jest obiektywna ocena danego zjawiska. W wielu przypadkach w ocenie tych zjawisk panuje totalny chaos wywołany nieodpowiednim doбором jednostek pomiarowych i pomieszaniem, co te jednostki naprawdę oznaczają, co mierzymy, a co staramy się prawnie uregulować. Robert F. Phalen (<http://www.marshall.org>) w interesującym artykule pt. „Żyć i umierać w brudnym powietrzu: co nauka może nam o tym powiedzieć” zwraca uwagę na to, że nawet zajmujący się tematyką zagrożeń ludzie często używają nie tylko innych jednostek, ale i innych pojęć do opisu wydawałoby się tego samego zjawiska. Na przykład epidemiolodzy zainteresowani są relatywnymi (inkrementalnymi) zmianami, np. zanieczyszczenia powietrza, w porównaniu do stanu sprzed okresu pomiarowego i ich konsekwencjami zdrowotnymi. Prawodawcy natomiast zwykle określają poziom skażenia. Dla osoby o wykształceniu fizycznym i matematycznym różnica jest elementarna. W pierwszym przypadku mówimy o pochodnej czasowej danej wielkości, w drugim o wartości tej wielkości w danej chwili czasu. To są, oczywiście, dwie różne rzeczy.

Zamieszanie z wprowadzeniem norm NAAQS w USA wywołane zostało w dużej mierze artykułami trzech autorów: Douglasa Dockery, Joela Schwartza i C. Ardena Pope III (z których żaden nie był zawodowym epidemiologiem) wiążącymi zwiększoną śmiertelność wśród ludzi ze wzrostem zanieczyszczenia powietrza tzw. cząsteczkami PM10. Według tej pracy śmiertelność wzrasta o 1% (a śmiertelność na skutek przypadków związanych z zaburzeniami oddychowymi o 3%) ze wzrostem zanieczyszczenia powietrza o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wzrost zanieczyszczenia definiuje się mierząc poziom zanieczyszczenia przez trzy kolejne dni poprzedzające pomiar, a następnie porównując go do poziomu w dniu pomiaru. Publikacja tych danych wywołała lawinę reakcji w tzw. mediach. Natychmiast zostały one jednak zakwestionowane przez epidemiologów. Otóż wzrost śmiertelności o 1% oznacza, że względne ryzyko śmierci z tego powodu wynosi teraz 1,01. W epidemiologii za wartość zainteresowania uważa się sytuację, gdy względne ryzyko wynosi 2 lub 3. Phalen przytacza następujący przykład. Podczas Wojny w Zatoce Tel Aviv był bombardowany przez Irak raketami. Podczas tych bombardowań śmiertelność wzrosła o 58%, tj. względne ryzyko śmierci wynosiło 1,58. Nikt, powtarzam nikt, nie zginął w Tel Avivie na skutek uderzenia raketowego. Ludzie spędzali natomiast więcej czasu na powietrzu (upa!), byli silnie zdenerwowani itp. Ten przykład poucza nas o tzw. „przypadkowej asocjacji przyczyna–skutek”. W dodatku większość przypadków śmierci uwzględnionych w statystyce Dockery’ego dotyczyła ludzi przebywających w szpitalach i domach opieki, a więc miejscach w większości klimatyzowanych. Dlaczego więc te przypadki miałyby mieć cokolwiek wspólnego z zapyleniem?

Dalsze argumenty Phalena, zawarte w jego artykule, dotyczą nie tylko posługiwania się nieprawidłowym wnioskowaniem statystycznym, ale metody oznaczania zanieczyszczeń itp. Niestety, pomimo istotnych obiekcji merytorycznych zgłaszanych przez ekspertów, prawodawcy wprowadzili drastyczne ograniczenia dopuszczalnego poziomu zapylenia powietrza, niemożliwe do spełnienia nie tylko na farmie z krowami, ale też, jak twierdzi Phalen, w ogródku. Jedyne wyjście to zabetonowanie Kalifornii celem uniemożliwienia zapylenia powietrza przez erozję ziemi. Nie wiadomo, jak uniknąć zapylenia solą z parującego oceanu. Gorąco polecam wszystkim zainteresowanym ekologicznymi konsekwencjami proekologicznych decyzji politycznych rozdział *Szmulgler* w doskonałej, wydanej niedawno przez wydawnictwo Prószyńskiego, książce Jeremego Bernsteina *Teoria Wszystkiego*.

Rozważania Phalena przypominają mi opublikowaną przez Jakuba Tatar-kiewicza i mnie, na łamach *Przeglądu Tygodniowego* (*Strachy na Lachy*, P.T. lipiec 1986), analizę pojęcia zagrożenia (o ile wiem, było to pierwsze publiczne przedstawienie pojęć analizy ryzyka i korzyści w odniesieniu do katastrof naturalnych i spowodowanych przez ludzi), tuż po katastrofie w Czernobylu. Przytoczyliśmy wtedy prosty szacunek porównujący skażenie Warszawy radioak-

tywnym opadem poczynobylskim z naturalnym skażeniem związanym z uwalnianiem na skutek erozji radioaktywnej składowej gleby. Bernard Cohen z Uniwersytetu w Pittsburghu, jeden z najpoważniejszych niezależnych ekspertów energetyki jądrowej w USA, zwrócił uwagę, że gdyby wydano fundusze stracone na poszukiwania miejsca składowania odpadów radioaktywnych z elektrowni atomowych na przebudowę poboczny autostrad amerykańskich (w szczególności zmianę typu słupów z ogłoszeniami) to zmniejszono by śmiertelność na skutek wypadków tak, że spełnienie się najgorszych scenariuszy błędu przechowywania odpadów radioaktywnych nie miałyby wpływu na ogólne statystyki długości życia w USA.

Przykład: CO₂ w atmosferze

Październikowy numer *Climat Research* zawiera przeglądowy artykuł grupy meteorologów z Uniwersytetu Harvarda i Instytutu Nauki i Medycyny w Oregonie poświęcony ocenie wpływu wzrostu zawartości CO₂ w atmosferze na procesy klimatyczne oraz pewne procesy biologiczne, szczególnie wzrost produkcji roślinnej. Jak wiadomo powszechnym i politycznie poprawnym pewnikiem jest to, że wzrost zawartości CO₂ wywołany działalnością człowieka jest odpowiedzialny za efekt szklarniowy i zbliżającą się globalną katastrofę ekologiczną. Analizując przeszło 150 pozycji literaturowych autorzy opracowania krok po kroku podważają tezę o wpływie CO₂ na wzrost temperatury atmosfery i o tym, że istniejące dane są w stanie wykazać jakikolwiek negatywny wpływ CO₂ wytwarzanego przez działalność człowieka. To co, zdaniem Soona i współpracowników daje się bezsprzecznie wykazać, to wpływ zwiększonej koncentracji CO₂ na wzrost roślinności (efekt zazielenienia). Niemal 80% wzrostu zawartości CO₂ nastąpiło już po inkryminowanym wzroście temperatury atmosferycznej. *De facto* zmiany w zawartości atmosferycznego CO₂ wydają się następować po wzrostach temperatury, a nie je poprzedzać.

[...] Tak więc nim przyjmimy za pewnik, że kolejne działanie cywilizacyjne stanowi zagrożenie naszego życia i zdrowia postarajmy się zrobić wnikliwą analizę „kosztów i korzyści”. Starajmy się unikać argumentów: „oczywiście wiemy”, „jestem przekonany” itp. Unikajmy też sformułowań jawnie bezsensownych lub dowodzących złej woli dyskutanta.

Olaf Swolkień, publicysta *Zielonych Brygad*, pisze: „Wierzę, że ludzie chodzący ot tak sobie do lasu są lepsi i stają się lepsi i będą mieli lepsze potomstwo od wychowanków salonów gier komputerowych lub uniwersytetu Harvarda.”

To może nie tak skrajny pogląd jak Carla Amery, jednego z przywódców niemieckich Zielonych, ale to klasyczny przykład stanowiska uniemożliwiającego rozmowę.

Wyzwania ludzkości

Nauka stworzyła nam szansę na to, aby XXI wiek był powszechnie czystym, zdrowym i bogatym. Aby to osiągnąć musimy zmierzyć się z prawdziwymi

zagrożeniami, np. bombą demograficzną czy drastycznym wzrostem cen (bo nie brakiem) źródeł energii. Nie mamy już pola manewru, chyba że weźmiemy na swoje sumienia kolejne wyroki śmierci dla milionów głodujących. Będziemy musieli skorzystać z energetyki jądrowej, bo tylko ona może rozwiązać problemy braku energii. Ba, nawet na to, aby upowszechnić stosowanie prymitywnych metod dostarczania wody w Afryce (np. Q-baniak) musimy mieć tu w Europie, Azji Technologicznej i USA nowe, czyste i tanie źródła energii. Ruchy ekologiczne oddały ludzkości wielką przysługę zwracając uwagę polityków na to, co od dawna mówili im przedstawiciele „uniwersytetów Harwarda”. Nam, naukowcom zwróciły uwagę na to, że powinniśmy być ostrożniejsi w dawaniu wiary zapewnieniom polityków, że wiedzą, co robią. Pozwoliły nam zastanowić się nad tym, czy nie pobłądziliśmy w tym wyścigu za nie tyle wiedzą, co funduszami na badania. Dzięki nim na nowo odżyły dyskusje o etyce nauki.

Razem możemy szybciej dojść do celu. Tylko nie stawiamy sobie nieprawdziwych i niemożliwych do rozwiązania zadań. Droga w przyszłość jest dostatecznie trudna. Nazywa się życie.

Dopisek z dnia 4 marca 2010:

Dziesięć lat temu pisząc ten tekst nie wiedziałem jakie reperkusje wywoła na świecie opublikowanie omawianego artykułu Soona (awantura w redakcji *Climat Research*, rezygnacja komitetu redakcyjnego). Nie wiedziałem jakie będą losy Panelu ONZ o kryptonimie IPCC, nie wiedziałem o stworzeniu niemal religijnego ruchu ekologicznego Ala Gore. To wszystko wydarzyło się bowiem później. Dziś wiem, że wiele z danych, na których oparte są katastroficzne wizje Gore’a pozostawało utajnione, a być może i modyfikowane, przez banki danych klimatycznych na Uniwersytecie Wschodniej Anglii. Wiem, że sławne krzywe hokejowe Michela Manna oparte są na niepoprawnej analizie matematycznej danych doświadczalnych, że IPCC niefrasobliwie przyjmuje doniesienia gazetowe (a nawet tabloidowe) za fakty naukowe, że chińscy współpracownicy IPCC ukrywają prawdziwe dane zbierane w Chinach i wprowadzają sfabrykowane dane itp. Wszystko to jest bardzo smutne, bo polityczny aktywizm, zastąpił debatę naukową. Jakbym słyszał chichot Łysenki.

Gdy czytam ten tekst dziś, to widzę, że nie tylko mógłbym się pod nim obecnie podpisać, ale i że nie zmieniam swojej oceny zawartej w ostatnich zdaniach.

Łukasz A. Turski, 2000, *Bрудno, choro, bogato – czysto, zdrowo, biednie. Nieprawdziwe dylematy ekologii* [w:] Mirosław Nakonieczny i Paweł Mięguła (red.), *Problemy środowiska i jego ochrony*, część 8, Centrum Studiów nad Człowiekiem i Środowiskiem Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach; WNT, „Eco-Educja”, Katowice; s. 7–20.

Tekst przedrukowano za zgodą autora i redaktora profesora dra hab. Mirosława Nakoniecznego, śródtytuły pochodzą od Redakcji. Artykuł można znaleźć w Internecie na stronie „Studio opinii” <http://alfaomega.webnode.com/news/2009-12-08>.



Trudne – łatwe zadania z piaskarką i transporterem

Zofia Gołąb-Meyer

Wielu z nas zetknęło się z zadaniami, które choć mają rozwiązanie bardzo proste, niewymagające większych obliczeń, często są rozwiązywane niepoprawnie. Bywa, że raz znalezione i zrozumiane rozwiązanie powoduje jakby amnezję faktu, że kiedyś wystąpiła trudność, a bywa i tak, że rozwiązanie jawi się jako paradoksalne, sprzeczne z tym, co na pierwszy rzut oka wydaje się oczywiste. Osoby rozumiejące dogłębnie problem i nieposiadające empatii, wczucia się w nowicjusza, mogą nie widzieć jego trudności.

Mechanika jest pełna takich pułapek. Komplet zasad Newtona, o nierównorzędnym statusie, dotyczących opisu dalece wyidealizowanych sytuacji (układy inercjalne, brak tarcia, obiekty takie jak masy punktowe, bryła sztywna, liny bezmasowe, ciała doskonale sprężyste, nieściśliwe, itp.) utrudniają transfer praw fizyki na rzeczywiste sytuacje fizyczne, do jakich odwołują się konkretne zadania. Tu często leży sedno trudności.

Przytoczymy dwa zadania, których rozwiązanie sprawiło rozwiązującym trudność. W pułapkę wpadali również nauczyciele i autorzy zadań.

Pierwsze zadanie dotyczy ruchu piaskarki, a więc ciała o zmiennej masie. (*TPT*, October 2009, 47, nr 7 s. 444, Ronald Newburgh)

Oryginalne zadanie brzmi:

Piaskarka porusza się ze stałą prędkością v po śliskiej drodze. Piaskarka wyrzuca piasek ze stałą wydajnością $q = \Delta m / \Delta t$. Piasek wyrzucany jest z taką szybkością, iż osiąga grunt z zerową składową poziomą prędkości. Ile wynosi siła wypadkowa działająca na piaskarkę.

- a) zero
- b) $qv = q \cdot \Delta m / \Delta t$ w kierunku ruchu piaskarki,
- c) $-qv = -q \cdot \Delta m / \Delta t$, w kierunku przeciwnym do ruchu piaskarki,
- d) za mało informacji, by udzielić odpowiedzi.

Jako poprawną odpowiedź autor zadania podaje c). Uczciwie dodaje, iż żaden z testowanych studentów nie podał tej odpowiedzi. Wszyscy podali jako poprawną odpowiedź a). **Brawo dla studentów, bo to jest poprawna odpowiedź!**

Powyższe zadanie jest niepoprawne, zarówno jego treść, jak i odpowiedź. Sformułowanie „po śliskiej drodze” sugeruje brak tarcia. Byłby to wtedy klasyczny problem rakiety odrzutowej (patrz w tym zeszycie s. 61).

Uczymy studentów, że pierwsze prawo Newtona mówi, iż jeśli ruch odbywa się w układzie inercjalnym, a za taki uważamy słusznie w tym przypadku układ związany z drogą, to stała prędkość ciała oznacza kasowanie się działania wszystkich sił, wypadkowa sił działających na piaskarkę musi wynosić zero. Jeśli poprawnie zidentyfikujemy siłę odrzutu działającą na piaskarkę w czasie wyrzucania piasku (zachowanie pędu), to zauważymy, że musi istnieć siła kompensująca tę siłę. Może nią być siła tarcia. Zauważmy, że nie jest potrzebna informacja o prędkości wyrzucanego piasku, podanie jej dezinformuje uczniów.

Formuła w odpowiedzi b) i c) to wyliczona siła działająca na ciało o zmiennej masie.

Drugie prawo Newtona w postaci ogólnej to:

$$F = \Delta p / \Delta t.$$

W przypadkach ze stałą masą daje

$$F = \Delta p / \Delta t = m \cdot \Delta v / \Delta t = ma.$$

Dla ruchu ciała o zmiennej masie ($\Delta p / \Delta t = m \cdot \Delta v / \Delta t + v \cdot \Delta m / \Delta t$), występuje dodatkowy wyraz, który spowodowany jest zmianą masy ciała, w naszym przykładzie to $-qv$.

Poprawnie sformułowane zadanie mogłoby brzmieć:

Piaskarka porusza się ze stałą prędkością v . Z piaskarki wyrzucany jest piasek ze stałą wydajnością $q = \Delta m / \Delta t$.

Ile wynosi siła wypadkowa działająca na piaskarkę? Wymień wszystkie siły działające na piaskarkę.

Zadanie z transporterem

Przykładem zadania, którego rozwiązanie stwarza trudności, jest zadanie z transporterem taśmowym przenoszącym piasek. Nawet w tak znanym i sprawdzonym *Zbiorze zadań z fizyki 1* J. Jędrzejewskiego, W. Kruczka, A. Kujawskiego (WNT, Warszawa 1991), znalazłam niepoprawne zadanie. Oto ono:

11-18R. Transporter przenosi $m = 200$ kg piasku w czasie $t = 1$ s. Długość taśmy przenoszącej piasek wynosi $l = 3$ m, a kąt nachylenia do poziomu $\alpha = 30^\circ$. Obliczyć moc rozwijaną przez silnik napędzający transporter, jeżeli sprawność urządzenia wynosi $\eta = 85\%$.

Rozwiązanie autorów:

Ponieważ praca w polu sił ciężkości zależy od różnicy poziomów, praca wykonana przez transporter w czasie t wynosi $L = mgl \sin \alpha$, zaś moc zużywana

$$P_z = \frac{mgl \sin \alpha}{t}$$

Z definicji sprawności $\eta = \frac{P_z}{P_d}$, gdzie P_d – moc dostarczana, otrzymujemy

$$P_d = \frac{P_z}{\eta} = \frac{mgl \sin \alpha}{\eta t} = 3,46 \text{ kW}$$

Autor pomija zupełnie wydatek energetyczny transportu piasku w czasie ruchu poziomego taśmy transportera.

A oto zadanie cytowane już przez nas w *Fotonie*, które sprawiło kłopot nawet niektórym profesorom fizyki:

Na poziomy transporter poruszający się ze stałą szybkością $v = 2 \text{ m/s}$ podawany jest piasek ze stałą szybkością $Q = 25 \text{ kg/s}$ (tzw. wydatek). Moc silnika w czasie pracy transportera, przy założeniu 100% sprawności (rolki transportera toczą się bez tarcia) wynosi:

- a) 12,5 W;
 - b) 50 W;
 - c) 100 W;
 - d) 200 W.
-

Przykłady rozwiązania:

Problem przedstawiony w zadaniu dotyczy idealnego transportera, czyli bez tarcia na osiach. Na taśmę transportera poruszającą się ze stałą szybkością v jest sypany pasek (o masie m) ze stałym wydatkiem Q ($m = Q \cdot t$).

Transporter taki na jałowym biegu (bez transportowania piasku) ma nie pobierać energii. Również transport już usadowionego i poruszającego się z szybkością v piasku, odbywa się bez udziału pracy silnika. To budzi u niektórych osób protest.

Wprowadzamy oznaczenia:

P – szukana moc silnika

m – masa piasku

t – czas

v – stała szybkość taśmociągu względem podłoża i docelowa usadzonego na nim piasku

f – współczynnik tarcia

Dobrym punktem startowym jest zauważenie faktu, iż praca silnika taśmociągu jest zużywana na:

- 1) nadanie piaskowi szybkości v , a przez to energii kinetycznej E_k ;
- 2) usadowienie (wyhamowanie) piasku na taśmociągu. Gdyby nie było tarcia, taśmociąg ślizgałby się pod rosnącą górą piasku. To hamowanie powoduje wzrost energii wewnętrznej piasku W .

Wydatkowana przez transporter energia

$$E = E_k + W$$

Dość powszechnym błędem rozwiązujących jest zaniedbanie jednego ze składników powyższej sumy. Czynnione często założenie o pomijaniu tarcia, przeniesione bezprawnie w tym przypadku, jest źródłem błędu.

Energia kinetyczna E_k masy m rozpędzonego do prędkości v piasku wynosi:

$$E_k = m \frac{v^2}{2}$$

Łatwo można obliczyć energię zużyta na wyhamowanie masy m piasku, czyli na wzrost energii wewnętrznej piasku W . Jest to standardowy problem np. wyhamowania samochodu o masie m i prędkości początkowej v .

$$W = (\text{siła hamująca tarcia}) \cdot (\text{droga hamowania})$$

$$W = (m \cdot g \cdot f) \cdot \left(\frac{1}{2} \frac{v^2}{g f} \right) = m \frac{v^2}{2}$$

Widzimy, że praca zużyta na wyhamowanie nie zależy od współczynnika tarcia f . Natomiast droga hamowania i czas są tym dłuższe, im mniejsze f .

Całkowita energia wydatkowana przez silnik:

$$E = E_k + W = m \frac{v^2}{2} + m \frac{v^2}{2} = mv^2$$

zatem moc silnika P

$$P = \frac{E}{t} = Qv^2$$

czyli odpowiedź c) jest prawidłowa.



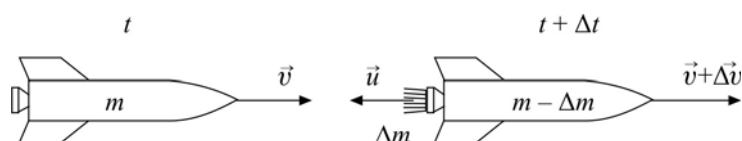
Ruch ciała o zmiennej masie – rakietą

Katarzyna Cieślak, Witold Zawadzki

Jako przykład ruchu ciała o zmiennej masie rozpatrzmy ruch rakiety z silnikiem odrzutowym.

Niech m oznacza masę rakiety w pewnej chwili t , \vec{v} – jej prędkość. Niech szybkość spalania paliwa $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ będzie stała i równa q , a szybkość wyrzucanych spalin względem rakiety wynosi u (spaliny są wyrzucane do tyłu).

Chcemy obliczyć tzw. siłę ciągu rakiety i jej prędkość po wypaleniu się paliwa. Przyjmujemy oś X układu współrzędnych zgodnie ze zwrotem prędkości rakiety.



Rozważania prowadzimy w układzie inercyjnym (np. Ziemi). W chwili t pęd rakiety z paliwem $\vec{p}_1 = m\vec{v}$ a jego wartość $p_1 = mv$, w chwili $t + \Delta t$ po wyrzuceniu Δm gazów pęd jest sumą pędu rakiety

$$(m - \Delta m)(v + \Delta v)$$

oraz pędu wyrzuconych gazów

$$\Delta m \cdot (v + \Delta v - u),$$

$$\text{czyli} \quad p_2 = m v + m \cdot \Delta v - (\Delta m) \cdot u$$

Zgodnie z zasadą zachowania pędu:

$$p_1 = p_2$$

$$mv = m v + m \cdot \Delta v - (\Delta m) \cdot u,$$

$$\text{czyli} \quad m \Delta v = (\Delta m) \cdot u \quad (1)$$

Po podzieleniu obu stron równania przez Δt otrzymujemy

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{u \cdot \Delta m}{\Delta t} = u \cdot q,$$

Zatem zgodnie z II zasadą dynamiki mamy

$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = u \cdot q \quad (2)$$

Jest to wzór na wartość siły ciągu rakiety gdy szybkość spalania paliwa jest stała i równa q .

———— • ————

Obliczmy teraz końcową szybkość rakiety. Niech m_0 oznacza masę początkową rakiety, zaś m_k – masę rakiety po spalaniu paliwa ($m_0 - m_k$). Ze wzoru (1) $m\Delta v = (\Delta m) \cdot u$, otrzymujemy $\Delta v = \frac{\Delta m}{m} \cdot u$, skąd możemy przez scałkowanie obliczyć prędkość końcową v_k rakiety. Zamieniamy otrzymane równanie różnicowe na równanie różniczkowe:

$$dv = -\frac{dm}{m} \cdot u.$$

Dodanie znaku „minus” wynika z tego, że masa m rakiety maleje podczas spalania paliwa. Otrzymane równaniem jest równaniem o zmiennych rozdzielonych, rozwiązujemy je całkując obie strony. Otrzymujemy

$$v(t) = -u \ln m + c,$$

gdzie stała całkowania c zostanie obliczona z warunku początkowego. Mianowicie w chwili $t = 0$ masa rakiety $m = m_0$ i $v = 0$, a więc stała $c = -u \ln m_0$. Zatem

$$v(t) = -u \ln m + u \ln m_0 = u \ln \frac{m_0}{m}.$$

Dla $m = m_k$

$$v_k = u \ln \frac{m_0}{m_k}.$$

Teraz możemy rozwiązać przykładowe zadania:

Rakieta spala paliwo z szybkością 100 kg/s, a powstałe gazy spalinowe są wyrzucane przez dyszę z szybkością 2000 m/s. Jaka wartość ma siła ciągu rakiety?

Po podstawieniu danych liczbowych do wzoru (2) otrzymujemy wartość siły ciągu:

$$F = 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 100 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 200\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 200 \text{ kN}.$$

W jednym z podręczników austriackich (Seexl Raab, Streeruwitz, band 1, 1980, s. 65, zad. 90) znajduje się zadanie też dotyczące, jak poprzednie, rakiet V2, „cudownej broni” Hitlera używanej przy bombardowaniu Londynu.

Rakieta V2 wyrzuca gazy spalinowe z szybkością 2 km/s. Siła nośna rakiety powinna wynosić $2 \cdot 10^5$ N.

- a) Ile paliwa musi być spalane na sekundę?
- b) Masa zatankowanej do pełna rakiety to 10 ton. Z jakim przyspieszeniem unosi się rakieta pionowo w górę z miejsca startu?
- c) Rakieta ma zatankowane 5 ton paliwa. Jak długo to paliwo jest spalane?

a)

Po wstawieniu danych do wzoru (1) dostajemy $q = 100$ kg/s

b)

Wstawienie danych do wzoru $a = \frac{F}{m}$ daje $a = 20$ m/s², czyli $2g$.

Otrzymany wynik dotyczy tylko siły nośnej rakiety. Ponieważ zadanie dotyczy przyspieszenia rakiety startującej pionowo z powierzchni Ziemi od wartości $2g$ należy odjąć g .

c)

$t = 50$ s.

Konkretne dane liczbowe dotyczące rakiety V2 podał w swym podręczniku do mechaniki Arkadiusz Piekara, który w czasie niemieckiej okupacji uczestniczył w badaniu rakiety V2 zrzuconej omyłkowo na terenach okupowanych, a następnie wyeksponowanej przez AK samolotem do Anglii (*Foton* 105, Lato 2009).



KĄCIK EKSPERYMENTATORA

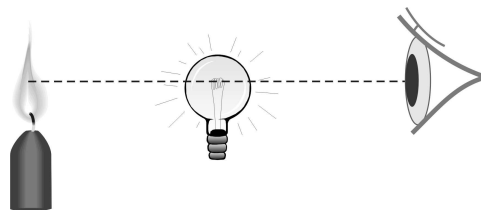
Jak zmierzyć temperaturę płomienia świecy

Witold Zawadzki

Człowiek od dawna starał się określić, czy dany przedmiot jest gorący czy zimny. Z „ciepłotą” ciała związał wielkość fizyczną – temperaturę. Pierwszym „miernikiem” temperatury była zapewne sama dłoń. Ten niedokładny i o ograniczonym zakresie stosowania przyrząd został zastąpiony termometrem, którego zasada działania opiera się na zjawisku rozszerzalności cieplnej substancji, najczęściej cieczy (np. alkoholu lub rtęci).

Niestety, termometr cieczowy nie nadaje się do pomiaru temperatury gorących obiektów, takich jak np. płomień, surówka w hucie, gwiazdy – zakres pomiaru jest ograniczony temperaturą wrzenia, która np. dla rtęci wynosi tylko... 356°C. Do pomiaru wysokich temperatur stosuje urządzenie działające na zupełnie innej zasadzie, zwane pirometrem. W odróżnieniu od zwykłego termometru, który podczas pomiaru musi być w kontakcie cieplnym z badanym obiektem, pirometr dokonuje bezdotykowego pomiaru temperatury. Wyznaczenie temperatury odbywa się poprzez analizę promieniowania cieplnego emitowanego przez obiekt, ale o tym później.

Jak zatem mierzy się pirometrem temperaturę, dajmy na to płomienia? Otóż świecące włókno pirometru ustawia się na linii prostej pomiędzy badanym świecącym obiektem a okiem (rys. 1). Oko widzi więc włókno na tle płomienia. Następnie manipulując potencjometrem ustawia się taką moc świecenia włókna pirometru, przy której włókno to „zniknie”, tzn. barwa włókna zlewa się z barwą promieniowania wysyłanego przez badany obiekt. Oznaczać to będzie, że temperatury obu świecących ciał zrównają się. Odczytując na wyskalowanym pirometrze temperaturę włókna otrzymujemy wynik pomiaru temperatury obiektu.

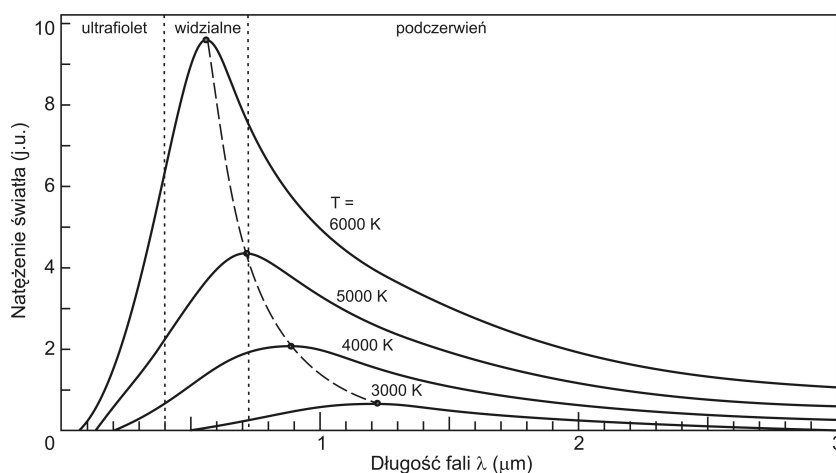


Rys. 1

Porównajmy teraz zasadę działania zwykłego termometru („dotykowego”) i pirometru. Zwykły termometr będący odpowiednio długo w kontakcie ciepl-

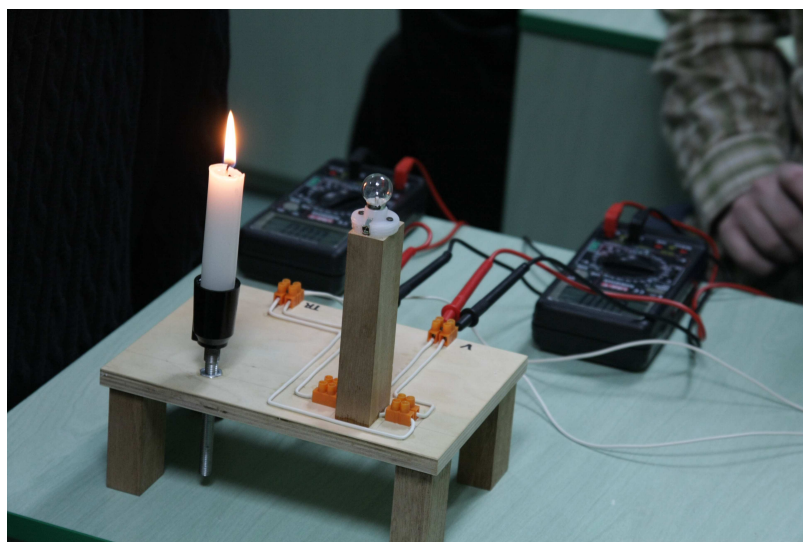
nym z badanym przedmiotem, jest z nim w stanie równowagi temperaturowej (termicznej). Oznacza to, że pomiędzy termometrem a przedmiotem nie występuje przepływ energii cieplnej. Warunkiem istnienia takiego stanu równowagi jest równość temperatur obu ciał. Jak wiadomo osiągnięcie tego stanu po umieszczeniu termometru w kontakcie z przedmiotem nie jest natychmiastowe, lecz wymaga pewnego czasu (dlatego pomiar temperatury ciała człowieka termometrem „lekarskim” trwa 3–5 minut).

W przypadku pirometru tym, co „łączy” badany przedmiot z włóknem pirometru jest pewna uniwersalna krzywa – widmo promieniowania ciała doskonale czarnego (rys. 2). Zaczniemy jednak od przypomnienia, że każde ciało mające temperaturę powyżej zera bezwzględnego (tj. $0\text{K} = -273,15^\circ\text{C}$), wysyła promieniowanie elektromagnetyczne. Intensywność (natężenie) tego promieniowania silnie zależy od temperatury ciała (prawo Stefana-Boltzmann). Przedmioty o niskiej temperaturze wysyłają bardzo mało tego promieniowania (między innymi dlatego właśnie w ciemności nie widzimy otaczających nas przedmiotów). Im wyższa jest temperatura ciała, tym większe jest natężenie wysyłanego promieniowania. Bardzo ważne jest też to, że wraz ze zmianą temperatury ciała zmienia się też widmo promieniowania, tzn. zmienia „barwa” świecącego ciała. Promieniowanie elektromagnetyczne ciał o niskiej temperaturze leży w zakresie podczerwieni, niewidocznej dla oka człowieka (to jest drugi powód, dla którego w ciemności nie widzimy). Ze wzrostem temperatury ciała widmo jego promieniowania początkowo obejmuje również czerwoną część światła widzialnego, a następnie również żółtą i niebieską. Obserwowany kolor świecenia przedmiotu zależy więc od jego temperatury, a więc na podstawie barwy np. gwiazdy możemy wyznaczyć temperaturę jej powierzchni.



Rys. 2. Rozkład gęstości widmowej promieniowania ciała doskonale czarnego w zależności od długości fali dla różnych temperatur. Przy wzroście temperatury maksimum rozkładu przesuwa się w stronę fal o mniejszej długości

Prosty pirometr działający na opisanej powyżej zasadzie wykonali i zaprezentowali uczestnicy Konkursu Projektów Uczniowskich zorganizowanego w ramach programu Feniks: Wojciech Biłan i Leszek Malec – uczniowie VIII Prywatnego Akademickiego Liceum Ogólnokształcącego w Krakowie (opiekun mgr Wiesław Mroszczyk). Główną częścią urządzenia (rys. 3) była żarówka podłączona do regulowanego zasilacza, dwa mierniki mierzyły równocześnie: napięcie na żarówce oraz natężenie płynące przez nią prądu. Za pomocą samodzielnie zbudowanego pirometru uczniowie zmierzili temperaturę płomienia świecy. Sam pomiar został wykonany w sposób opisany wcześniej – osoba mierząca obserwowała barwę włókna żarówki na tle płomienia i ustawiała takie napięcie zasilające, przy którym włókno „znikało”. Wówczas odczytywano wskazania przyrządów. Ciekawy był sposób wycechowania pirometru. Otóż uczniowie wykorzystali ważną właściwość włókna żarówki, mianowicie fakt, że opór włókna żarówki nie jest stały, niezależny od napięcia, z czego wynika nieliniowość zależności natężenia prądu od napięcia. Właściwość ta prawie zawsze jest pomijana w zadaniach z fizyki. Na podstawie wskazań woltomierza i amperomierza uczniowie obliczali opór włókna żarówki, a na tej podstawie wyznaczali temperaturę. Znali bowiem temperaturowy współczynnik oporu dla wolframu, a opór w temperaturze 0°C zmierzili samodzielnie. Poniższe zdjęcie urządzenia pochodzi z prezentacji przesłanej na konkurs. Warto wspomnieć, że uczniowie ci zostali laureatami konkursu i wraz z pozostałymi nagrodzonymi osobami uczestniczyli w zimowym obozie naukowym projektu Feniks.



Rys. 3



Spójrzmy prawdzie w oczy, czyli zjazdowe refleksje o nauczaniu fizyki

Maria Baster-Grząślewicz
Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

Wprowadzenie

Kiedyś pojawił się w *Postęпах Fizyki* mój artykuł pt. „Co o fizyce każdy człowiek wiedzieć powinien” [1]. Próbowałam w nim sformułować najważniejsze, moim zdaniem, wyzwania dydaktyczne dotyczące nauczania fizyki w polskiej szkole i kształtowania świadomości przyrodniczej jej absolwentów. W tym czasie, w ramach ówczesnej reformy edukacji, rozpoczętej w 2000 roku, uczestniczyłam w tworzeniu szkolnej podstawy programowej. W zakresie fizyki, szczególną nowością był w niej kanon kształcenia licealisty, w którym znalazły się elementy tzw. fizyki współczesnej. Chociaż nadsyłane wcześniej do ministerstwa opinie były najczęściej pozytywne lub wręcz entuzjastyczne, późniejsze moje spotkania z nauczycielami, już po formalnym zatwierdzeniu podstawy, świadczyły o powszechnej nieświadomości zawartości tego kanonu oraz o bardzo silnym oporze niektórych nauczycieli, a także środowisk dydaktycznych, przeciwko wprowadzaniu jakichkolwiek zmian programowych dotyczącym nowych, nieuczonych dotychczas w szkole, treści. W kularowych rozmowach argumentacja sprowadzała się często do krótkich stwierdzeń w rodzaju: „Mam dwudziestoletnie doświadczenie w nauczaniu fizyki i niczego nowego uczyć się nie będę!”. Publiczne wypowiedzi były bardziej wyważone, chociaż często równie kategoryczne: „No to jak my to mamy robić? Tego przecież nie da się uczyć w szkole!” Argumentację, że są na to szanse, mogłam wtedy, niestety, podparć tylko wątpliwymi przykładami „z własnego podwórka”. Artykuł, o którym wspominałam, był próbą zainteresowania fizyków (nie tylko dydaktyków fizyki) potrzebami polskiej szkoły w zakresie pomocy merytorycznej i dydaktycznej, dotyczącej przede wszystkim nowych dla dydaktyki szkolnej tematów. Potrzebne były kompleksowe działania, których, niestety, wyraźnie wtedy brakowało i nadal brakuje. Czy można jednak uważać, że nic pozytywnego nie zdarzyło się od tego czasu w nauczaniu fizyki w szkole?

Minęło już prawie dziesięć lat...

Stoimy u progu wdrażania nowej reformy nauczania. Jeżeli nowa podstawa programowa pozostanie w obecnej postaci, w roku 2011 z lekcji fizyki w szkole znikną prawie zupełnie osiągnięcia fizyki XX wieku (z wyjątkiem elementów fizyki jądrowej), a pozostałe treści dziewiętnastowiecznej fizyki nauczane będą prawie wyłącznie jakościowo (bez wprowadzania np. pojęcia wielkości wektorowych). Nowa koncepcja dydaktyczna przekreśla więc w praktyce to wszyst-

ko, co udało się wprowadzić do nauczania w ostatnich latach i cofa nauczanie fizyki o co najmniej kilkadziesiąt lat. Czy są podstawy do tak drastycznych posunięć?

Co z tą reformą?

Czas jubileuszowego XL Zjazdu Fizyków Polskich wydał się nam, animatorom sekcji nauczycielsko-dydaktycznej, odpowiedni do dyskusji na powyższy temat. Prawie cały program sekcji zaprojektowaliśmy tak, aby oprócz licznych wykładów i zajęć merytorycznych dla uczniów i nauczycieli (prowadzonych głównie podczas przedpołudniowych sesji), podczas popołudniowych sesji dać szansę nieco szerszego spojrzenia na kilka zasadniczych, naszym zdaniem, problemów szkolnej fizyki, w aktualnej polskiej sytuacji. Mieliśmy nadzieję, że tak zgromadzony podczas Zjazdu materiał będzie, między innymi, dobrą podstawą do finalnej zjazdowej dyskusji „*Quo vadis* fizyko polska?” w zakresie refleksji dydaktycznej. Szczególnie interesujące, bo mało rozeznane, wydały nam się w tym kontekście problemy nauczania fizyki współczesnej. A oto krótki opis programu popołudniowych sesji:

W pierwszym dniu przewidziane były prezentacje laureatów, ogłoszonego wcześniej konkursu dla nauczycieli pt. „Fizyka współczesna blisko nas”. Program drugiego dnia, oprócz pokazów eksperymentów fizycznych (w ramach konkursu „Zgadnij i uzasadnij”), zawierał, prowadzoną przeze mnie, dyskusję panelową „Problemy nauczania fizyki współczesnej”. W panelu uczestniczyli: prof. dr hab. Andrzej Majhofer (UW), prof. dr hab. Marek Zrałek (UŚ), prof. dr hab. Krzysztof Fiałkowski (UJ), dr Zygmunt Mazur (UWr), mgr Mirosław Trociuk (II LO Włodawa). Dzień trzeci poświęcony był przede wszystkim popularyzacji fizyki. Jego końcowym akcentem był tzw. Hyde Park „O co chodzi w tej reformie?” – dyskusja prowadzona przez dr Jerzego Lackowskiego, byłego kuratora oświaty województwa małopolskiego.

Tę ostatnią, gorącą dyskusję „O co chodzi w tej reformie?” zapamiętałam przede wszystkim jako wzajemną wymianę zdumienia i niedowierzania: Przy ogólnej bierności społecznej dokonuje się pogrzeb fizyki w polskiej szkole, zarówno pod względem treści, jak i liczby godzin. Znalazł się wprawdzie jeden głos argumentujący, że może lepiej uczyć mniej a za to dogłębniej, ale jak tu uczyć dogłębniej, gdy w liceum pozostanie jedna godzina tygodniowo i to tylko w pierwszej klasie?! Uświadomieniu sobie grozy sytuacji towarzyszyło w zasadzie przede wszystkim poczucie bezsilności i rozgoryczenia. Znaleźli się jednak, jak zwykle, niepoprawni optymiści, którzy doprowadzili do kolejnej uchwały Walnego Zebrania PTF, dotyczącej edukacji. Oto tekst uchwały:

Do
Ministerstwa Edukacji Narodowej

Obecni na zebraniu delegatów Polskiego Towarzystwa Fizycznego w Krakowie w dniu 10.IX.2009 nauczyciele i naukowcy wyrażają głębokie zaniepokojenie planami Ministerstwa Edukacji Narodowej radykalnych zmian w nauczaniu fizyki w szkołach ponadgimnazjalnych. Planowana przedwczesna specjalizacja już w pierwszej klasie doprowadzi do praktycznego analfabetyzmu w dziedzinie fizyki, chemii, biologii i geografii większość polskich maturzystów (a pozostała ich część – do analfabetyzmu w dziedzinie historii). Kolejne zmniejszanie liczby godzin przeznaczonych na fizykę nie będzie skompensowane wprowadzeniem przyrody, do nauczania której należałoby najpierw wyszkolić nauczycieli, aby nie ograniczyła się do powierzchownego omawiania „modnych” tematów.

Apelujemy o ponowne rozpatrzenie programów szkół ponadgimnazjalnych i przyjęcie rozwiązań, które umożliwią rozpoznanie talentów i zainteresowań uczniów przed wyborem przedmiotów objętych programami rozszerzonymi. Planowane ograniczenie liczby godzin fizyki i wybór tematyki podstawy programowej jest nieprzemyślane i może doprowadzić do powstania pokolenia ignorantów niezdolnych do właściwego funkcjonowania w nowoczesnym społeczeństwie. Polskie Towarzystwo Fizyczne deklaruje gotowość współpracy w przygotowaniu nowego programu i podstawy programowej.

Kraków, 10.IX.2009

Cóż nam więc pozostaje oprócz optymizmu i nadziei, że nasz głos zostanie wreszcie usłyszany? No, może jednak pozostaje nam coś jeszcze: tzw. hasło „róbmy swoje!”. Uznaliśmy, że właśnie pod tym hasłem oraz w głębokim przekonaniu, iż wszelkie przepisy mają to do siebie, że wcześniej czy później ulegają zmianie, uznaliśmy, że warto jednak, mimo wszystko, dyskutować na Zjeździe o nauczaniu fizyki współczesnej w polskiej szkole.

Problemy nauczania fizyki współczesnej

Panelowi „Problemy nauczania fizyki współczesnej” chciałabym poświęcić nieco więcej miejsca. Cóż to znaczy „fizyka współczesna”? Aby uniknąć niezawodnych niejasności, ustaliliśmy na wstępie, że tym określeniem nazywać będziemy osiągnięcia fizyki XX wieku. Dyskusja koncentrowała się wokół odpowiedzi na trzy, zadane na początku jej trwania, pytania:

- Czy należy uczyć w szkole fizyki współczesnej?
- Czego z zakresu fizyki współczesnej należy (można) uczyć w szkole?
- Jak uczyć w szkole fizyki współczesnej?

Spróbuję poniżej przedstawić swoje refleksje z tej dyskusji oraz omówić niektóre wypowiedzi.

Czy należy uczyć w szkole fizyki współczesnej?

Odpowiedź dyskutantów zaskoczyła mnie swoją jednoznacznością. Przed dziesięciu laty pytanie powyższe, jak już wspominałam, wywoływało często ostre polemiki. Nowa podstawa programowa świadczy o zdecydowanie negatywnej odpowiedzi na nie obecnego Ministerstwa Edukacji Narodowej. Tymczasem, dla uczestników panelu, odpowiedź pozytywna była tak oczywista, iż właściwie nie podlegała żadnej dyskusji. Trzeba jednak przyznać, że podczas rozmów w różnych nauczycielskich środowiskach, można również dzisiaj usłyszeć pełne oburzenia wypowiedzi o rzekomych nonsensownych próbach uczenia w szkole mechaniki kwantowej. No i właśnie tu tkwi sedno nieporozumień! Nie o to przecież chodzi, aby wprowadzać do szkół wyższą matematykę i akademickie podręczniki.

Jak więc uczyć w szkole fizyki współczesnej?

Rozwinięcie tego tematu wymagałoby oczywiście znacznie więcej czasu niż można go było poświęcić podczas dyskusji panelowej. Padło jednak kilka interesujących spostrzeżeń i propozycji. Dotyczyły one przede wszystkim możliwości wykorzystywania w praktyce szkolnej zasobów Internetu i urządzeń codziennego użytku, funkcjonujących obecnie w coraz większym zakresie w oparciu o zdobycze współczesnej nanotechnologii (komputery, komórki, lasery, płyty CD itp.). Zwracano także uwagę na coraz szerzej dostępne firmowe zestawy eksperymentów szkolnych, dotyczące fizyki współczesnej (np. nadprzewodnictwa). Te nowe możliwości dają nauczycielowi wspaniałe, jeszcze niedawno niedostępne, narzędzia dydaktyczne i znacznie osłabiają podnoszony kiedyś przez oponentów argument, że przekazywanie wiedzy o fizyce współczesnej w szkole jest dydaktycznie chybione, gdyż może być tylko deklaratywne. Ważne jest, aby o fizyce współczesnej mówić także w powiązaniu z życiem codziennym, z konkretnymi, których można dotknąć. Zwracano uwagę na to, że nauczanie na wszystkich poziomach przesunięto obecnie zbyt daleko w kierunku koncepcji teoretycznych, omawianych w oderwaniu od zjawisk. Ciekawym dopełnieniem tej dyskusji były prezentowane dzień wcześniej dwa scenariusze lekcji laureatów konkursu „Fizyka współczesna blisko nas”. Lekcje dotyczyły tak trudnych tematów jak fizyczne podstawy energetyki jądrowej i falowo-korpuskularne cechy materii. Pomysłowe, poprawne merytorycznie i przekonujące dydaktycznie sposoby przekazywania tych treści na poziomie

szkolnym, wzbudziły uznanie uczestników spotkania. Szczególnie cenne było to, że czynni nauczyciele (nauczycielki) nie omawiali „wydumanych” koncepcji dydaktycznych a konkretne lekcje, które z powodzeniem przeprowadzili wcześniej w zwyczajnych licealnych klasach ogólnokształcących. Dostarczyli tym samym niezbitych dowodów, że „da się to robić”. Niestety zainteresowanie nauczycieli konkursem było niewielkie, a wśród nadesłanych prac były również materiały o niewielkiej wartości dydaktycznej, sprowadzające się jedynie do pokazów efektownych, internetowych zdjęć. Dobrze wiemy, że problematyka jest trudna. Świadczą o tym, między innymi, gorące spory sprzed kilku lat, dotyczące standardów wymagań maturalnych, czy polemiki na zjazdach dydaktycznych, odnoszące się do różnych rozwiązań szczegółowych. Warto jednak zauważyć, że dyskusje takie często usuwają nieporozumienia i owocują różnymi ciekawymi, choć czasem kontrowersyjnymi rozwiązaniami. Sztandarowym przykładem mogą tu być np. spory o sposób opisu atomu wodoru i słynne dyskusje o „bohrowaniu” lub „nie bohrowaniu”. Jedno jest pewne: nie uciekniemy od problemów nauczania fizyki współczesnej, sprowadzając jej dydaktykę jedynie do popularnonaukowych pogadanek.

Czego z zakresu fizyki współczesnej należy (można) uczyć w szkole?

Dla uczestników panelu oczywistym było, że w programie szkolnym muszą znaleźć się elementy fizyki kwantowej i teorii względności, zarówno ze względu na ich rangę wśród największych osiągnięć intelektualnych ludzkości, jak i ze względu na ich ścisły związek ze współczesną energetyką, techniką, biologią, medycyną. Jak można mówić na poziomie licealisty o energetyce, o tym jak zbudowany jest Wszechświat, jak wyjaśniać dlaczego świeci słońce, bez teorii względności, równoważności masy i energii, bez Einsteina i jego wzoru $E = mc^2$? – pytali dyskutanci (prof. A. Majhofer, prof. M. Zrałek, prof. K. Fiałkowski). Jak można mówić o zastosowaniach nanotechnologii, bez kwantowego opisu rzeczywistości? Wiele przykładów z praktyki szkolnej wskazuje, że fizyka współczesna to rezerwuar treści bardzo atrakcyjnych dla ucznia, które mogą spowodować, że zainteresuje się on w ogóle fizyką (mgr M. Trociuk). Nie każdego interesuje funkcjonowanie Wszechświata, ale również w życiu codziennym otaczają nas wszędzie produkty fizyki współczesnej – od tego nie uciekniemy (dr Z. Mazur).

Spodziewałam się, że uczestnicy dyskusji (w szczególności nauczyciele) wskażą pewne słabości dotychczasowej podstawy programowej, te zakresy treści, które nie powinny się w niej znaleźć, gdyż w praktyce nie są możliwe do zrealizowania. Być może ze względu na brak czasu, wypowiedzi takich nie było. Oczywiście, że są tematy łatwiejsze i trudniejsze dla ucznia. Zwracano uwagę np. na to, że elementy fizyki kwantowej są łatwiejsze w szkolnej realizacji niż elementy teorii względności. Podkreślano natomiast, że przede wszystkim wiele zależy od sposobu przekazu i od czasu, jaki ma do dyspozycji na-

uczyciel. Dyskutanci z sali, podobnie jak uczestnicy panelu, zgodni byli co do tego, że koniecznie trzeba szukać sposobów, aby mimo wszystko uczyć w szkole fizyki, jako nauki współczesnej a nie XIX-wiecznej historii. (Oczywiście, współczesna wiedza fizyczna to nie tylko jej XX-wieczne osiągnięcia.)

To co, bez wnikania w szczegółową tematykę, można z pewnością uznać za niezbędne dla wykształcenia ogólnego, to świadomość rzędów wielkości, występujących w mikro i makroświecie. W fizyce XX-wiecznej dokonała się rewolucja rzędów wielkości, z której powinien zdawać sobie sprawę każdy człowiek (prof. K. Fiałkowski). Bez rozwiązywania bardzo trudnych problemów uczeń powinien umieć oszacowywać te wielkości, aby mieć szansę zauważyć różne nonsensy, podawane nieraz w środkach masowego przekazu np. dotyczące energetyki jądrowej. Zwłaszcza w sytuacji dużych ograniczeń czasowych, konieczny jest, jak podkreślali dyskutanci, udział fizyków w głębokiej dyskusji nad kanonem wiedzy podstawowej. Oczywiście, nie wystarczy na to jeden panel dyskusyjny. W tej chwili, jak wykazują badania dydaktyczne, nawet studentom „umykają” bardzo podstawowe tematy. Tak więc „co każdy człowiek o fizyce wiedzieć powinien” – to nadal problem nie zamknięty.

Próba bilansu zysków i strat

Podstawowe pytanie o zakres wiedzy, umiejętności i świadomości przyrodniczej, jaki powinien wynieść ze szkoły współczesny człowiek, wiąże się ściśle z innym stawianym często pytaniem zasadniczym: po co? Po co uczyć w szkole każdego ucznia fizyki, do czego jest ona potrzebna przeciętnemu absolwentowi szkoły? Odpowiedź na te pytania nie jest wcale tak trudna, jak mogłoby się wydawać. W oparciu o zakładane cele obowiązującej dotychczas podstawy programowej, można ją skrótowo sformułować np. tak:

- aby umiał funkcjonować w życiu codziennym,
- aby nie był indoktrynowany w życiu społecznym,
- aby posiadał świadomość rzeczywistości przyrodniczej oraz istnienia rządzących nią praw.

Czyżby twórcy obecnej reformy uznali te cele za nieistotne albo możliwe do osiągnięcia bez jakiegokolwiek wprowadzenia w meritum współczesnej wiedzy fizycznej? A może są one tak zdecydowanie nieosiągalne w realiach polskiej szkoły, że nie warto nawet postawienia? Nieznane są żadne szersze, przekonujące badania w tym zakresie. Spotkania zjazdowe zdecydowanie jednak nie dają podstaw do wyciągania takich wniosków. Po blisko dziesięciu latach doświadczeń, czas na podsumowania i refleksje. Wydaje się, że przez te lata zdarzyło się jednak w szkole coś dobrego w zakresie nauczania fizyki współczesnej. Coś, czego nie można cofnąć zwykłą administracyjną decyzją. Świadczą o tym, moim zdaniem, również wnioski wynikające ze zjazdowych dydaktycznych dyskusji.

Cóż więc zmieniło się w sytuacji polskiej szkoły przez te ostatnie lata?

Wymieńmy kilka oczywistych faktów:

– Powstały interesujące podręczniki szkolne, zawierające treści fizyki współczesnej. Można w nich znaleźć wiele wartościowych pomysłów dydaktycznych.

– Wzrosły znacznie możliwości wykorzystywania w praktyce szkolnej, dla celów dydaktyki fizyki współczesnej, różnorodnych przyrządów bazujących na jej zdobyczach.

– Praktycznie wszyscy polscy uczniowie (i oczywiście, także nauczyciele) mają dostęp do Internetu i powszechnie korzystają z jego zasobów i możliwości.

– W środkach masowego przekazu pojawia się wiele programów i artykułów popularyzujących fizykę współczesną oraz imprez popularyzatorskich (dni nauki, jarmarki fizyczne itp.).

Nauczanie a popularyzacja

Podczas dyskusji panelowej staraliśmy się wyraźnie rozróżnić dwa pojęcia: nauczanie i popularyzację. Wiadomo, że popularyzacja powinna wspomagać nauczanie, ale nie może go zastąpić. Wydaje się, że z popularyzacją jest u nas lepiej niż z nauczaniem... choć może tylko tak się wydaje. Od dłuższego czasu coraz efektywniej i efektywniej potrafimy przyciągać tłumy zainteresowanych i gapiów do zaskakujących fizycznych pokazów. Czy to oznacza, że potrafimy zainteresować ich fizyką? Coraz więcej jest kolorowych artykułów, filmów, pięknie wydanych książek popularnonaukowych. Jakie korzyści dają one uczniom, a jakie kryją niebezpieczeństwa? W rozważania o tym, świetnie wkomponowało się wystąpienie jednego z wykładowców sesji popularyzatorskiej (prof. A. Staruszkiewicza). Wskazywał on, podpierając się konkretnymi przykładami, na konieczność rozważenia w podsuwaniu uczniom atrakcyjnych i pozornie wartościowych książek o fizyce. Zła popularyzacja często bowiem fałszuje fakty naukowe, tworząc błędną intuicję, poprzez niedopuszczalne skojarzenia lub absurdalne, źle działające na wyobraźnię interpretacje. Ochroną przed takimi manipulacjami umysłów czytelników powinno być szkolne nauczanie fizyki, dające możliwość krytycznej oceny przez ucznia przeczytanych przypadkowo tekstów. No, ale jak jest z tym nauczaniem?

Zamiast zakończenia

Spójrzmy prawdzie w oczy. Żyjemy w czasach totalnych przewartościowań. Dotyczą one wielu dziedzin życia, ale w szczególny sposób dotyczą edukacji. Coraz bardziej rozmywają się standardy kształcenia podstawowego. Na całym świecie obserwujemy dużą różnorodność w doborze i zakresie przedmiotów obowiązkowych. Fizyka w tej sytuacji przegrywa często konkurencję np. z ekonomią gospodarstwa domowego, a ranga dyplomów różnych szkół, nazywa-

nych wyższymi, jest nieporównywalna. Duża możliwość wyboru przedmiotu i zakresu kształcenia, już na niskich jego szczeblach, pociąga jednak zazwyczaj poważne ograniczenia dalszej drogi studiowania. Świadomość konsekwencji tych wyborów, w krajach, w których systemy takie obowiązują, jest dla każdego obywatela oczywistością. (np. w Kanadzie czy w Stanach Zjednoczonych). W Polsce, z jednej strony cenimy nadal tradycyjne tytuły, stopnie, dyplomy, z drugiej strony chcielibyśmy dopuścić dużą różnorodność i elastyczność ich uzyskiwania. Wierzymy, że lata systematycznego rozwijania intelektualnych predyspozycji umysłu dziecka można zastąpić np. zajęciami uzupełniającymi z matematyki i fizyki podczas studiów. Dla większości populacji jest to jednak niemożliwe. Zajęcia wyrównawcze są tymczasem coraz powszechniejszą praktyką szkół wyższych. Jest to jedyna szansa utrzymania na studiach ścisłych i technicznych nielicznych kandydatów na te studia, przyjętych często niemal „z łapanki”, bez względu na profil ukończonej klasy czy zakres i wyniki zdanej matury. Nie ma z czego wybierać. Do klas matematyczno-fizycznych uczęszcza bardzo niewielu uczniów, a maturę z fizyki zdaje ich jeszcze mniej. Czy można to zmienić? Tkwimy właściwie w błędnym kole. Uczniowie i ich rodzice myślą racjonalnie i często niezbyt dalekowzrocznie. Jeżeli matura z fizyki nie jest do niczego potrzebna, to lepiej zdawać coś łatwiejszego. Jeżeli profil klasy nie ogranicza przyszłego studiowania, to znaczy, że wszystko można ewentualnie wyrównać na studiach. Tymczasem liczba godzin na studiach od kilkunastu lat ulega ciągłemu zmniejszaniu. „Student powinien mieć czas na samodzielne studiowanie, a nie uczyć się na zajęciach jak w szkole” – brzmi argumentacja. Kłopot w tym, że student często praktycznie nie uczył się w szkole fizyki i nie umie studiować, bo nie ma podstaw. Naturalne jest oczekiwanie, że wymagania stawiane studentom powinny być zgodne nie tylko z tym, co się im przekáže, ale również z tym, co większość studentów jest w stanie przyswoić. Trudno się więc dziwić, że już teraz poziom różnych kierunków studiów daleko odbiega od tego, z czym kiedyś kojarzyliśmy tytuł magistra.

Myślę, że wiele osób nie ma pełnej świadomości sytuacji, w jakiej znalazła się cała edukacja w Polsce oraz wpływu na jej kształt pozornie nieistotnych uwarunkowań administracyjnych, ekonomicznych, społecznych, dotyczących jej fragmentów (np. szkolnictwa wyższego). Nowa reforma szkolna drastycznie ogranicza liczbę godzin fizyki. Praktycznie eliminuje ją dla większości uczniów z nauki licealnej. Wielu z tych uczniów, zgodnie z uwagami powyższymi, trafi jednak na studia ścisłe i techniczne i zetknie się wtedy z trudnościami przekraczającymi ich możliwości. No cóż, nie każdy musi skończyć studia... Czyżby? Jest to myślenie trudne do zaakceptowania przez opinię społeczną. Jeżeli już przyjęliśmy go na studia, jeżeli już je zaczął i chce kontynuować... Nie trudno przewidzieć, że w tej sytuacji, poziom kształcenia, np. na studiach technicznych, na których już teraz prawie nie ma fizyki, w przyszłości musi ulec obniżeniu. Od pewnego czasu modne jest wygłaszanie następujących opinii: „Nie

wszyscy będą fizykami, nie należy więc wszystkich uczyć wszystkiego.” Opinie takie wygłaszają, niestety, często również fizycy. Brzmiały one nawet przekonująco. Potrzebny jest jednak umiar i odpowiednie, a nie przypadkowe, relacje pomiędzy wszystkimi elementami edukacyjnej układanki. Powyżej starałam się zwrócić uwagę na niebezpieczeństwo omawianej postawy w odniesieniu do poziomu przysługującego kształcenia ścisłego i technicznego w Polsce. Wydaje mi się jednak, że równie ważne i niepokojące są ogólne, społeczne konsekwencje takiej postawy dla świadomości przyrodniczej społeczeństwa, dla tych, którzy fizykami nie będą, ale coś o współczesnej fizyce powinni wiedzieć i mają prawo wiedzieć. Czy potrafimy im to zapewnić? Moje zjazdowe refleksje są w tym zakresie pozytywne: Potrafimy! Ale co zrobić z tą reformą?!

Artykuł został opublikowany także w *Postęпах Fizyki*, **60**, 228, 2009.

Literatura

[1] M. Baster-Grząślewicz, *Postępy Fizyki*, **54**, 161 (2003).



Jerzy Ogar nie żyje

Maria Baster-Grząślewicz

Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

25 lutego 2010 roku zmarł nagle nasz kolega dr Jerzy Ogar, świetny dydaktyk fizyki, nauczyciel akademicki Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie; zawsze życzliwy, pełen pomysłów i zaangażowania. Był autorem wielu opracowań i materiałów dydaktycznych, podręczników szkolnych i zbiorów zadań z fizyki a także zadań konkursowych tradycyjnego już w województwie małopolskim „Krakowskiego konkursu fizycznego dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych”.





Twarz Kopernika

Leszek M. Sokołowski

Obserwatorium Astronomiczne UJ

Znaczny rozgłos zdobyło ogłoszone w zeszłym roku odkrycie grobu i szczątków Mikołaja Kopernika we fromborskiej katedrze. Dla opinii publicznej znalezienie „relikwii” wielkiej postaci historycznej jest w każdym kraju doniosłe. Natomiast dla nauki i jej historii, dla oceny ważności dokonań Kopernika kwestia, czy jego szczątki przypadły w dziejowej zawierusze, czy też szczęśliwie przetrwały, nie ma najmniejszego znaczenia. Dlatego też toczący się wokół tego odkrycia spór ma z punktu widzenia nauki tylko jeden sens: czy dzisiejsza nauka jest w stanie w sposób jednoznaczny i wiarygodny zidentyfikować szczątki znanego człowieka w kilka stuleci po jego śmierci? W tej kwestii fizyka odgrywa mniej ważną rolę. W sporze o Kopernika pojawił się niespodziewanie dodatkowy czynnik, który skłonił mnie do napisania o sprawie do *Fotonu*.

Zacznijmy od faktów. 22 i 23 lutego 2010 odbyła się w Krakowie pod auspicjami Polskiej Akademii Umiejętności konferencja „Tajemnica grobu Kopernika. Dialog ekspertów”. W pierwszym dniu mówili odkrywcy i uczestnicy badań, w drugim – komentatorzy i krytycy. Ta druga grupa składała się z archeologów, antropologów, biochemików i genetyków, ekspertów medycyny sądowej i historyków nauki; wśród gości zagranicznych był słynny historyk nauki z Harvardu Owen Gingerich. Spory momentami były zażarte, a do wspólnych konkluzji dojść nie zdołano. To, co piszę poniżej, to moje własne wnioski, oparte tylko na wysłuchanych referatach, bez tekstów pisanych, więc mogą się w nich znaleźć jakieś przeinaczenia.

Lokalizacja grobu Kopernika jest dość wiarygodna, lecz faktycznie jest to grób zbiorowy i wskazana czaszka może być Kopernika lub któregoś z wielu kanoników tam pochowanych. Odtworzona na jej podstawie twarz Kopernika, którą wszyscy widzieliśmy w telewizji, dziennikach lub tygodnikach, jest produktem fantazji i autosugestii eksperta policyjnego, który musiał fantazjować, bowiem wielu istotnych informacji nie miał: brakuje żuchwy, a z samej czaszki nie da się odtworzyć jednoznacznie kształtu nosa, uszu i oczu. Istnieją 3 portrety Kopernika powszechnie znane, powstałe po roku 1580, przedstawiające mężczyznę w sile wieku; jeżeli to Kopernik, to tak mógł wyglądać ok. 1510 r. Są w miarę zgodne, co oznacza, że miały wspólne źródło. Istnieje legenda, że namalowano autentyczny portret Kopernika z tego okresu i że tamte wzorowały się na nim, lecz jego istnienie jest wątpliwe (z historii wiadomo, że jest zapotrzebowanie społeczne na wizerunki wielkich ludzi i zwykle wizerunek taki, niejednokrotnie po wielu wiekach, się znajdował). Zatem te podobizny tylko

w bardzo ogólnych zarysach oddają twarz Kopernika i nic więcej z nich wynioskować nie można.

Najważniejsze są badania genetyczne. Szukano grobu wuja Kopernika, biskupa Łukasza Watzenrode, który został pochowany w tej samej katedrze we Fromborku. Nie znaleziono. Z rzeczy osobistych Kopernika przetrwały tylko jego książki astronomiczne, które w XVII w. Szwedzi wywieźli. W Uppsali w jednej z nich znaleziono dwa włosy. Ustalenie wieku takiego włosa – czy ma sto czy pięćset lat, jest trudne, a te książki przeglądało wielu ludzi. Badanie DNA obu włosów oraz fragmentów kości i zęba z czaszki przeprowadziła szwedzka specjalistka od badań genetycznych. DNA włosów było mocno zniszczone i analiza była niekompletna: ustaliła częściową zgodność linii mitochondrialnego DNA właściciela czaszki i właściciela włosów. Rzecz w tym, że takie badanie nie ustala identyczności dawców obu próbek, tylko identyczność ich linii mtDNA. Takich linii wśród ludzi jest bardzo wiele, prawdopodobieństwo tego, że włosy i ząb pochodziły od różnych ludzi o tej samej linii mtDNA jest ok. 1:500. Zatem zapewne ten sam człowiek przeglądał książki Kopernika i jest pochowany we Fromborku, ale czy to był Kopernik? To mógł być któryś z późniejszych kanoników.

Drugim sposobem identyfikacji genetycznej szczątków jest porównanie mtDNA z nich pobranych z mtDNA żeńskich potomków identyfikowanej osoby. mtDNA dziedziczy się (z niewielkimi zmianami mutacyjnymi) w linii żeńskiej. Trzeba odnaleźć żyjącą kobietę z rodu Kopernika i porównać jej mtDNA z badaną czaszką.

Dwie historyczki z Torunia wykonały gigantyczną pracę w tym kierunku. Należało ustalić wszystkie potomkinie ciotki Kopernika, Krystyny Watzenrode, bo jego siostra była zakonnicą. Trzeba sobie uświadomić, że ustalenie żeńskiej linii potomków posuwając się w przód w czasie jest o rzędy wielkości trudniejsze od ustalenia męskiej linii przodków (cofamy się w czasie), co zwykle robimy sporządzając swoje drzewo genealogiczne. Te panie badały księgi metrykalne w Toruniu i Gdańsku, dokąd żeńska część rodu Watzenrode się przeniosła. Ustaliły kolejno 13 pokoleń potomkiń. Trop urwał się w połowie XVIII wieku i ogromny wysiłek nie dał wyniku. Widać za to coś uderzającego. Wszystkie kobiety z tego rodu zawierały małżeństwa w wąskim kręgu patrycjatu miejskiego, najpierw Torunia, potem Gdańska. Tam nie ma śladu Słowian. Kobiety noszą imiona chrześcijańskie: Krystyna, Elżbieta, Kordelia itp., natomiast ich mężowie mają nazwiska niemieckie i imiona anglosaskie, bowiem byli to pomorscy Niemcy oraz Anglicy, Szkoci i Holendrzy. W każdym razie żadnych Polaków. Co nie znaczy, że byli Polsce obcy i niechętni. Jeden z tych mężów był na początku XVIII w. wysokiej rangi patrycjuszem w Gdańsku i popierał Stanisława Leszczyńskiego. Z ksiąg metrykalnych (pisanych po niemiecku) niewiele więcej można się dowiedzieć.

Ród Watzenrode przez co najmniej 13 pokoleń należał do kultury niemieckiej i tego nie można ignorować dyskutując o Koperniku. Oczywiście Kopernik w żadnym stopniu nie ponosi odpowiedzialności za przynależność kulturową i językową praprawnuczek swojej ciotki. Rzuca to natomiast jasne światło na toczący się od połowy XIX w. właściwie do dziś zażarty spór polsko-niemiecki o narodowość Kopernika. Trzeba pożegnać się z myśleniem w stylu „wstrzymał Słońce, ruszył Ziemię, polskie go wydało plemię”. Idea narodowości łącząca w jedno pochodzenie etniczne, przynależność językową i kulturową z patriotyzmem tej społeczności, uformowała się w wyniku rewolucji francuskiej i utrwaliła w połowie XIX wieku. Stosowanie jej do epok wcześniejszych jest ahistoryczne i jaskrawo nieadekwatne.

Ówczesni ludzie mieli inną mentalność. Kopernik zapewne znał język polski, bo studiował kilka lat w Krakowie i chociaż wykłady były po łacinie, to większość studentów stanowili Polacy. Był obywatelem wielojęzycznej i wielokulturowej Rzeczypospolitej i czuł się związany z tym państwem. Zdecydowanie wojował z Krzyżakami, do których było mu przecież bliżej ze względów językowych i etnicznych. Nie był Polakiem, ale nie był Niemcem, tym bardziej, że w owej epoce niemieckość znaczyła niewiele: obszar języka niemieckiego podzielony był na setki skłóconych i zwalczających się państweczek i niemieckojęzyczne mieszczaństwo w Polsce na ogół poczuwało się do lojalności wobec Rzeczypospolitej. Morał z tej historii każdy sam sobie wyciągnie.

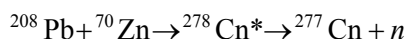


KOMUNIKAT

Nowy pierwiastek $_{112}\text{Cn}$ – Copernicium

Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (ang. *International Union of Pure and Applied Chemistry* – IUPAC) – międzynarodowa organizacja zajmująca się przede wszystkim standaryzacją symboliki, nazewnictwa i wzorców wielkości fizycznych stosowanych przez chemików na całym świecie – zatwierdziła 19 lutego 2010 roku, w dniu urodzin Mikołaja Kopernika, nazwę Copernicium dla nowego superciężkiego pierwiastka o liczbie atomowej 112.

Copernicium (Cn) to pierwiastek chemiczny z grupy metali przejściowych. Po raz pierwszy został on uzyskany w laboratorium GSI w Darmstadt w Niemczech poprzez bombardowanie ołowianej tarczy jonami cynku ^{70}Zn . Reakcja jądrowa, w której został otrzymany izotop ^{277}Cn copernicium ma postać:

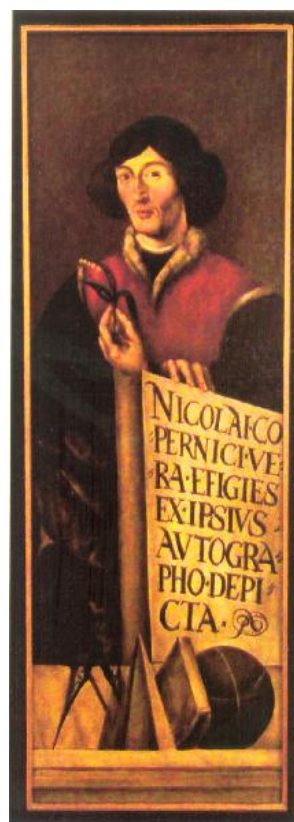




ZNALEZIOŃE W INTERNECIE

<http://marienburg.blox.pl/html>

Najstarszy portret Mikołaja Kopernika znajduje się w katedrze w Strasburgu. Dzieło autorstwa Tobiasza Stimmera datowane jest na lata 1574–1579. Łaciński napis pod nim głosi „Mikołaja Kopernika prawdziwy wizerunek z jego autografu malowany”. Zostało to potwierdzone w 1873 roku poprzez nieoczekiwane odkrycie na odwrocie malowidła napisu: „Portret Kopernika skopiowany przez Tobiasza Stimmera podług oryginału, jaki doktor Tidemann Giese przesłał z Gdańska Dasypodiusowi”. Biskup chełmiński Giese przed 1550 rokiem wysłał wspomniany wyżej autoportret Kopernika Dasypodiusowi do Strasburga, który konstruował mechanizm owego zegara. To wtedy Stimmer zrobił kopię, po czym portret wrócił do Fromborka, by w 1584 roku stać się prezentem dla Tychona de Brahe. Astronom pokazany jest w postaci stojącej i trzyma on w lewej ręce konwalię!



Wizerunek Kopernika na słynnej tablicy we Fromborku jest prawdopodobnie kopią portretu ze Strasburga.



CO CZYTAĆ

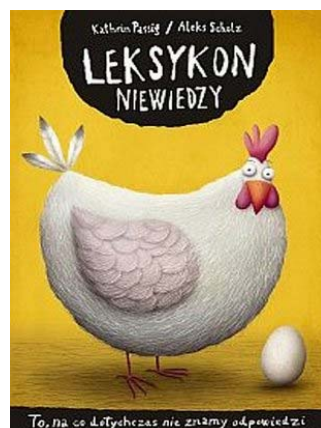
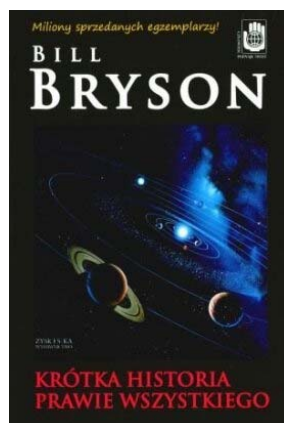
Krótką historią prawie wszystkiego *Leksykon niewiedzy. To, na co dotychczas nie znamy odpowiedzi*

Bill Bryson, *Krótką historią prawie wszystkiego*, Zysk i S-ka, 2009

Kathrin Passig i Aleks Scholz, *Leksykon niewiedzy. To, na co dotychczas nie znamy odpowiedzi*, Wydawnictwo W.A.B., 2009

Na półkach księgarni w dziale książek popularnonaukowych często można znaleźć wiele pozycji pseudonaukowych. Przyczyna takiego stanu rzeczy tkwi częściowo w tym, że w wielu kwestiach nie ma w obecnej chwili jednoznacznej odpowiedzi i zgody wśród fachowców. Wiele spraw i zjawisk, nawet tych dotyczących życia codziennego, nie zostało też dokładnie zbadanych. Wszystkich czytelników małych i dużych ciekawia trudne do rozwiązania zagadki i pytania. Tę naturalną dociekliwość można wykorzystać po to, aby przekazać szerokiej rzeszy społeczeństwa podstawowe zasady naukowego rozumowania. Przeciętnego zainteresowanego tematem czytelnika odstrasza jednak często perspektywa przedzierania się przez tony równań i niezrozumiałych dla laika symboli, których pełne są naukowe opracowania. W takiej sytuacji trudno się dziwić, że część czytelników sięga chętniej po pozycje wyjaśniające zadziwiające zjawiska natury przy pomocy tajemnych sił okultystycznych (gdzie nie ma ryzyka przemęczenia się zbyt dużą ilością wzorów) niż przy pomocy praw fizyki. Dlatego książki, których autorzy podejmują próbę zmierzenia się z trudnymi tematami w przystępny, lecz rygorystyczny pod względem naukowym, sposób są niezwykle cenne. Polecamy uwadze Czytelników dwie ciekawe pozycje z tego nurtu: *Leksykon niewiedzy* Kathrin Passig i Aleksa Scholza oraz *Krótką historię prawie wszystkiego* Billa Brysona.

KC



KOMUNIKAT**Małopolski Konkurs z Fizyki i Astronomii
dla gimnazjalistów***Barbara Górską*

Małopolski Konkurs z Fizyki i Astronomii dla gimnazjalistów odbywał się w tym roku szkolnym po raz dziewiąty. Konkurs powołał do życia i był jego organizatorem przez pięć lat Pan doc. dr hab. Wojciech Maria Kwiatek. Od czterech lat konkurs organizowany jest przez Kuratorium Oświaty w Krakowie.

Konkurs składa się z trzech etapów: szkolnego, rejonowego i wojewódzkiego. W tym roku do konkursu na etapie szkolnym przystąpiło około 1600 uczniów z 260 małopolskich gimnazjów. W etapie rejonowym brało udział 662 uczniów, którzy na etapie szkolnym uzyskali co najmniej 60% punktów możliwych do uzyskania. Do etapu wojewódzkiego przystąpiło 171 ze 173 zakwalifikowanych uczestników etapu rejonowego, którzy zdobyli co najmniej 78% punktów możliwych do uzyskania. Po przeprowadzeniu eliminacji wojewódzkich Komisja Wojewódzka Małopolskiego Konkursu z Fizyki i Astronomii dla gimnazjalistów wyłoniła 54 laureatów (w tym 15 dziewczynek i 39 chłopców), którzy uzyskali co najmniej 86,1% punktów możliwych do uzyskania. Lista laureatów znajduje się na stronie Kuratorium. Laureaci zajęli tylko sześć miejsc co świadczy o ich wysokim poziomie, gdyż między pierwszymi a szóstymi jest tylko 5 punktów różnicy.



Kamila Duda z Gimnazjum nr 6 w Tarnowie

Najlepsi, czyli ci, którzy uzyskali maksymalną liczbę punktów, to (w porządku alfabetycznym):

- Kamila Duda, uczennica M. Ciepielewskiej-Wróbel z Gimnazjum nr 6 w Tarnowie;
- Jakub Kudzia, uczeń Andrzeja Kleszcza z Gimnazjum nr 2 w Krakowie;
- Mikołaj Pluta, uczeń Andrzeja Kleszcza z Gimnazjum nr 2 w Krakowie;
- Marcin Śladowski, uczeń Zdzisława Kiecy z Gimnazjum w Zdrożu, ze stratą jednego punktu, okazał się najlepszym z małej miejscowości uczestnikiem Konkursu.
- Najmłodszym laureatem jest Jan Derbisz uczeń Urszuli Krawiec-Wróbel z Gimnazjum im. Świętej Rodziny z Nazaretu w Krakowie.

Ponieważ fizyka jako przedmiot ścisły jest domeną chłopców, z wielką przyjemnością obserwuje się udział dziewczynek w Konkursie i co roku Pani dr Zofia Gołąb-Meyer w imieniu Redakcji *Fotonu* nagradza tą najlepszą. Ogromnie cieszy fakt, że ta najlepsza w tym roku to wspomniana już Kamila Duda. Fundatorem nagród dla najlepszej dziewczynki, najlepszego ucznia z małej miejscowości i najmłodszego laureata jest Redakcja *Fotonu*, pisma dla nauczycieli i uczniów.

PTF natomiast jest fundatorem pucharu przechodniego dla gimnazjum, którego uczniowie mają najlepsze wyniki w danym roku. Puchar dla najlepszej szkoły został ufundowany w pierwszym Konkursie z założeniem, że szkoła, która wygra go trzy razy pod rząd, otrzyma nagrodę na własność. Niestety do tej pory nie udało się to żadnej szkole, choć blisko już było zarówno Gimnazjum im. Świętej Rodziny z Nazaretu w Krakowie jak i Gimnazjum nr 2 w Krakowie. W tym roku puchar przechodni Gimnazjum im. Świętej Rodziny z Nazaretu w Krakowie przekaze Gimnazjum nr 2 w Krakowie, którego ośmiu uczniów laureatów przygotowywał pan Andrzej Kleszcz. Należy wspomnieć, że praca nauczycieli przygotowujących uczniów do konkursu jak i członków Wojewódzkiej Komisji konkursowej jest całkowicie społeczna.

Konkurs z Fizyki i Astronomii dla gimnazjalistów nie mógłby się odbyć gdyby nie grupa naszych przyjaciół sponsorów.

Serdecznie dziękujemy wszystkim sponsorom, którzy przyczyniają się do rozwoju nauki za ich serce i zrozumienie.



**VIII Ogólnopolski konkurs
fizyczno-fotograficzny
„ZJAWISKA FIZYCZNE WOKÓŁ NAS”**



Oferta dla uczniów z gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych
listopad 2009–maj 2010

Organizatorzy konkursu

Starosta Wieluński, Młodzieżowy Dom Kultury („Domek Harcerza”) w Wieluniu, Koło młodych fizyków przy MDK w Wieluniu

Warunki udziału w konkursie

Konkurs jest adresowany do **uczniów szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych (wiek uczestników: 13–19 lat)**.

Warunkiem udziału w konkursie jest przesłanie lub osobiste dostarczenie do Młodzieżowego Domu Kultury, **WŁASNORĘCZNIE WYKONANYCH ZDJĘĆ**, przedstawiających dowolnie wybrane zjawiska fizyczne, dostrzeżone w otaczającej przyrodzie lub świadomie wyeksponowane w przeprowadzonym przez ucznia eksperymencie. *Każdy uczestnik konkursu powinien dołączyć negatyw lub płytę CD z zapisem cyfrowym przesłanych zdjęć.*

Oczekujemy na fotografie barwne lub czarno-białe, formatu 13 x 18 cm lub 15 x 21 cm, i poprawne technicznie do 4 maja 2010 r.

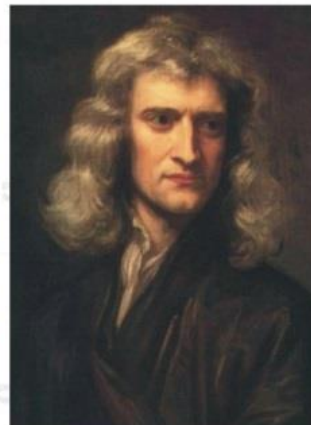
Konkurs zostanie rozstrzygnięty w dwóch kategoriach **do 11 maja 2010 r.:**

- a) fotografie przedstawiające określone **zjawiska fizyczne zaobserwowane w otaczającej przyrodzie,**
- b) serie zdjęć ilustrujące **eksperymenty fizyczne.**

Prace nagrodzone i wyróżnione zostaną zamieszczone na stronie internetowej konkursu (www.fizyka.byethost12.com) oraz zaprezentowane na Ogólnopolskich Warsztatach Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, a także wyeksponowane w galerii Młodzieżowego Domu Kultury.

Informacji o konkursie udziela i prace przyjmuje:
Sekretariat MDK, ul. 3 Maja 29, 98-300 Wieluń,
tel. (43) 843-87-80; e-mail: mdkwielun@wp.pl

Izaak Newton



Portrety Izaaka Newtona

Lewa kolumna: pomnik w kaplicy Trinity College w Cambridge, studium Enocha Seemana (1726). Prawa kolumna: dwa portrety autorstwa Godfreya Knellera z 1702 oraz 1689 roku.

Źródło: <http://www.npg.org.uk/collections>



Miejsce urodzenia Izaaka Newtona – Woolsthorpe Manor w pobliżu Grantham w hrabstwie Lincolnshire. Na pierwszym planie znana z anegdoty jabłoni. Po prawej rysunek domu Newtona wykonany przez Charlesa Turnora w 1820 r.

Źródło: <http://www.york.ac.uk>