

Co w zeszycie

W tym zeszycie poświęcamy uwagę zjawisku fotoelektrycznemu, z którym spotykamy się powszechnie, często nawet nie zdając sobie z tego sprawy. Wynalazek, który ma masowe zastosowanie, to fotokomórka i – jej bardziej współczesny model – fotodioda. Tak zwany efekt fotoelektryczny, który leży u podstaw działania fotokomórki, jest łatwy do zaobserwowania nawet w domu. Podajemy „przepis” na wykonanie doświadczenia ilustrującego przebieg zjawiska. Zostało ono odkryte przeszło 100 lat temu i było kamieniem milowym, który wytyczył nową fizykę – mechanikę kwantową – a ta z kolei spowodowała rozwój fizyki i jej zastosowań również w medycynie (czytaj o metodzie diagnostyki PET).

To, jaki kolosalny krok naprzód uczyniła fizyka od wynalezienia fotokomórki, ilustruje synchrotron SOLARIS, otwarty w Krakowie. W tym ośrodku badawczym na młodych naukowców czeka fascynująca praca.

Fizyka wkracza na różne nowe, nieoczekiwane tereny, wypowiada się też na przykład na temat samoorganizacji organizmów.

Zapraszamy do lektury.

Z.G-M



Spis treści

PET – czyli co antymateria ma wspólnego z medycyną.....	1
Zjawisko fotoelektryczne – jak działa fotokomórka	5
Obserwacja zjawiska fotoelektrycznego	8
Molekuły, złoto i warzywa, czyli kilka słów o samoorganizacji	9
Czerwony Księżyc – całkowite zaćmienie Księżyca 27/28 września 2015	13
Zadanie z TPT	15
Zadania z „Lwiątką” 2015	15
Nagroda Nobla z fizyki 2015 za odkrycie oscylacji neutrin.....	17
SOLARIS w Krakowie	20

PET – czyli co antymateria ma wspólnego z medycyną

W procesie diagnozowania medycznego nieocenioną rolę odgrywają badania dostarczające precyzyjnych informacji o stanie zdrowia pacjenta. W przypadku wielu schorzeń, na czele z chorobami nowotworowymi, wczesne rozpoznanie odgrywa kluczową rolę w dalszym leczeniu. Jest to jeden z powodów ciągłego rozwoju metod mających na celu poprawienie dokładności otrzymywanych wyników, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów wykonywania badań. Osiągnięcie obu tych celów możliwe jest dzięki rozwojowi nowych technologii oraz zrozumieniu zjawisk fizycznych za nimi stojących.

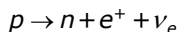
Dużą grupę powszechnie stosowanych w diagnostyce badań stanowią metody obrazowania medycznego. Są one bardzo zróżnicowane pod względem dostarczanych informacji oraz wykorzystywanych zakresów promieniowania i pól: od promieniowania rentgenowskiego stosowanego w zdjęciach rentgenowskich (RTG) i tomografii komputerowej (ang. *computer tomography* – CT), przez promieniowanie jądrowe w pozytonowej tomografii emisyjnej (ang. *positron emission tomography* – PET) aż po promieniowanie radiowe i pole magnetyczne w rezonansie magnetycznym (ang. *magnetic resonance imaging* – MRI) i ultradźwięki wykorzystywane w ultrasonografii (ang. *ultrasonography* – USG).

Jedną z najbardziej obiecujących i wciąż rozwijanych technik obrazowania medycznego jest pozytonowa tomografia emisyjna. W przeciwieństwie do innych metod, PET pozwala na uzyskanie informacji nie tylko o kształcie i wzajemnym położeniu badanych tkanek, ale również o intensywności procesów biochemicznych w nich zachodzących. Dzięki temu znajduje zastosowania w planowaniu i prowadzeniu terapii, określaniu wpływu leków na organizm, a przede wszystkim w diagnostyce w psychiatrii, kardiologii i onkologii.

Wykonanie badania wymaga podania pacjentowi tzw. radiofarmaceutyku. Jest to biologicznie aktywna substancja promieniotwórcza. Zwykle zawiera ona glukozę, która służy organizmowi jako podstawowe źródło energii. Radiofarmaceutyk bierze udział w procesach życiowych w ludzkim organizmie, z czasem gromadząc się w tkankach, w których te procesy są najbardziej intensywne.

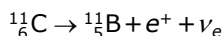
Istotnym zastosowaniem PET jest wykrywanie zmian nowotworowych we wczesnym stadium z nieosiągalną innymi metodami dokładnością. Szybki wzrost komórek nowotworowych wymaga dużych ilości energii, co odpowiada zwiększeniu zapotrzebowania na glukozę, przyspieszeniu procesów bioche-

Pozytony uzyskuje się w procesie rozpadu β^+ . Podczas rozpadu β^+ proton jądra przemienia się w neutron n , pozyton e^+ oraz neutrino elektronowe ν_e



W wyniku tej przemiany liczba atomowa jądra maleje o 1, a liczba masowa pozostaje bez zmiany.

Oto przykładowy rozpad izotopu węgla $^{11}_6\text{C}$

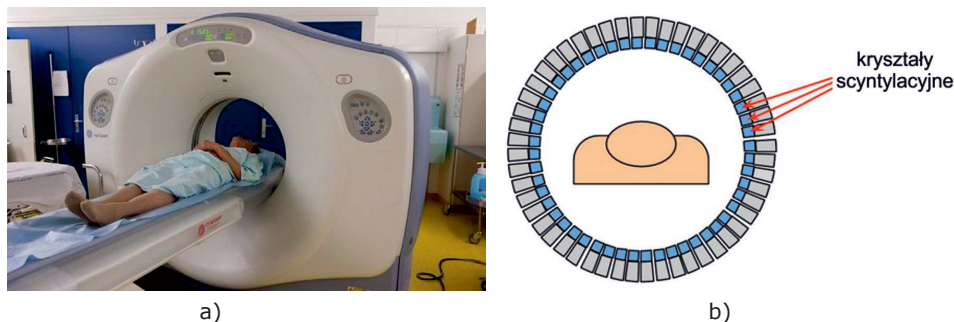


micznych, a tym samym większej koncentracji radiofarmaceutyku w tym obszarze. Zatem, aby określić położenie chorobowo zmienionych tkanek, należy „zmierzyć” ilość radiofarmaceutyku zgromadzonego w poszczególnych częściach ciała. Właśnie z tego powodu radiofarmaceutyk zawiera izotopy promieniotwórcze.

W PET wykorzystywane są izotopy rozpadające się poprzez rozpad β^+ , czyli z emisją pozytonu – antycząstki elektronu. Pozyton wyemitowany w ciele pacjenta porusza się wytracając prędkość, a następnie anihiluje z napotkanym elektronem. W procesie anihilacji cząstka i antycząstka znikają, a ich energia zamieniana jest na energię unoszoną przez dwa kwanty gamma poruszające się w przeciwnych kierunkach w układzie środka masy¹. Te kwanty gamma są następnie rejestrowane przez detektory.

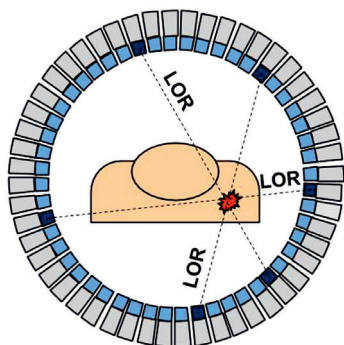
Detektory PET mają kształt pierścienia (rys. 1a), wewnątrz którego w trakcie badania znajduje się pacjent. Za rejestrację kwantów gamma w konwencjonalnych tomografach odpowiedzialne są tzw. scyntylatory kryształowe. Scyntylatory są to materiały, w których pod wpływem padania kwantów gamma emitowane jest światło.

Detektor złożony jest z wielu niedużych kryształów scyntylacyjnych (rys. 1b). W procesie analizy danych zebranych w trakcie badania możliwe jest ustalenie, na które z nich padły kwanty gamma pochodzące z tego samego procesu anihilacji. Linia łącząca dwa takie kryształy to tzw. linia odpowiedzi (LOR – ang. *line of response*). Jeśli w danym obszarze nastąpiło wiele anihilacji, to na podstawie każdej zarejestrowanej pary kwantów gamma otrzymuje się jedną linię odpowiedzi. Przecięcie tych linii pozwala na odtworzenie miejsca, z którego zostały wyemitowane kwanty gamma (rys. 2). Jeżeli dodatkowo detektor pozwala na wyznaczenie czasu przelotu kwantów gamma od miejsca anihilacji do detektora, to możliwe jest zawężenie linii odpowiedzi do jej mniejszego fragmentu, co poprawia dokładność otrzymywanych obrazów. Technika ta nazywana jest TOF-PET (ang. *time of flight PET*). Analizując liczbę procesów anihilacji w poszczególnych obszarach określa się ilość radiofarmaceutyku w poszczególnych częściach organizmu pacjenta, znajdując miejsca, w których procesy metaboliczne są nasilone.



Rys. 1. a) Pacjent w trakcie badania (źródło [1]), b) schemat detektora PET

¹ **Układ środka masy** – to układ odniesienia, w którym środek masy rozpatrywanego układu ciał spoczywa. Oznacza to, że w układzie środka masy wektorowa suma pędów wszystkich ciał jest równa zero.



Rys. 2. Przykładowe linie odpowiedzi (LOR), które pozwalają na odtworzenie pojedynczego miejsca anihilacji. Sytuacja staje się bardzo skomplikowana, gdy analizuje się linie odpowiedzi pochodzące z całego ciała pacjenta. W tym celu tworzone są programy komputerowe pozwalające szybko i precyzyjnie rozwiązać ten problem

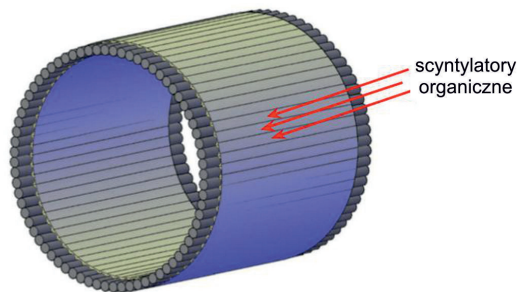
Produkcja scyntylatorów kryształowych jest jednak procesem kosztownym, stanowiącym największą część całkowitej ceny tomografu. Z tego względu powierzchnia urządzenia odpowiedzialna za detekcję kwantów gamma jest stosunkowo niewielka w porównaniu do rozmiarów ciała pacjenta. Obniża to jakość otrzymywanych wyników oraz nastęrcza trudności praktycznych. Na przykład badanie całego ciała musi zostać podzielone na wiele pojedynczych, następujących po sobie etapów – skanów kolejnych części organizmu. Wydłuża to czas badania i wpływa niekorzystnie na dokładność otrzymanego wyniku, gdyż wraz z upływem czasu spada aktywność promieniotwórcza² podanego pacjentowi radiofarmaceutyku. Przede wszystkim jednak wysokie koszty produkcji tomografów sprawiają, że urządzenia te są trudno dostępne i wciąż jest ich zbyt mało w stosunku do zapotrzebowania. W 2011 roku w Polsce liczba tomografów PET na milion mieszkańców wynosiła 0,42; dla porównania wartość ta w Holandii wynosi 4,9.

Ceny tomografów dostępnych na rynku oraz możliwość poprawy dokładności obrazów osiąganych z ich pomocą stanowią motywację do poszukiwania rozwiązań tańszych, bardziej efektywnych i precyzyjnych. W tej dziedzinie wkład mają także polskie zespoły badawcze. Jednym z proponowanych rozwiązań jest tzw. J-PET (ang. *Jagiellonian PET*) – projekt rozwijany na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie, będący obecnie w fazie uruchamiania prototypu [2]. J-PET proponuje zupełnie nowe podejście do konstrukcji tomografu. Niewielkie scyntylatory kryształowe umieszczone na pierścieniu otaczającym pacjenta zostały w nim zamienione na podłużne scyntylatory organiczne (tj. zbudowane głównie ze związków węgla, tlenu i wodoru), tworzące wokół pacjenta cylindryczną komorę (rys. 3).

Przewagą scyntylatorów organicznych w porównaniu do kryształów jest znacznie niższa cena ich produkcji oraz możliwość łatwego ukształtowania w pożądaną sposób; wadę stanowi mniejsze prawdopodobieństwo zarejestrowania kwantu gamma. Jednak duży rozmiar detektora sprawia, że na jego powierzchnię pada znacznie więcej kwantów gamma wyemitowanych z ciała pacjenta, co wystarczająco rekompensuje mniejsze prawdopodobieństwo ich rejestracji.



² **Aktywność promieniotwórcza** – wielkość fizyczna określająca szybkość rozpadu jąder promieniotwórczych danej próbki, czyli całkowitą ilość rozpadów promieniotwórczych w próbce zachodzących w jednostce czasu. W układzie SI wyrażana jest w beke-relach (Bq): 1 Bq = 1 rozpad/1 s.



Rys. 3. Detektor J-PET. Podłużne scyntylatory organiczne tworzą cylindryczną komorę, wewnątrz której będzie znajdował się pacjent. Jest ona znacznie dłuższa niż w przypadku obecnie używanych urządzeń (źródło: [2])

Za wytwarzanie światła w scyntylatorach kryształowych odpowiada inny mechanizm niż w scyntylatorach organicznych: w pierwszych dominuje efekt fotoelektryczny, w drugich – efekt Comptona [3]. Co więcej, w detektorze J-PET do znalezienia linii odpowiedzi nie wystarcza już określenie, *na który* scyntylator padł kwant gamma, konieczne jest dokładne ustalenie *miejsca* jego padania wzdłuż scyntylatora. Wszystko to wymaga opracowania nowych metod analizy danych i tworzenia obrazu ciała pacjenta. Szacuje się jednak, że skonstruowane urządzenia zapewni kilkukrotne zwiększenie dokładności otrzymywanych wyników.

Inne przykłady nowatorskiego podejścia do tomografii PET to AX-PET (Axial PET, wykorzystujący scyntylatory ułożone prostopadłe względem siebie) lub zintegrowane tomografy PET-CT oraz PET-MRI pozwalające na obrazowanie ciała pacjenta dwoma metodami (nałożenie na siebie ich wyników daje informację zarówno o kształtach, wzajemnym położeniu badanych tkanek i organów, jak i o ich metabolizmie).

Warto podkreślić, że z wykorzystaniem modelu tomografu PET, składającego się z dwóch poruszających się po okręgu detektorów, prowadzone są zajęcia w ramach II Pracowni Fizycznej na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ. Ich celem jest odtworzenie położenia punktowego źródła promieniotwórczego wewnątrz pudełka o znanych wymiarach, co stanowi symulację badania. Już ta – bardzo uproszczona – sytuacja daje wyobrażenie o trudnościach, z jakimi trzeba się zmierzyć, opracowując nowe urządzenia i metody analizy danych zebranych z ich pomocą.

Pozytonowa tomografia emisyjna to potężne narzędzie w medycynie, szczególnie w walce z nowotworami. Jednak szczególnie tam, gdzie czas postawienia dokładnej diagnozy jest bezcenny, należy wykorzystać przewagę, jaką dają nowoczesne technologie. Po raz kolejny okazuje się, że w tym wyścigu z czasem nieoceniona jest zarówno kreatywność jak i znajomość praw fizyki.

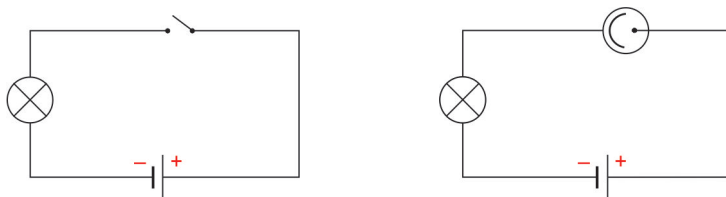
Referencje

- [1] www.express.co.uk/news/uk/442365/Breakthrough-scan-detects-high-risk-patients-and-will-save-the-lives-of-thousands
- [2] koza.if.uj.edu.pl/pet/
- [3] www.atomistyka.pl/promien/oddzialywanie.html

Dominika Alfs,
studentka Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ

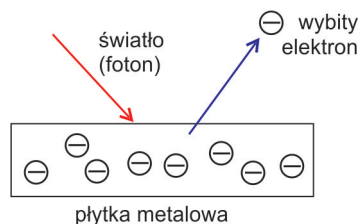
Zjawisko fotoelektryczne – jak działa fotokomórka

W dzisiejszych czasach oprócz wyłączników mechanicznych używamy fotokomórek, fotodiod i fototranzystorów. To one służą do zamykania lub otwierania obwodu prądu elektrycznego. Na schematach poniżej przedstawiono wyłącznik prądu oraz fotokomórkę. Przycisk wyłącznika (po lewej) po prostu zamyka obwód prądu. Fotokomórka działa w ten sposób, że światło padające na katodę wybija z niej elektrony, które kierują się ku anodzie. Przez fotokomórkę płynie prąd, co oznacza zamknięcie obwodu. Energia światła zostaje zużyta na wybijcie elektronu z metalu i nadanie mu dodatkowo energii kinetycznej, tak by mógł dolecieć do anody.



Efekt ten, tak dla nas oczywisty, wydawał się bardzo tajemniczy pod koniec XIX stulecia. Pierwszy zwrócił uwagę na to zjawisko Heinrich Hertz w 1887 roku w trakcie badań nad falami radiowymi. Wytlumaczenie zjawiska fotoelektrycznego podał w 1905 roku Albert Einstein, za co dostał Nagrodę Nobla w 1921 roku.

Zjawisko to można było zaobserwować w prostym doświadczeniu. Otóż, gdy na przymocowaną do elektroskopu metalową płytkę cynkową skierowano światło z łuku elektrycznego (my wiemy, że zawiera ono również część promieniowania ultrafioletowego) okazało się, że listki elektroskopu się rozchyliły. Stwierdzono, że naładowały się dodatnio, co oznaczało, że z płytki uciekły elektrony.



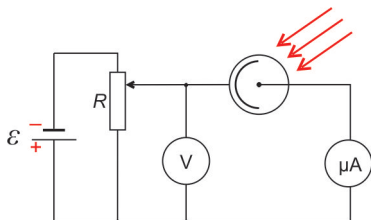
Zjawisko to nazwano efektem fotoelektrycznym i natychmiast przystąpiono do jego badania. Niemiecki fizyk Leonard Philipp Lenard¹ wykonał cały szereg doświadczeń. Stwierdził zależność między emisją elektronów a intensywnością i częstotliwością światła padającego na powierzchnię emisyjną. Lenard używał mocnego światła łukowego, dzięki któremu mógł w dużym zakresie regulować jego natężenie i częstotliwość. Zmieniał także napięcie między płytką emitującą (katodą) a odbierającą elektrony (anodą).

Okazało się, że nie dla wszystkich metalowych płytek zjawisko to zachodzi. Po drugie stwierdzono, że natężenie światła nie ma wpływu na energię elektronu – i to było niezrozumiałe, bo przecież większe natężenie oznaczało więcej energii przynoszonej płytce przez światło. Po trzecie i najciekawsze, że energia elektronów wzrastała wraz z częstotliwością padającego światła. Jedynym

¹ L.P. Lenard – badacz zjawiska fotoelektrycznego, który w 1905 roku dostał Nagrodę Nobla za badanie promieni katodowych – stał się zaciekle przeciwnikiem Einsteina, antysemitą i faszystą. Wymyślił, co rzecz dla nas nieprawdopodobna, pojęcie zdrowej fizyki aryjskiej w przeciwieństwie do zdegenerowanej fizyki żydowskiej.

efektem wzrostu natężenia światła był wzrost liczby elektronów emitowanych w ciągu sekundy.

Do doświadczeń używano fotokomórki (patrz zdjęcie) i obwodu elektrycznego (jak na schemacie).



Jak wspomniano, wyjaśnienie zjawiska podał w 1905 roku Albert Einstein. Nadało ono sens zaproponowanej wcześniej (w 1900 roku) hipotezie Maxa Plancka przypisującej porcji światła – fotonowi – energię równą iloczynowi pewnej uniwersalnej stałej (nazwanej stałą Plancka i oznaczanej literą „ h ”) i częstotliwości światła

$$E = h\nu$$

Stała h jest bardzo mała i wynosi $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s.

Założenie Plancka, czyli potraktowanie światła jako porcji energii na kształt korpuskuł, było bardzo rewolucyjne i sam Max Planck wprowadził je bardzo niechętnie do wytłumaczenia widma tzw. ciała doskonale czarnego. Wszak bardzo dużo doświadczeń potwierdzało bez wątpliwości falową naturę światła, jak choćby powstawanie prążków interferencyjnych po przejściu światła przez szczelinę. A tu Einstein sugeruje, że światło, foton, cząstka energii jest pochłaniany przez elektron w elementarnym akcie, jak przy zderzeniu dwóch cząstek.

Powtórzmy: zaproponowane przez Alberta Einsteina wyjaśnienie zjawiska i jego opis matematyczny oparte są na założeniu, że energia światła pochłaniana jest w postaci porcji (kwantów) równych $h\nu$, gdzie h jest stałą Plancka, a ν oznacza częstotliwość fali. Przy czym kwant promieniowania zostaje zaabsorbowany w całości. Einstein założył dalej, że wyrwanie elektronu z powierzchni metalu (substancji) wymaga pewnej pracy zwanej **pracą wyjścia**, która jest wielkością charakteryzującą daną substancję (stałą materiałową). Pozostała energia unoszona jest przez emitowany elektron. Z tych rozważań wynika wzór:-

$$h\nu = W + E_k$$

gdzie:

h – stała Plancka;

ν – częstotliwość fali światła;

W – praca wyjścia;

E_k – maksymalna energia kinetyczna emitowanych elektronów.

Hipoteza kwantów wyjaśnia, dlaczego energia fotelektronów jest zależna od częstotliwości światła, oraz że poniżej pewnej częstotliwości światła zjawisko fotoelektryczne nie zachodzi. Otrzymane równanie zostało potwierdzone doświadczalnie przez Roberta Millikana. Millikan był również przeciwnikiem

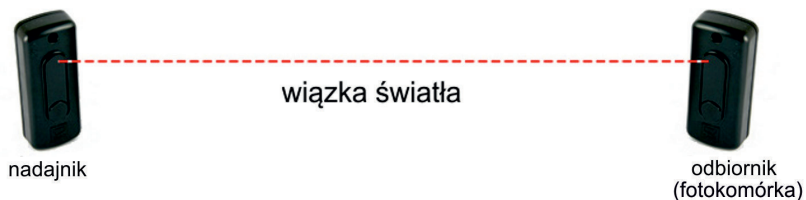
koncepcji Einsteina i przez 10 lat eksperymentował, próbując ją obalić. Paradoksalnie, jego doświadczenia stały się koronnym dowodem słuszności kwantowej natury światła. Co więcej, precyzyjne pomiary Millikana umożliwiły bardzo dokładne wyznaczenie stałej Plancka.

Rozumiemy teraz, dlaczego niektóre metale nie wykazują efektu fotoelektrycznego. Praca wyjścia dla tych metali jest zbyt duża. Dla cynku, aby zaszedł efekt fotoelektryczny potrzebna jest energia taka, jaką ma światło ultrafioletowe. Wstawienie w bieg padającego światła szklanej szybki, która nie przepuszcza ultrafioletu, powoduje, że efekt fotoelektryczny nie zachodzi.

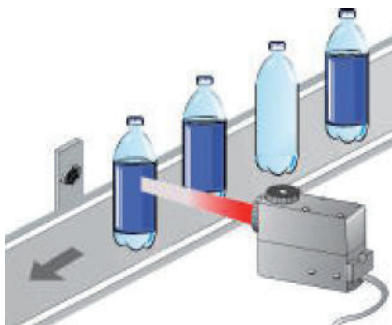
Przykładowe prace wyjścia: dla miedzi 4,3 eV, dla cezu 1,8 eV.

Jak działa fotokomórka

Składa się z dwóch części: nadajnika i odbiornika. W nadajniku znajduje się źródło światła, które w postaci wiązki pada na fotokomórkę w odbiorniku. Przez fotokomórkę płynie prąd. Jeśli natomiast wiązka światła zostanie zasłonięta, prąd przez fotokomórkę nie popłynie.



Podsumowując, odkrycie zjawiska fotoelektrycznego w bardzo prostym doświadczeniu, za to trudnego do prawidłowej interpretacji na gruncie klasycznej zaawansowanej elektrodynamiki, okazało się milowym krokiem w budowaniu mechaniki kwantowej. Stało się też brzemienne w skutkach dla techniki i zapewne przyniosło bardzo dużo patentów i pieniędzy konstruktorom rozmaitych urządzeń. Fotokomórki potrafią na przykład zliczać przedmioty na taśmie produkcyjnej (jak na obrazku), pomagają z niebywałą precyzją mierzyć czas sportowcom i znajdują zastosowanie w wielu urządzeniach.



Polecamy:

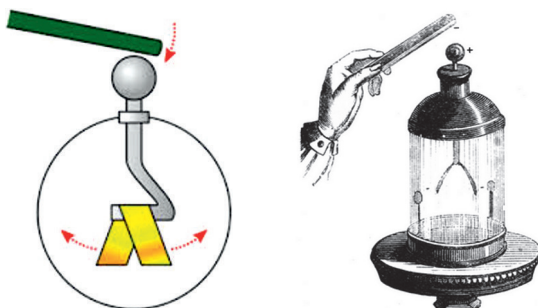
www.youtube.com/watch?v=Xh5O1KthgiQ

www.youtube.com/watch?v=p8J9BL4_sik

Obserwacja zjawiska fotoelektrycznego

Zjawisko fotoelektryczne z łatwością możemy zaobserwować nawet w domu.

1. Potrzebujemy w tym celu źródło promieniowania UV, najlepiej lampę kwarcową. Można sprawdzić, czy efekt będzie obserwowalny przy użyciu innych lamp dostępnych w handlu, jak na przykład lamp do utwardzania żelu na paznokciach, lampek stosowanych do oświetlania akwariów czy sprawdzania prawdziwości banknotów.
2. Musimy zaopatrzyć się w cynkową płytkę, na której efekt ma zachodzić.
3. Musimy zbudować przyrząd – elektroskop, który będzie nam rejestrował wybijane z płytki elektrony.



W internecie można znaleźć sporo przepisów na konstrukcje domowych elektroskopów. Potrzebne są do tego celu: słoik szklany, tekturka i taśma klejąca do zrobienia i przymocowania denka, drucik, najlepiej miedziany i kawałeczki folii aluminiowej na listki elektroskopu (na fotografii widać, jak listki zamocować).



4. Należy się zaopatrzyć w kawałek rurki z PCV (lub inny przedmiot, np. grzebyk) oraz szalik lub wełnianą szmatkę. Będą one służyć do zgromadzenia ładunku ujemnego.

Gdybyśmy dysponowali szklaną laską i jedwabnym szalikiem, to potarta nim laska zgromadzi ładunek dodatni.

Elektroskop możemy ładować, tak jak uczyliście się na lekcjach, przez indukcję, a w tym wypadku ładunkiem przeciwnego znaku niż na lasce.

Nasz eksperyment najlepiej przeprowadzić w taki sposób:

- naładować elektroskop z doczepioną badaną blaszką ładunkiem ujemnym;
- skierować na blaszkę światło z lampy kwarcowej.

Jeśli elektroskop się rozładowuje, to będzie oznaczać, że z blaszki zostały wyrwane elektrony – ubyło ich również na listkach elektroskopu – listki opadły.

Dodatnio naładowana blaszka elektroskopu naświetlona światłem UV, będzie co najwyżej „bardziej dodatnia” i listki elektroskopu nie opadną.

- Można sprawdzić, czy nasz przyrząd jest wystarczająco czuły i czy padające światło kwarcowe na obojętny elektroskop zdoła go na tyle naładować, że uniesie listki.
- Pamiętajmy, że szansa powodzenia doświadczenia wzrasta wtedy, gdy powietrze jest suche.

Z.G-M

Molekuły, złoto i warzywa, czyli kilka słów o samoorganizacji

Co mają wspólnego molekuły na powierzchni złota i warzywniaki w Twoim mieście?

Nanotechnologia jest nauką opisującą tajemniczy świat atomów i cząstek, świat rządzący się całkowicie innymi prawami niż ten, który widzimy rozglądając się dookoła. Nie ma w nim ludzi, zwierząt i budynków – są elektrony, atomy i bariery potencjału.



Rys. 1. Przedstawienie bariery potencjału jako góry, którą napotyka cząstka ze świata kwantowego (nanoświata) oraz cząstka ze świata makroskopowego. W pierwszym przypadku pokonanie góry (bariery) odbywa się poprzez tunelowanie – zjawisko czysto kwantowe, polegające na przeteleportowaniu cząstki z jednej strony bariery na drugą. W drugim przypadku natomiast jedynym sposobem znalezienia się po drugiej stronie góry jest włożenie takiej pracy (dostarczenie cząstce odpowiedniej energii), która pozwoli na przejście nad barierą. Rysunek pochodzi ze strony www.autodafe.salon24.pl/416606,fizyka-zjawisk-aczasowych-i-pozza-przestrzennych

Wiele zjawisk zachodzących w nanoświecie jest kompletnie nieintuicyjnych i niewystępujących w rzeczywistości dostępnej naszemu zmysłom – chociażby słynny kot Schrödingera, którego natura polega na tym, że jest jednocześnie martwy i żywy. Niemniej jednak istnieje bardzo silne połączenie między światem „nano” i „makro”, bowiem ta kraina atomów i cząsteczek, tak zaskakująca i enigmatyczna, kryje wiele odpowiedzi na skomplikowane pytania dotyczące właśnie naszego „dużego” świata. Studiując naukę o molekułach możemy dowiedzieć się, dlaczego w taki, a nie inny sposób zbudowana jest nasza rzeczywistość – możemy poznać rozwiązanie wielu problemów: od tworzenia nowych materiałów, przez ewolucję życia organizmów, po dynamikę grup społecznych. Co ciekawe, wszystkie wymienione zagadnienia, pozornie tak od siebie odmienne, łączy jeden wspólny proces zwany **samoorganizacją**. Samoorganizacja to jeden z fundamentalnych procesów, powszedni i wszechobecny, którego mechanizmy można poznać zagłębiając się w jedną z najmniej poznanych gałęzi nauki – nanotechnologię. Wybieramy się do nanoświata w celu zbadania najprostszych i najbardziej modelowych układów samoorganizujących się, których zrozumienie paradoksalnie umożliwi nam lepsze pojmowanie otaczającego nas makroświata.

Samoorganizacja

Na początek wyjaśnijmy, czym jest samoorganizacja. Jest to proces, w którym nieuporządkowany układ spontanicznie (samorzutnie, bez ingerencji w układ sił i czynników zewnętrznych; sam z siebie) porządkuje się wskutek działania lokalnych oddziaływań. Innymi słowy: następuje globalny porządek poprzez lokalne oddziaływania. To tak, jak fakt kupowania owoców i jarzyn w warzywniaku koło domu powoduje tworzenie/rozwijanie się miasta, w którym mieszkasz (jeśli się nad tym chwilę zastanowić, jest to dość niesamowite!). Możemy zadać sobie wiele pytań: dlaczego tutaj powstało to miasto, dlaczego akurat ci ludzie się osiedlili w tym miejscu i w tym czasie, co, jak i dlaczego na nich wpłynęło tworząc kulturę miejską, którą teraz widzimy? Jest to niezwykle złożony problem, z ogromną liczbą zmiennych oraz nałożonych na siebie lub przenikających przez siebie procesów, które uniemożliwiają uzyskanie czystego obrazu podstawowych elementów samoorganizacji. Jednakże istnieje wyjście z tej sytuacji – należy znaleźć układ dużo prostszy, bardziej modelowy, który podlega procesowi samoorganizacji, zbadać go dokładnie, a następnie poprzez pewne analogie zastosować zdobytą wiedzę do wyjaśnienia bardziej skomplikowanego zagadnienia. W przypadku samoorganizacji, takim modelem są samoorganizujące się monowarstwy molekularne, w skrócie SAM-y (ang. *Self-Assembled Monolayers*).

Model



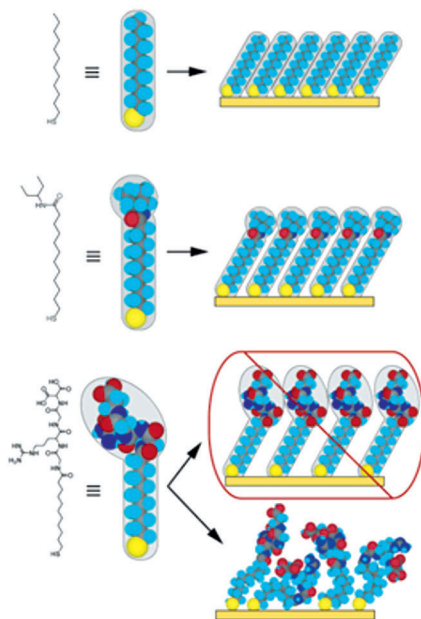
SAM-y to struktury zbudowane z molekuł organicznych o kształcie prętów lub dysków, które tworzą na odpowiednich powierzchniach warstwy o grubości pojedynczej molekuły stojącej prostopadle do podłoża. Aby lepiej zrozumieć jak zbudowane są SAM-y wyobraźmy sobie następującą sytuację. Mamy w ręce szkolny piórnik wypełniony kredkami. Bierzymy wszystkie te kredki do ręki i upuszczamy na podłogę. W efekcie pojawił się bałagan: niektóre kredki leżą na innych, niektóre wylądowały pod łóżkiem, być może kilka nawet wbiło się między deski podłogi. Z całą pewnością możemy stwierdzić, że taki układ jest nieuporządkowany. Teraz wyobraźmy sobie, że zamiast podłogi mamy powierzchnię złota (czystego metalu szlachetnego), zamiast kredek – specjalne

dobrane molekuly, a zamiast powietrza – rozpuszczalnik (np. alkohol etylowy – etanol). Po włożeniu złotego podłoża do roztworu wspomnianych molekuł w etanolu następuje samoorganizacja cząsteczek na powierzchni złota (Au) i w konsekwencji tworzą się SAM-y. W takiej strukturze molekuly przyłączone są do podłoża, np. tylko jednym atomem, odległość pomiędzy dwiema dowolnymi cząsteczkami w danym kierunku jest zawsze taka sama, wszystkie stoją pochylone pod tym samym kątem do powierzchni, a nawet są skręcone wokół własnej osi w ten sam sposób! SAM-y zbudowane są tylko z jednej warstwy molekuł, czyli to, co otrzymujemy, można wyobrazić sobie jako dywan (albo las) cząsteczek, które mają dobrze określony kierunek oraz kształt, a wszystko dzięki samoorganizacji.

Jak już wcześniej wspomniano, aby wytworzyć SAM-y należy wybrać odpowiednie molekuly. Muszą one być zbudowane z trzech kluczowych części, spośród których każda odpowiedzialna jest za inną funkcję. I tak: mamy grupę czołową, łańcuch molekularny oraz grupę powierzchniową. Część czołowa odpowiada za wiązanie molekuly do powierzchni – musi być dobrana tak, aby z łatwością tworzyła wiązanie chemiczne z podłożem (np. dla złota może to być grupa tiolowa -SH – zbudowana z atomu siarki związanego z atomem wodoru). Częścią molekuly odpowiedzialną za porządkowanie się warstwy po adsorpcji na powierzchni jest łańcuch molekularny. Z jednej strony, ze względu na lokalne oddziaływania sąsiedzi danej molekuly nie pozwalają zajmować jej dowolnie dużo miejsca, z drugiej jednak strony każda cząsteczka jakąś przestrzeń musi zajmować. Należy podkreślić, iż jest to spełnione dla każdej zaadsorbowanej (przyłączonej do podłoża) cząsteczki. W wyniku tego molekuly przyjmują strukturę optymalnie gęstego upakowania. Przypomina to trochę tłum tuż przed sceną podczas koncertu znanego zespołu, np. Coldplay



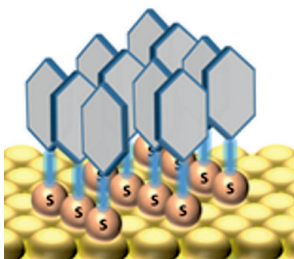
Rys. 2. Schemat przedstawiający powstawanie monowarstwy molekularnej na drodze samoorganizacji, czyli samorzutnego formowania się elementów składowych w strukturę o najniższej energii (w tym przypadku molekuly formują się w strukturę SAM). Rysunek pochodzi ze strony www.ifm.liu.se/appl-phys/molphys/research/self/



Rys. 3. Schematyczne przedstawienie monowarstwy SAM. Należy zwrócić uwagę, że nie każda molekula jest zdolna na drodze samoorganizacji utworzyć dobrze uformowaną strukturę. W szczególności molekuly posiadające przestrzennie duże grupy funkcyjne na swoich końcach, nie będą w stanie się uporządkować, a więc nie można w takim przypadku mówić o SAM-ie. Rysunek pochodzi z pracy Love et al., Chem. Rev. 2005, 105, 1103

– nikt nie leży, nikt nie rozkłada koców na piknik, bo na to nie pozwalają mu sąsiedzi, a jednocześnie każdy ma dla siebie trochę niezbędnego miejsca. Można powiedzieć, że zarówno fani Coldplay, jak i cząsteczki w warstwie SAM, potrzebują minimum przestrzeni do życia, jakie w danych warunkach sąsiedzi im odpuszczają. Trzecią częścią molekuł budujących SAM-y jest grupa powierzchniowa. Jest to grupa, która po utworzeniu uporządkowanej warstwy jest najbardziej eksponowana na zewnątrz. Zapewnia ona dość dużą swobodę w modyfikacji własności powierzchni, np. odpowiednio dobierając grupę powierzchniową możemy sprawić, aby kropla wody odbijała się od powierzchni zupełnie jej nie mocząc, zamiast rozlać się na niej (tę koncepcję wykorzystuje się przy produkcji niebrudzących się ubrań). Dzięki szeroko rozbudowanej inżynierii chemicznej możemy syntezować bardzo różne molekuły typu SAM o wybranych właściwościach zarówno fizycznych, jak i chemicznych.

Próby wyjaśnienia procesów samoorganizacji za pomocą SAM-ów polegają na zmianach poszczególnych fragmentów cząsteczek, obserwacji końcowego układu, a następnie wyciąganiu wniosków na temat powstawania warstwy monomolekularnej, czyli monowarstwy. I tak możemy zmieniać na przykład łańcuch cząsteczki z alifatycznego (samych grup CH_2) na aromatyczny (same pierścienie benzenowe C_6H_6). Tym prostym ruchem jesteśmy w stanie diametralnie przekształcić charakter warstwy SAM. Zmienia się sposób uporządkowania molekuł na powierzchni – patrząc z góry na układ widać pierścienie aromatyczne zorientowane prostopadle względem siebie, niczym igły na gałązce jodły (stąd też nazwa takiego uporządkowania „jodełkowe”, ang. *herringbone*).



Rys. 4. Schemat przedstawiający uporządkowanie molekuł w warstwie SAM, w taki sam sposób, jak igły na gałązce jodły

Molekuła staje się szersza więc zmieniają się oddziaływania między molekułami w warstwie (pierścienie orientują się względem siebie prostopadle, a nie równolegle). Do tego dochodzą również ograniczenia związane z podłożem, co możemy zauważyć po niedoskonałościach, czyli defektach w warstwie. Większość tych informacji możemy odczytać tylko z „fotografii” danej warstwy, zrobionej przy użyciu odpowiedniego mikroskopu. Istnieje jeszcze wiele innych technik, za pomocą których możemy badać strukturę i właściwości warstw SAM, jak również innych struktur w nanoskali. Jest to jednak niezwykle obszerny temat, wymagający osobnego artykułu.

Badanie SAM-ów, chociażby pod kątem procesów ich wytwarzania czy wpływu struktury molekuł tworzących warstwę na jej właściwości, jest zarazem trudnym, jak i niezwykle ciekawym zagadnieniem. Na tym jednak zainteresowania naukowców się nie kończą. Ze względu na fakt, iż można otrzymać wysoce

uporządkowany układ molekuł organicznych, właśnie w formie SAM-ów, możliwe jest zrozumienie bardzo podstawowych praw chemii. Jak białka przewodzą prąd elektryczny? Czy zamiana tylko jednego atomu w łańcuchu polimeru (w takim, który ma dziesiątki tysięcy atomów!) coś zmieni? Na te i inne pytania starają się znaleźć odpowiedź naukowcy z Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Badaczom udało się ostatnio dowiedzieć, że zmiana charakteru i siły wiązania chemicznego w jednym miejscu łańcucha molekularnego ma wpływ nawet na siedem następnych wiązań chemicznych. Efekt ten rzuca zupełnie inne światło na syntezę chemiczną molekuł, gdyż nie tylko staje się możliwy wybór atomów w danym układzie, jak było do tej pory, lecz również takich subtelnych efektów, jak energia czy charakter jonowy wybranego wiązania chemicznego.

Fenomenem samoorganizacji jest to, że występuje na wielu płaszczyznach oraz w wielu skalach. Elementy samoorganizacji możemy zaobserwować w budowie systemów gwiazdnych, w życiu społeczeństw czy państw, jak i w funkcjonowaniu ekosystemów. Układy te są wysoce skomplikowane, a przy tym nadzwyczaj interesujące. Być może kiedyś ktoś dostrzeże kolejną analogię pomiędzy warstwą SAM-ów a innym samoorganizującym się układem. Kto wie, może nawet za takie odkrycie otrzyma Nagrodę Nobla, może ułatwi innym ludziom życie, a może po prostu rozwiąże ciekawy problem. To właśnie stanowi piękno badań nad podstawowymi prawami tego świata.



Tomasz Żaba, Jakub Ossowski,
studenci Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ

Czerwony Księżyc – całkowite zaćmienie Księżyca 27/28 września 2015

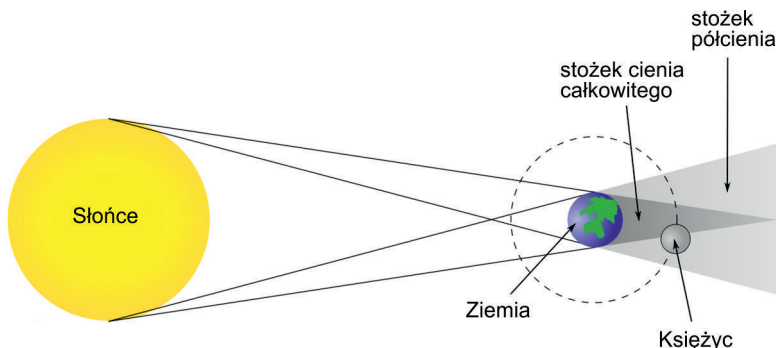
Takiego zaćmienia Księżyca, jak to w nocy 27/28 września, nie było od 30 lat. W minionym 100-leciu zdarzyło się zaledwie pięć razy. W chwili zaćmienia Księżyc znalazł się najbliżej Ziemi – w odległości 356 882 km – i dlatego podczas obserwacji miał wyjątkowo dużą średnicę. Następne takie widowisko nastąpi dopiero za 18 lat!

Jak wiadomo, Księżyc nie jest źródłem światła, a jedynie świeci światłem słonecznym odbijanym od jego powierzchni.

Do całkowitego zaćmienia Księżyca dochodzi wówczas, gdy Słońce, Ziemia i Księżyc ustawiają się w jednej linii, tak jak na rysunku poniżej. Przez kilka godzin Srebrny Glob przemieszcza się w cieniu rzucanym przez naszą planetę. Osoby, które obserwowały zaćmienie, widziały, że mimo to nie zniknął on z nieba. Najpierw robił się nieznacznie ciemniejszy, później wyglądał jak „nadgryziony”, a w końcu przybrał krwawą barwę.

Zaćmienie może być pełne lub częściowe.





Układ ciał niebieskich w czasie zaćmienia Księżyca

Jeżeli krążący dookoła Ziemi Księżyc znajduje się w całości w obszarze stożka cienia całkowitego Ziemi, to promienie słoneczne w ogóle nie dochodzą do jego powierzchni. Cała powierzchnia Księżyca jest wtedy ciemna i mówimy, że trwa **całkowite zaćmienie Księżyca**. Gdy chociaż fragment Księżyca znajduje się poza stożkiem cienia całkowitego Ziemi i jednocześnie w obszarze stożka półcienia, wówczas trwa **zaćmienie częściowe**. W obserwowanym ostatnio przypadku miało miejsce zaćmienie całkowite.

W pierwszej fazie zaćmienia Księżyc wszedł w tzw. półcień. Im bardziej zanurzał się w nim, tym mniej promieni słonecznych do niego docierało i tym mniej się odbijało – Srebrny Glob wydawał się coraz ciemniejszy. Faza półcieniowa trwała około godziny. Później rozpoczęło się „nadgryzienie”, czyli tzw. faza częściowa całkowitego zaćmienia.

Lewa krawędź Księżyca zaczęła znikać. Do tego obszaru nie docierało już światło. Księżyc znajdował się w strefie głównego cienia naszej planety. Z każdą minutą cień pochłaniał kolejne elementy księżycowego krajobrazu. Jeden po drugim znikły krater: Aristarchus, Billy, Kepler, Kopernik, Platon, Arystoteles, Tycho i Proclus. I tu nastąpił najbardziej spektakularny moment: na chwilę przed rozpoczęciem fazy całkowitego zaćmienia Księżyc stał się rdzawoczerwony. To zjawisko zawdzięczamy oświetleniu Księżyca przez światło przechodzące przez ziemską atmosferę.

Znamy ten efekt. O wschodzie i zachodzie Słońca obserwujemy, jak niebo robi się różowoczerwone. Przyjmuje taki kolor, bo światło słoneczne, przechodząc przez grubsze niż w ciągu dnia warstwy atmosfery, jest wtedy „obdzierane” z niebieskich barw.



Zadanie z TPT

(*The Physics Teacher*, **40**, April 2002, s. 252)

Które z poniższych przedmiotów wysyła ciągle promieniowanie elektromagnetyczne?

- a) nieświecąca żarówka;
- b) gorący kaloryfer;
- c) porcja lodów;
- d) żaden;
- e) wszystkie.



Odpowiedź:

Prawidłowa odpowiedź **e**).

Wszystkie przedmioty o dowolnej temperaturze wysyłają promieniowanie elektromagnetyczne. Częstotliwość promieniowania zależy od temperatury. Prawo, które ten fakt opisuje to $\bar{f} \sim T$, gdzie $\bar{f}$ jest częstotliwością maksimum emitowanego widma, T temperaturą bezwzględną emitującego ciała. Ciała wyszczególnione w zadaniu mają stosunkowo niską temperaturę, a zatem emitują głównie promieniowanie o niskich częstotliwościach – podczerwone. Gdyby ich temperatura wzrosła, emitowane promieniowanie mogłoby stać się nawet światłem widzialnym.

Wszystkie przedmioty, ty i ja, wszystko, zarówno emituje, jak i absorbuje promieniowanie elektromagnetyczne. Kiedy ciało emituje (wysyła) więcej promieniowania niż go absorbuje (pochłania), jego temperatura zaczyna spadać. W przypadku odwrotnym – temperatura rośnie.

Z.G-M

Zadania z „Lwiątką” 2015

1. Pocisk opuścił lufę przeciwlotniczego działa i leci pionowo do góry. Oporu powietrza nie można pominąć. Jeśli g jest przyspieszeniem ziemskim, to przyspieszenie pocisku
 - A. ma wartość niezerową, mniejszą od g , a zwrot do góry,
 - B. ma wartość niezerową, mniejszą od g , a zwrot w dół,
 - C. ma wartość większą od g , a zwrot do góry,
 - D. ma wartość większą od g , a zwrot w dół,
 - E. ma wartość zero.

Prawidłowa odpowiedź: **D**

Rozwiązanie: Przyspieszenie (a właściwie „opóźnienie”) lecącego do góry pocisku jest spowodowane działaniem siły ciężkości (zwrot pionowo w dół) oraz siły oporu powietrza, która zawsze działa przeciwnie do prędkości (czyli również jest zwrócona pionowo w dół). Przyspieszenie pocisku ma taki sam zwrot jak wypadkowa siła, a jego wartość jest więc większa od wartości samego przyspieszenia ziemskiego.

2. Do jachtu przytwierdzona jest metalowa drabinka, której najniższy, pierwszy szczebel dotyka wody, a następne są co 30 cm. W związku z przyływem woda przybiera w tempie 80 cm na godzinę. Po jakim czasie poziom wody sięgnie trzeciego szczebla?
- A. 40 min.
B. 45 min.
C. 67,5 min.
D. 90 min.
E. Nigdy.

Prawidłowa odpowiedź: **E**

Rozwiązanie: Woda przybiera, ale jacht (razem z drabinką) podnosi się wraz z wodą.

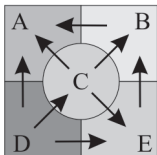
3. Mieszkańcy pewnego kraju mierzą masę w ślimakach ($1 \text{ ś} = 3 \text{ g}$), a długość w gąsienicach ($1 \text{ gn} = 2 \text{ cm}$). Gęstość pewnej substancji wyrażona w tych jednostkach ma wartość 7,2. Ta sama gęstość wyrażona w jednostkach układu SI będzie miała wartość
- A. 8,1;
B. 1,08;
C. 108;
D. 2700;
E. 10 800.

Prawidłowa odpowiedź: **D**

Rozwiązanie: Należało dokonać prostych obliczeń:

$$7,2 \text{ ś/gn}^3 = 7,2 \cdot \frac{3 \text{ g}}{(2 \text{ cm})^3} = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

4. Na rysunku przedstawiono pięć ciał, między którymi przepływa ciepło w kierunkach pokazanych strzałkami. Temperatury ciał to 20°C , 40°C , 60°C , 80°C i 100°C . Które z ciał ma temperaturę 60°C ?



Prawidłowa odpowiedź: **E**

Rozwiązanie:

Samorzutnie ciepło przepływa od ciała o temperaturze wyższej do ciała o temperaturze niższej. A zatem, na podstawie wskazanych kierunków przepływu ciepła, można stwierdzić, że: temperatura ciała A jest najniższa (20°C), temperatura ciała D jest najwyższa (100°C). Następnie, spośród pozostałych ciał, B, C i E, najwyższą temperaturę ma ciało C (80°C), a najniższą B (40°C).



5. Pociąg stopniowo nabiera szybkości. Ma dwie lokomotywy, na początku i na końcu.



Zaczepek 1 jest rozciągany siłą 50 kN, a zaczepek 3 zgniatany siłą 30 kN. Wszystkie wagony są jednakowe. Zaczepek 2

- A. jest rozciągany siłą 20 kN,
- B. jest rozciągany siłą 10 kN,
- C. jest zgniatany siłą 20 kN,
- D. jest zgniatany siłą 10 kN,
- E. nie jest ani rozciągany ani zgniatany.



Prawidłowa odpowiedź: **B**

Rozwiązanie:

Wypadkowa siła działająca na wszystkie wagony pociągu ma wartość $50 \text{ kN} + 30 \text{ kN} = 80 \text{ kN}$, czyli na każdy wagon z osobna działa wypadkowa siła o wartości 10 kN. A zatem: zaczepek pomiędzy wagonem pierwszym a drugim jest rozciągany z siłą 40 kN, kolejny zaczepek z siłą 30 kN itd. Zaczepek pomiędzy wagonami 5 i 6 nie jest ani rozciągany ani zgniatany, a następny zaczepek jest zgniatany z siłą 10 kN.

WZ

Nagroda Nobla z fizyki 2015 za odkrycie oscylacji neutrin

Laureatami Nagrody Nobla z fizyki 2015 zostali stosunkowo młody Japończyk **Takaaki Kajita** (1959) oraz emerytowany fizyk, Kanadyjczyk **Arthur B. McDonald** (1943) za rozwiązanie zagadki neutrin. Dzięki tym naukowcom wiemy, że **neutrino mają masę**. Podzielą się oni kwotą 8 mln koron szwedzkich (ok. 855 tys. euro).



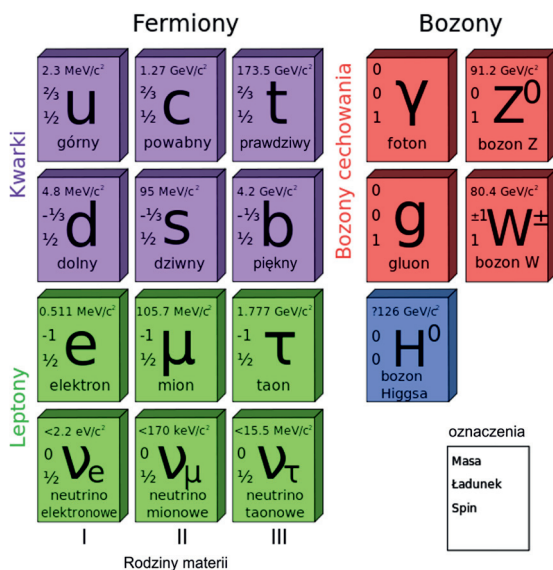
Neutrino, choć piekielnie trudne do detekcji, odpłacają się fizykom wdzięcznością. To nie pierwsi uczeni uhonorowani Nagrodą Nobla za neutrino. W 1988 roku trzech fizyków – Leona Ledermana, Melvina Schwartza oraz Jacka Steinbergera – nagrodzono za odkrycie neutrina mionowego. W 1995 roku Fre-

derick Reines dostał Nagrodę za detekcję neutrin, a już w naszym stuleciu, w 2002 roku, Raymond Davis i Masatoshi Koshiba za wkład w rozwój astrofizyki w szczególności za detekcję neutrin kosmicznych. Tegoroczny noblista Kajita jest z tego samego prestiżowego Uniwersytetu Tokijskiego co Koshiba.

Tym, co może wydawać się niezwykle w badaniu neutrin, to postać i ogrom detektorów oraz ich lokalizacja pod powierzchnią ziemi.

Polecamy naszym czytelnikom artykuł o neutrinach zamieszczony w „Neutrinie” 1 – www.neutrino.if.uj.edu.pl/archiwum/2008/1

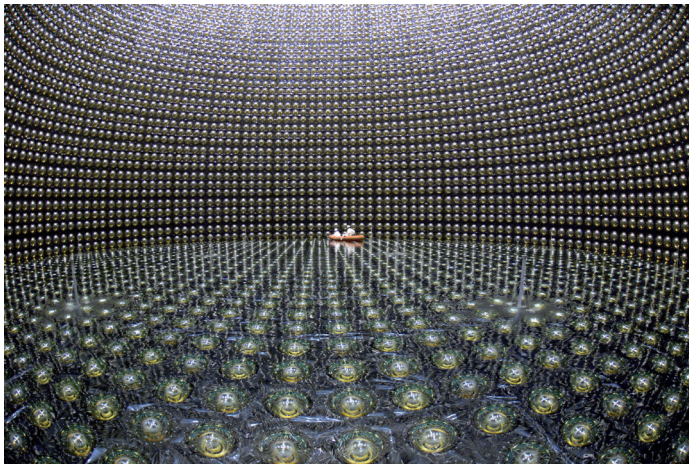
Neutrino mają swoje miejsce w tak zwanym Modelu Standardowym opisującym budowę naszej materii. Poniżej wymienione są podstawowe składniki modelu. Oprócz kwarków i leptonów, takich jak elektron, mion i taon widzimy w tym zestawie trzy rodzaje neutrin.



Neutrino bardzo słabo oddziałują z materią, są obojętne elektrycznie i dlatego ich badanie jest niezwykle trudne. Mają jeszcze jedną niezwykłą cechę, mogą transformować się jedne w drugie. Fizycy nazywają to oscylacją. Teoria mówi, że oscylacje są możliwe, jeśli neutrino posiadają masę.

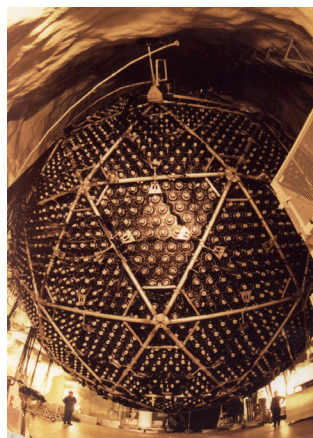
To właśnie wykazali tegoroczni nobliści. Dysponowali niezwykłymi detektorami neutrin. Te detektory to olbrzymie konstrukcje. Japoński Super-Kamiokande umieszczony około kilometra pod powierzchnią ziemi ma wysokość dziesięciopiętrowego budynku. Pozwala to zredukować „szum” tworzony przez promienie kosmiczne. W Super-Kamiokande obserwuje się dziennie zaledwie kilkanaście neutrin spośród miliardów, które przelatują przez urządzenie w każdej sekundzie.

Super-Kamiokande to wielki cylinder wypełniony 50 tys. ton krystalicznie czystej wody i otoczony 11 146 fotodetektorami rejestrującymi najmniejszy błysk światła. Taki błysk oznacza, że przybywające z Kosmosu neutrino trafiło w cząsteczkę wody.



Super-Kamiokande, ultraczuły detektor neutrin (fot. Ben Still)

Kanadyjski Sudbury Neutrino Observatory (SNO) to detektor neutrin ulokowany pod ziemią w kopalni niklu na głębokości 2 tys. 73 m. Poza wielkim zbiornikiem krystalicznie czystej wody detektor SNO uzupełnia mniejsza kula wypełniona tysiącem ton tzw. ciężkiej wody zawierającej około 1 tony krystalicznego indu. Gdy neutrino uderza w jądro indu, następuje emisja elektronu i promieniowania gamma (fotonu), które można zarejestrować. Dzięki zwykłej wodzie można było określić liczbę neutrin słonecznych, nie rozróżniając ich typu. Natomiast ciężka woda pozwala stwierdzić, ile do nas dociera neutrin elektronowych. Prowadząc pomiary wyznaczono strumień neutrin elektronowych. Dla określenia zaś łącznego strumienia neutrin wykorzystano wyniki Super-Kamiokande. Znając te dwie wartości oraz wiedząc, że Słońce jest niemal wyłącznie źródłem neutrin elektronowych można było stwierdzić, że dwie trzecie tych cząstek zmienia swoją tożsamość w drodze na Ziemię w wyniku tzw. oscylacji neutrin.



Kulisty detektor Sudbury Neutrino Observatory

Właśnie dzięki **temu detektorowi naukowcy zauważyli, że ze Słońca nie dolatuje do Ziemi tyle neutrin**, ile wynikałoby z teoretycznych założeń – brakuje aż dwóch trzecich. Zjawisko udało się wyjaśnić dopiero na przełomie tysiącleci. Najpierw w 1998 roku Takaaki Kajita wykazał, że powstające w atmosferze pod wpływem promieniowania kosmicznego neutrino zmieniają „tożsamość”, zanim trafią do Super-Kamiokande. Tymczasem grupa badawcza z Kanady, kierowana przez Arthura B. McDonalda, pracująca w kanadyjskim Sudbury Neutrino Observatory wykazała, że neutrino (konkretnie neutrino elektronowe) powstające na Słońcu nie zanikają w drodze na Ziemię. Także i one zmieniały tożsamość w drodze ze Słońca na naszą planetę.



Powtórzmy: odkrycie zjawiska oscylacji neutrin dowiodło, że te cząstki – przez dziesięciolecia uważane za pozbawione masy – jednak ją mają (choć to bardzo mała masa). Oznacza to, że dotychczasowy Model Standardowy, wyjaśniający wzajemne oddziaływania cząstek tworzących Wszechświat, trzeba zmodyfikować. Odkrycia dotyczące neutrin mogą zmienić nasze poglądy na przeszłość, strukturę i przyszłość Wszechświata.

W zespole pracującym w Super-Kamiokande znajduje się Polka, prof. Danuta Kielczewska z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW.



Takaaki Kajita



Arthur B. McDonald

www.youtube.com/watch?v=o-y4m6c2h8o

Z.G-M

SOLARIS w Krakowie

www.synchrotron.uj.edu.pl/solaris

W **Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS** w Krakowie otwarto pierwszy w Polsce **synchrotron**, czyli multidyscyplinarne urządzenie badawcze, które stwarza nowe możliwości w wielu dziedzinach nauki, takich jak: biologia, chemia, fizyka, inżynieria materiałowa, medycyna, farmakologia, geologia czy krystalografia.

Synchrotron SOLARIS jest **najnowocześniejszym urządzeniem** tego typu wytwarzającym promieniowanie elektromagnetyczne (od podczerwieni do promieniowania rentgenowskiego), którego unikalne właściwości pozwalają zajrzeć w głąb materii i dokonać precyzyjnych analiz. Działanie synchrotronu można prześledzić na filmie **www.youtube.com/watch?v=8sGYDr8vI7s**.

Dzięki synchrotronowi można wykonać badania, których nie da się przeprowadzić stosując inne źródła promieniowania elektromagnetycznego. Z tego powodu na synchrotron w Krakowie **czekają polscy naukowcy**, prowadzący swoje badania w zagranicznych ośrodkach.

O tym, jakie znaczenie dla rozwoju nauki ma promieniowanie synchrotronowe może świadczyć fakt, iż za jego pomocą powstało kilka **przełomowych metod** diagnostycznych w medycynie, które zostały uhonorowane **Nagrodami Nobla**. Na świecie funkcjonuje około **60 synchrotronów**, które są także motorem rozwoju technologii informacyjnych.

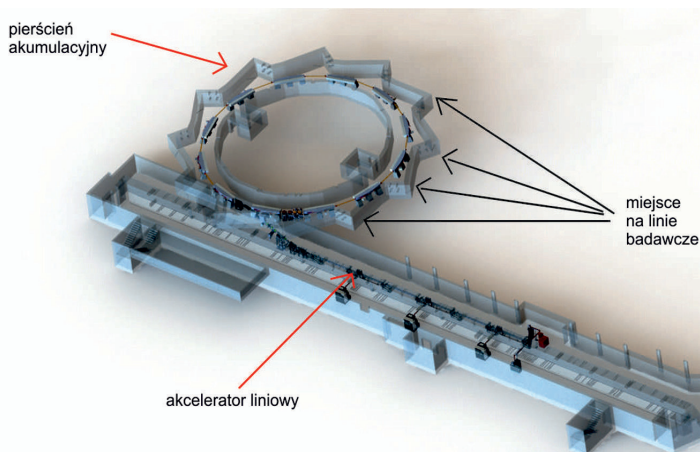


Centrum SOLARIS jest **otwarte dla wszystkich grup badawczych** nie tylko z Polski. Jest to pierwsza w tej części Europy multidyscyplinarna infrastruktura badawcza, działająca 24 godziny na dobę. Badania rozpoczną się w 2016 roku.

Zasada działania i promieniowanie synchrotronowe

Synchrotron to typ akceleratora cyklicznego, w którym cząstki są przyspieszane w polu elektrycznym wzbudzonym w szczelinach rezonatorów synchronicznie do czasu ich obiegu. W synchrotronie, tak jak w cyklotronie przyspieszane cząstki są zakrzywiane w polu magnetycznym.

Przyspieszone w synchrotronie elektrony emitują promieniowanie elektromagnetyczne w wyniku zakrzywienia toru lotu. Widmo tego promieniowania rozciąga się od promieniowania widzialnego aż do częstotliwości 10^{15} Hz. Promieniowanie to skupione jest w stożku, którego kąt rozwarcia zmniejsza się ze wzrostem energii elektronów.



Kolejne pokolenia naukowców będą miały gdzie prowadzić najnowocześniejsze badania nie tylko z fizyki, ale i z biologii, medycyny, chemii i inżynierii materiałowej.