

23 kwietnia w studio TVP1 zorganizowano maturę dla widzów oraz dla celebrytów zgromadzonych w studiu. Uczestnicy mieli rozwiązać test wyboru z matematyki i fizyki. Jedno z pytań dotyczyło stanu nieważkości. Czytelnicy tego zeszytu *Neutrino* bez chwili wahania zaznaczyliby prawidłową odpowiedź. Wiedzieliby, że w stanie nieważkości rakieta znajduje się wtedy, gdy ma wyłączone silniki i działa na nią jedynie siła grawitacji. Tytuł *Neutrino* zobowiązuje, dlatego mamy też dla czytelników artykuł o gigantycznym lodowym detektorze neutrin umieszczonym na biegunie południowym. Na biegunach pobiera się również rdzenie lodowe, których warstwy są badane metodą węgla ^{14}C . Dzięki tym pomiarom otrzymujemy nie tylko informacje o składzie poszczególnych warstw, ale również szacujemy ich wiek, o czym możecie się dowiedzieć z artykułu o metodzie datowania węglem ^{14}C .

Czytelnicy zainteresowani historią powinni przeczytać artykuł o Profesorze Henryku Niewodniczańskim, zwanym Papą, który jest uważany za ojca krakowskiej fizyki jądrowej. Żył on w bardzo interesujących czasach. Zachęcamy do lektury.

Z.G-M

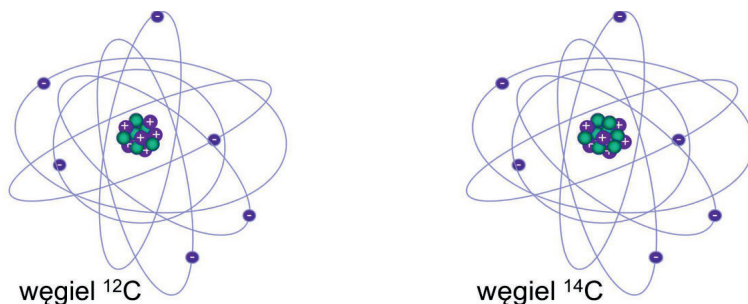


Spis treści

Metoda datowania węglem ^{14}C . Skąd wiemy, kiedy wymarły mamuty	1
Henryk Niewodniczański (1900–1968) – ojciec fizyki jądrowej w Krakowie.....	5
Nieważkość, przeciążenia	8
Życie codzienne na stacji kosmicznej.....	11
Projekt Lodowa Kostka (IceCube) – detektor neutrin	
na biegunie południowym	13
Wywiad z Profesorem Christianem Stegmannem	15
Obserwacja sił bezwładności w wirującym układzie	17
Zadania	18
Lwiątko 2012	20

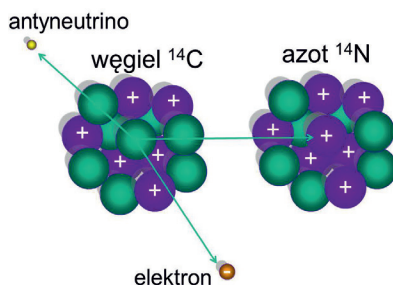
Metoda datowania węglem ^{14}C . Skąd wiemy, kiedy wymarły mamuty

Węgiel ^{14}C jest atomem, którego jądro atomowe zawiera 6 protonów i 8 neutronów, czyli o dwa neutrony więcej niż atom „zwykłego” węgla ^{12}C zawierającego 6 protonów i 6 neutronów (rys. 1).



Rys. 1. Atomy węgla z jądrem zawierającym 12 nukleonów (z lewej) i z jądrem zawierającym 14 nukleonów (z prawej). Liczby elektronów i protonów w obu atomach są takie same, jądra różnią się jedynie liczbą neutronów. Protony posiadają ładunek elektryczny dodatni, dlatego oznaczone są znakiem „+”, elektrony posiadają ładunek ujemny „-”, natomiast neutrony są elektrycznie obojętne

Jądra atomów węgla ^{12}C są stabilne natomiast jądra węgla ^{14}C są nietrwałe i rozpadają się, emitując elektrony i neutrino. Rozpad ten polega na przemianie neutronu w proton powodującej zmianę jądra węgla ^{14}C w jądro azotu ^{14}N (rys. 2).



Rys. 2. Rozpad promieniotwórczy jądra ^{14}C na antyneutrino, elektron i jądro azotu ^{14}N

Czas połowicznego zaniku jąder węgla ^{14}C wynosi około 5730 lat. Oznacza to, że jeśli w danej chwili mamy na przykład 1 000 000 jąder węgla ^{14}C to po około 5730 latach zostanie z nich tylko połowa, czyli 500 000, a druga połowa zamieni się w azot ^{14}N . Zatem, oznaczając liczbę atomów węgla ^{14}C przez $L_{^{14}\text{C}}$, możemy napisać, że:

$$L_{^{14}\text{C}}(\text{po } 5730 \text{ latach}) = \frac{L_{^{14}\text{C}}(\text{w chwili początkowej})}{2} \quad (1)$$

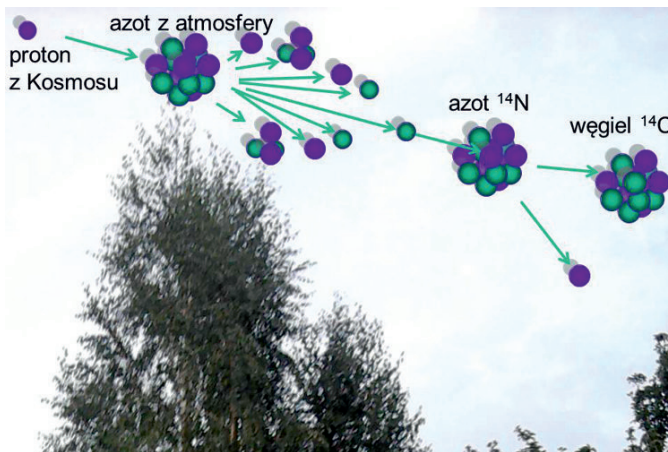
Przez następne 5730 lat (czyli po 11 460 latach) z tych 500 000 jąder ^{14}C znowu połowa się rozpadnie, czyli zostanie 250 000, co można wyrazić równaniem:

$$L_{^{14}\text{C}}(\text{po } 11\,460 \text{ lat}) = \frac{L_{^{14}\text{C}}(\text{po } 5730 \text{ lat})}{2} = \frac{L_{^{14}\text{C}}(\text{w chwili początkowej})}{2 \times 2} \quad (2)$$

W ogólności otrzymujemy następujące wyrażenie na liczbę ocalałych jąder po N_{lat} :

$$L_{^{14}\text{C}}(\text{po } N_{\text{lat}}) = \frac{L_{^{14}\text{C}}(\text{w chwili początkowej})}{2^{\left(\frac{N_{\text{lat}}}{5730}\right)}} \quad (3)$$

Węgiel ^{14}C powstaje w górnych warstwach atmosfery. Najpierw protony promieniowania kosmicznego wytwarzają neutrony w wyniku reakcji jądrowych z jądrami różnych atomów atmosfery. Następnie te neutrony w reakcji z jądrami azotu, stanowiącego główny składnik atmosfery, mogą prowadzić do powstania węgla ^{14}C na skutek reakcji $n + ^{14}\text{N} \rightarrow p + ^{14}\text{C}$ (rys. 3).



Rys. 3. Łańcuch reakcji jądrowych inicjowany promieniowaniem kosmicznym prowadzący do powstania izotopów węgla ^{14}C . Węgiel ^{14}C powstaje głównie w rejonie przejściowym między stratosferą a troposferą około 12 km nad powierzchnią Ziemi. Cząstki promieniowania kosmicznego o dużych energiach rozbijają jądra atomów atmosfery na małe fragmenty, którymi mogą być nie tylko pojedyncze protony i neutrony, ale także na przykład promieniotwórcze jądra trytu (^3H). Powstałe w wyniku takich reakcji neutrony mogą mieć bardzo małe energie co jest warunkiem wymaganym do zajścia procesu $n + ^{14}\text{N} \rightarrow p + ^{14}\text{C}$

Jako że w pierwszym przybliżeniu natężenie promieniowania kosmicznego nie zmienia się istotnie w skali tysięcy lat, to można przyjąć, że stosunek zawartości węgla ^{14}C do węgla ^{12}C istniejący w atmosferze Ziemi wiele tysięcy lat temu był taki sam jak teraz; wynosi on około 10^{-12} . Oznacza to, że w atmosferze węgla ^{12}C jest milion milionów razy więcej niż węgla ^{14}C . Atomy węgla ^{14}C podobnie jak atomy zwykłego węgla ^{12}C w wyniku reakcji chemicznych z tlenem tworzą molekule dwutlenku węgla $^{14}\text{CO}_2$.

Węgiel ^{14}C zużywany jest przez organizmy żywe identycznie jak zwykły węgiel ^{12}C , ponieważ właściwości chemiczne atomów zależą jedynie od konfiguracji elektronów, a zarówno ^{12}C jak i ^{14}C posiadają po 6 elektronów i ładunek ich jąder atomowych jest taki sam. Dlatego w trakcie życia organizmu węgiel ^{14}C podobnie jak węgiel ^{12}C wchłaniany jest poprzez wdychanie gazu CO_2 znajdującego się w powietrzu, poprzez zjadanie roślin, które ten węgiel wchłonęły, zjadanie zwierząt, które odżywiały się roślinami itp. Rośliny na przykład produkują w wyniku fotosyntezy oprócz zwykłego cukru także cukier radioaktywny:



Po śmierci procesy metaboliczne ustają, organizm przestaje wchłaniać węgiel i z biegiem lat stosunek zawartości węgla ^{14}C do węgla ^{12}C ulega zmianie, ponieważ węgiel ^{14}C jest izotopem promieniotwórczym, który ulega rozpadowi, a węgiel ^{12}C jest stabilny.

W momencie śmierci organizmu stosunek liczby atomów węgla ^{14}C do ^{12}C wynosi około 10^{-12} i potem cały czas maleje. Pomimo, iż zawartość węgla ^{14}C jest tak mała, można ją określić mierząc aktywność promieniowania beta, ponieważ detektory (sondy) do pomiaru promieniowania jądrowego pozwalają na rejestrowanie nawet pojedynczych aktów rozpadu. W tym przypadku chodzi o zarejestrowanie elektronów wylatujących z jąder. Żeby na przykład określić wiek kości mamuta, musimy wyodrębnić z niej węgiel i sprawdzić, jaka jest jego aktywność promieniotwórcza odpowiadająca rozpadom jąder węgla ^{14}C . Znając aktywność obliczamy, ile jest tam atomów węgla ^{14}C . Tę wyznaczoną w pomiarze liczbę atomów ^{14}C oznaczmy przez $L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}})$. Liczbę lat, które upłynęły od momentu śmierci (N_{lat}) możemy powiązać z liczbą atomów węgla ^{14}C korzystając z równania (3):

$$L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}}) = \frac{L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{śmierci}})}{2^{\left(\frac{N_{\text{lat}}}{5730}\right)}} \quad (4)$$

Rozwiązanie tego równania ze względu na N_{lat} wymaga jeszcze wyznaczenia, ile atomów węgla było w badanej próbce w momencie śmierci, czyli ile wynosi $L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{śmierci}})$. Zakładając, że promieniowanie kosmiczne nie zmienia się z biegiem lat możemy uznać, że w momencie śmierci badanego organizmu stosunek $L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{śmierci}})/L_{^{12}\text{C}}(t_{\text{śmierci}}) = 10^{-12}$, czyli że wynosi on tyle, ile obserwujemy obecnie. Fakt, że węgiel ^{12}C jest stabilny pozwala nam przyjąć, że $L_{^{12}\text{C}}(t_{\text{śmierci}}) = L_{^{12}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}})$. Otrzymujemy zatem, że $L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{śmierci}}) = 10^{-12} \times L_{^{12}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}})$ i po podstawieniu do równania (4) otrzymujemy:

$$L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}}) = \frac{10^{-12} \times L_{^{12}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}})}{2^{\left(\frac{N_{\text{lat}}}{5730}\right)}} \quad (5)$$

Powyższe równanie po określeniu w pomiarze $L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}})$ oraz $L_{^{12}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}})$ pozwala na obliczenie liczby N_{lat} , które upłynęły od śmierci badanego organizmu do chwili pomiaru:

$$N_{\text{lat}} = 5730 \times \log_2 \frac{10^{-12} \times L_{^{12}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}})}{L_{^{14}\text{C}}(t_{\text{pomiaru}})} \quad (6)$$



Logarytm to działanie związane z potęgowaniem; $\log_a b$ (czytaj: logarytm o podstawie a z liczby b) to taka liczba c , że $a^c = b$, np. $\log_2 8 = 3$ bo $2^3 = 8$.

Ogólnie, pomiar zawartości węgla ^{14}C może być używany do określania wieku substancji, które kiedyś stanowiły część organizmów żywych i które zawierają węgiel. W praktyce opisaną metodę można stosować do określania wieku szczątków organizmów żywych, których wiek nie przekracza 60 000 lat. W 1960 roku za opracowanie tej metody Willard F. Libby otrzymał Nagrodę Nobla.



Willard F. Libby (źródło: http://www.columbia.edu/~rwl4/libby_willard_1.jpg)

Zastanówmy się, ile jest atomów węgla radioaktywnego ^{14}C w organizmie człowieka i jaki jest przyczynek do naturalnej dawki napromieniowania pochodzący od węgla ^{14}C zawartego w organizmie?

Wiemy, że około 18% wagi człowieka stanowi węgiel. Zatem w człowieku ważącym 70 kg jest aż 12,6 kg węgla. Biorąc pod uwagę, że jeden atom węgla waży około 2×10^{-26} kg otrzymujemy, że w człowieku znajduje się $6,3 \times 10^{26}$ atomów węgla, z czego około $6,3 \times 10^{26} / 10^{12} = 6,3 \times 10^{14}$ to atomy węgla ^{14}C .

Dzieląc czas połowicznego zaniku węgla ^{14}C przez $\ln 2$ (5730 lat / $\ln 2$) otrzymujemy, że średni czas życia jednego jądra ^{14}C wynosi 8270 lat.

Stąd możemy obliczyć aktywność (czyli liczbę rozpadów na jednostkę czasu) jako liczbę atomów węgla ^{14}C podzieloną przez ich średni czas życia i otrzymujemy: $6,3 \times 10^{14} / 8270 \text{ lat} = 7,6 \times 10^{10}$ rozpadów na rok, co odpowiada 2400 rozpadom na sekundę. Wydaje się, że to bardzo dużo. Obliczmy zatem, jaką dawkę napromieniowania otrzymujemy w wyniku tych rozpadów. Miarą napromieniowania jest energia deponowana przez promieniowanie na jednostkę masy (Sivert = J/kg). Średnia energia elektronu z rozpadu węgla ^{14}C wynosi około 50 000 eV (elektronowoltów, $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ jest energią, którą uzyskuje elektron przyspieszony napięciem 1 V). Elektrony te są pochłaniane w organizmie. Zatem energia, którą deponują w tkankach w ciągu jednego roku wynosi:

$$\begin{aligned} 7,6 \times 10^{10} \times 50\,000 \text{ eV} &= 3,8 \times 10^{15} \text{ eV} = \\ &= 3,8 \times 10^{15} \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} = 6,1 \times 10^{-4} \text{ J} \end{aligned}$$

Stąd dawka roczna napromieniowania człowieka w wyniku zawartego w organizmie węgla ^{14}C wynosi:

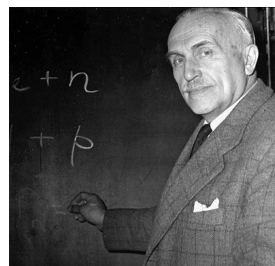
$$6,1 \times 10^{-4} \text{ J} / 70 \text{ kg} = 0,087 \times 10^{-4} \text{ Sv} = 0,0087 \text{ mSv}$$

Dawka ta stanowi przyczynek w wielkości jedynie około 0,4% do dawki promieniowania, którą otrzymujemy w Polsce od innych źródeł naturalnych (2,4 mSv). Znacznie większy wkład do napromieniowania od wewnątrz ma znajdujący się w organizmie człowieka potas ^{40}K , a największy wkład do dawki naturalnej ma radon.



Henryk Niewodniczański (1900–1968) – ojciec fizyki jądrowej w Krakowie

Henryk Niewodniczański, którego imię nosi Instytut Fizyki Jądrowej (IFJ) w Krakowie, urodził się w 1900 roku w Wilnie, które wtedy znajdowało się pod zaborem rosyjskim. Ojciec Henryka Wiktor Niewodniczański był absolwentem Wydziału Przyrodniczego Uniwersytetu w Petersburgu, na którym studiował fizykę, oraz Wydziału Mechanicznego Politechniki Warszawskiej, gdzie uzyskał tytuł inżyniera technologa. W owych czasach młodzież polska wobec braku możliwości studiowania na terenie kraju często wybierała uczelnie zagraniczne. To po ojcu Henryk odziedziczył talent i zainteresowanie fizyką. Jako dziecko poznał język niemiecki (jego matka była córką Niemca nadwożańskiego, właściciela ziemskiego), władał też biegle piękną starą ruszczyzną, dzięki uczęszczaniu do rosyjskich gimnazjów. Zadziwiał nią później swoich radzieckich kolegów – fizyków oraz imponował nią radzieckim urzędnikom.



Ojciec Henryka, Wiktor, w 1903 roku został dyrektorem budowanej właśnie i uruchomionej w 1905 roku pierwszej elektrowni w Wilnie. W 1915 roku, ewakuując się przed wojskami niemieckimi, rodzina wyjechała na wschód, do guberni Kałuskiej. Wcześniej spędzili rok w Davos w Szwajcarii, gdzie w sanatorium ojciec leczył płuca. Pobyt ten dla Henryka był okazją do nauki języka francuskiego. W tamtych czasach

dzieci wstępowały do gimnazjum po czterech latach szkoły powszechnej lub po nauce domowej. Ponieważ ojciec Henryka obejmował stanowiska w różnych miejscowościach, Henryk uczęszczał do gimnazjów w Rylsku (gubernia Kurska), następnie w Briąnsku (gubernia Orłowska), by po powrocie do Wilna w 1918 roku ukończyć gimnazjum im. Zygmunta



Augusta na Malej Pohulance. Tę samą szkołę kończyli: noblista Czesław Miłosz, Tadeusz Konwicki, Melchior Wańkowicz, noblista Andrew Schally (biochemik) i wielu innych znanych Polaków.

Henryk był wybitnie zdolnym uczniem, zadziwiającym wszystkich świetną pamięcią. Jego popisowym numerem była znajomość liczby „pi” do 35. miejsca po przecinku. Młody Niewodniczański, jeszcze jako gimnazjalista, zaliczył epizod wojenny – był ochotnikiem w walce z bolszewikami i kanonierem w 1. Pułku Artylerii Polskich Legionów. Po powrocie z wyprawy wojennej Niewodniczański zdał maturę (w 1920 roku) z wynikiem celującym i zapisał się na Wydział Matematyczno-Przyrodniczy Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie (USB). Już jako student od września 1921 roku pracował w Zakładzie Fizyki Uniwersytetu Stefana Batorego, przechodząc wszystkie stopnie: stypendysty, zastępcy asystenta, młodszego asystenta, starszego asystenta, a od 1 stycznia 1935 roku – adiunkta.

W roku 1924 Niewodniczański uzyskał absolutorium, a dwa lata później stopień doktora filozofii na podstawie rozprawy z fizyki atomowej *O absorpcji pasmowej i fluorescencji pary rtęci*.

Jako wyróżniający się doktor dostał rządowe stypendium na wyjazd do Niemiec, do Tybingi, gdzie miał okazję pracować z Walterem Gerlachem w roku akademickim 1927/1928. Gerlach był już wtedy znany z przeprowadzenia z Ottonem Sternem słynnego doświadczenia odkrywającego tzw. rozszczepienie linii widmowych atomów umieszczonych w polu magnetycznym. Doświadczenie to świadczyło o istnieniu momentu magnetycznego atomów.

Po powrocie do Wilna Niewodniczański kontynuował prace z dziedziny optyki atomowo-molekularnej i w 1932 roku habilitował się na podstawie rozprawy pt.: *O wzbudzaniu atomów rtęci światłem iskier Al, Cd i Zn*. W tym samym roku ożenił się z Ireną Prawocheńską, córką profesora Uniwersytetu Jagiellońskiego w Katedrze Zootechniki USB (na zdjęciu obok – od lewej: córka Justyna, żona Irena, syn Jerzy, prof. Niewodniczański i syn Tomasz).



Państwo Niewodniczańscy dorobili się trójki dzieci: dwóch synów – Tomasa i Jerzego, urodzonych jeszcze przed II wojną światową, oraz córki Justyny, urodzonej już po wojnie. Profesor zaraził fizyką całe swoje potomstwo. Dwoje zostało fizykami, a syn Jerzy geofizykiem, choć całe życie pracował jako fizyk jądrowy (był przez wiele lat prezesem Państwowej Agencji Atomistyki).

Henryk, jako stypendysta fundacji Rockefellera, a później Funduszu Kultury Narodowej, miał okazję prowadzić badania w Cambridge wspólnie z Ernestem Rutherfordem słynnym z odkrycia jądra atomowego (zdjęcie obok). Do laboratorium Rutherforda zjeżdżali fizycy z całego świata, by u niego terminować w nowej dziedzinie – w fizyce jądrowej, po czym wyjeżdżali do różnych krajów, by tam rozwijać tę dziedzinę nauki. Nie inaczej było z Henrykiem Niewodniczańskim, który zafascynował się fizyką jądrową oraz swoim mistrzem Rutherfordem, do którego starał się „upodobnić” (oba byli podobnej postury), podobnie się ubierając, nosząc podobne



wąsy. Podczas pobytu w Cambridge Henryk Niewodniczański dał się poznać jako niezwykle zdolny i sprawny eksperymentator. Zyskał autorytet i zawarł naukowe znajomości z wieloma fizykami.

W czasie krótkiego przedwojennego okresu Niewodniczański zakładał pracownie fizyki jądrowej, najpierw w Poznaniu, a następnie w Wilnie, gdzie w 1939 roku objął Katedrę Fizyki Doświadczalnej. We wrześniu 1939 roku, gdy wybuchła wojna, Uniwersytet Stefana Batorego został zamknięty przez władze Republiki Litewskiej i pozostał zamknięty przez okres okupacji niemieckiej. Profesor uczestniczył w kompletach tajnego nauczania. Dwoje studentów z tych kompletów, przyszłych profesorów UJ, Danutę Kunisz i Andrzeja Hryniewicza Profesor sprowadził po wojnie do Krakowa.

Szczęśliwie rodzinie Niewodniczańskich udało się uniknąć wywózki po zajęciu Wilna w 1944 przez Armię Czerwoną. Państwo Niewodniczańscy mieli możliwość opuszczenia Wilna w 1940 roku, bowiem Profesor dostał wizę angielską dzięki interwencji Rutherforda. Nie zdecydowali się jednak na wyjazd, ponieważ nie chcieli zostawiać matki Profesora samej.

Po wojnie Profesor objął stanowisko kierownika Zakładu Fizyki Doświadczalnej w Krakowie na Uniwersytecie Jagiellońskim. Z niebywałą energią rozpoczął organizowanie pracowni studenckich i naukowych. Jako wiodące dziedziny wybrał fizykę atomową oraz fizykę jądrową. Było to śmiałe marzenie, ponieważ okupanci niemieccy rozkradli i wywieźli do Niemiec całą aparaturę naukową.

Profesor rozpoczął odbudowę od wypraw do radzieckiej strefy okupacyjnej Niemiec, by w ramach rewindykacji wyszukać i zakupić niezbędne przyrządy. Dzięki zdobyczom rewindykacyjnym można było w Instytucie Fizyki przy ulicy Gołębiej zbudować solidne zaplecze warsztatowe. Było to bardzo ważne, ponieważ w owych czasach fizycy sami sobie budowali aparaturę i przyrządy pomiarowe.

Profesor Niewodniczański stosunkowo szybko wyłowił też spośród studentów swoich przyszłych uczniów, którzy stali się liderami przyszłych badań w różnych dziedzinach fizyki uprawianych obecnie.

Uczniowie i studenci wspólnie z Profesorem, którego nazywali Papą, „nadrabiali” braki w fizyce na seminariach organizowanych dla studentów i pracowników. Fizyka zrobiła w czasie wojny postępy, podczas gdy w Polsce rzecz jasna nie było mowy o uprawianiu fizyki, nie było co gorsza dostępu do najnowszej literatury naukowej.

Profesor miał tubalny głos, do swoich młodszych kolegów naukowych i uczniów, zwracał się per „panie kólego”. Świetnie sobie radził z partyjnymi władzami komunistycznymi (chyba się go wszyscy trochę bali).

Profesorowi udało się wcielić w życie swoje marzenia o fizyce jądrowej. W Instytucie na Gołębiej w głębokich piwnicach zbudowano tzw. mały cyklotron, a następnie, posiadając już zespół specjalistów cyklotronowych, Profesor wywalczył sprowadzenie do Krakowa zakupionego przez rząd polski od Związku Radzieckiego cyklotronu U-120. To dla pomieszczenia tego cyklotronu został w 1955 roku otwarty Instytut Fizyki Jądrowej, którym Profesor zarządzał do swojej przedwczesnej śmierci w grudniu 1968 roku. Wiadomość



o śmierci dotarła do Instytutu Fizyki przy ul. Reymonta podczas trwania występu kabaretu „Piwnicy po Baranami”.

Po śmierci Profesora Instytut rozwijał się dynamicznie. Obecnie na cyklotronie prowadzone są prace z zastosowań fizyki, między innymi w medycynie. Planowane są dalsze inwestycje i badania.

Dla studentów Profesor był pozornie bardzo groźny, jednak po ojcowsku – wyrozumiały. Pamiętam taki incydent: jedna ze studentek coś tam „zawaliła”. Profesor bardzo się zirytował i rzucił jej indeksem przez pół pokoju, a ją samą wyprosił za drzwi. Aby koleżankę wyratować przed powtarzaniem roku, utworzona *ad hoc* delegacja wyruszyła do Profesora w celu interwencji. Profesor, po wypowiedzeniu groźnych słów, wysłuchał jednak studentów, a że przedstawili ciężką sytuację koleżanki, wręcz wzruszył się prawie do łez jej losem, a ona dzięki temu dostała szansę na poprawienie oceny.

W dużej sali wykładowej w Instytucie Fizyki UJ znajduje się popiersie Profesora, który z cokołu bacznie obserwuje życie fizyków, swoich następców.

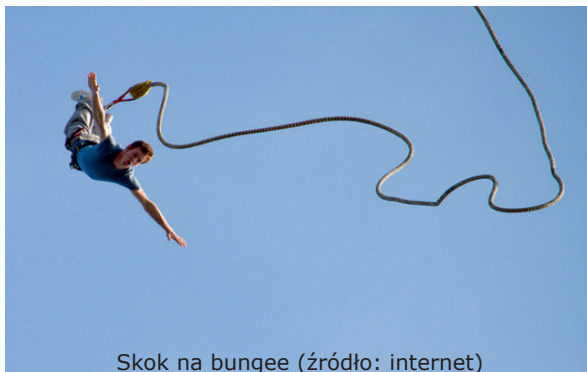
Album fotograficzny: www2.almamater.uj.edu.pl/114n/11.pdf

Z.G-M

Nieważkość, przeciążenia

Żyjąc na Ziemi jesteśmy poddani, tak jak i wszystkie ciała posiadające masę, działaniu siły ciężkości, inaczej grawitacji. Odczuwamy to namacalnie, gdyż aby znajdować się w spoczynku – np. stać, siedzieć czy leżeć – potrzebujemy podpory. Wtedy działa na nas zarówno siła grawitacji jak i siła reakcji podpory. My z kolei naciskamy na podporę. Jeśli przypadkiem siła podpory nie jest w stanie zrównoważyć siły grawitacji, krzesło pod nami może się załamać, a my spadniemy na ziemię. Gdy stoimy w nieruchomej windzie, wywieramy na podłogę windy nacisk spowodowany naszym ciężarem (siłą grawitacji). Możemy zabrać do windy wagę i zobaczyć ile ten nacisk wynosi (tyle ile wskazuje waga).

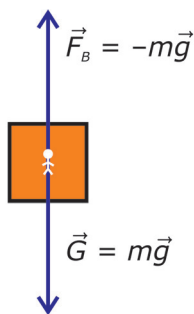
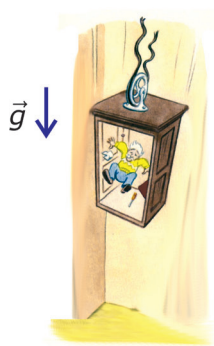
Aby doznać stanu nieważkości można skoczyć na linie bungee lub zafundować sobie mocne przeżycie w wesołym miasteczku wsiadając do windy, która spada swobodnie. W Wiedniu na Praterze znajduje się taka atrakcja – spadająca z wieży niezabudowana winda. W czasie swobodnego opadania windy



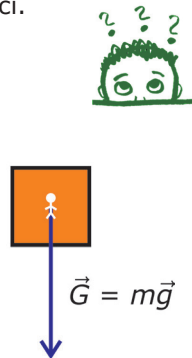
Skok na bungee (źródło: internet)

nie naciskamy na krzesółko, ono nas już nie podpira, mamy też wrażenie, że żołądek unosi się ku górze. Gdybyśmy w tej windzie stali na wadze, wskazywałaby ona zero. O takim stanie mówimy, że jest **stanem nieważkości**, ponieważ NIE odczuwamy działania siły ciężkości. Tymczasem działa na nas wyłącznie siła ciężkości, która powoduje ruch z przyspieszeniem ziemskim g . W czasie takiego swobodnego spadania znika ciśnienie hydrostatyczne; ciecze i gazy nie naciskają ani na dno, ani na ściany naczynia. W ogóle naczynie jest zbędne, ciecz może się utrzymywać w postaci kulistych kropli dzięki napięciu powierzchniowemu. Krople mają idealnie okrągły kształt¹.

O spadającej swobodnie windzie mówimy czasami jako o windzie Einsteina. Einstein formułując Ogólną Teorię Względności (OTW), czyli relatywistyczną teorię grawitacji (tę klasyczną stworzył Newton), stwierdził, że siły bezwładności należy rozważać tak jak siły grawitacji. Obserwator w zamkniętej windzie ich nie rozróżnia². W układzie spadającej swobodnie windy, która porusza się z przyspieszeniem względem układu, np. spoczynkowego związanego z ziemią (który jest tak zwanym układem inercyjnym), na ciała działają dodatkowo siły bezwładności związane z przyspieszeniem układu i równe minus przyspieszenie układu razy masa ciała. W windzie Einsteina to będzie $-gm$. Teraz na ciało w spadającej windzie Einsteina działa siła grawitacji mg , która jest równoważona przez siłę bezwładności, czyli ciężar ciała jest zrównoważony przez bezwładność. Rozumiemy teraz skąd się wzięła nazwa stan nieważkości.



(a)



(b)

Stan nieważkości w spadającej swobodnie windzie:

- (a) siły działające na ciało w układzie windy – winda porusza się z przyspieszeniem $\vec{g}$;
- (b) w układzie związanym z Ziemią – obserwator widzi obiekt spadający pod wpływem siły ciężkości $\vec{G}$ – obiekt ma przyspieszenie $\vec{g}$;

¹ Obserwowane spadające krople deszczu mają inny, charakterystyczny kształt. To opór powietrza (czyli dodatkowa siła) jest tego przyczyną.

² W Wikipedii można przeczytać, że stan nieważkości jest wtedy, gdy na ciało działa wyłącznie siła ciężkości. Jak wiemy powoduje ona ruch jednostajnie przyspieszony z przyspieszeniem g . W niektórych podręcznikach można znaleźć stwierdzenie, że stan nieważkości jest wtedy, gdy wszystkie działające na ciało siły znoszą się. W układzie spadającej windy tak w istocie jest. Znosi się siła bezwładności z siłą ciężkości. Przy takim określeniu nieważkości nurkowanie w słonej wodzie o gęstości równej gęstości naszego ciała (siła wyporu = sile ciężkości) imituje stan nieważkości.

Oczywiście, gdybyśmy się znaleźli gdzieś hen w Kosmosie z dala od wszelkich obiektów masywnych, to też doznawalibyśmy stanu nieważkości.

Rozumiemy, dlaczego w spadającej swobodnie windzie Einsteina nie odczuwa się ciężkości, ale dlaczego w statku kosmicznym astronauta znajdują się w stanie nieważkości?

Musimy zauważyć jednak, że kosmonauci nie zawsze znajdują się w stanie nieważkości. Zależy to od tego, jak porusza się stacja czy prom kosmiczny. Stan nieważkości jest tylko wtedy, gdy winda, prom kosmiczny, rakieta, samolot poruszają się z wyłączonymi silnikami.

Tak się dzieje, gdy stacja lub prom kosmiczny jest na trajektorii okołozemskiej i jest jakby satelitą Ziemi, a samolot³ porusza się po torze parabolicznym (jak kamień wyrzucony w górę).

Siła grawitacji działająca na stację lub prom na orbicie okołozemskiej jest oczywiście słabsza od tej działającej przy powierzchni Ziemi (na wysokości mniej więcej 500 km o około 10%), ale to ona utrzymuje pędzący statek na orbicie. Dzięki tej sile statek ma przyspieszenie dośrodkowe, układ statku nie jest inercyjny i na statku działa, jak to stwierdził Einstein, siła bezwładności, która równoważy siłę ciężkości.

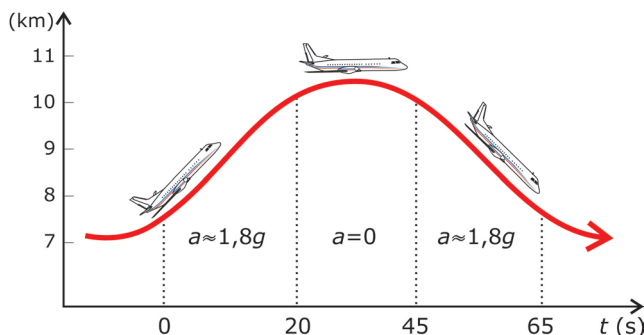
Siły bezwładności odczuwasz w gwałtownie przyspieszającym lub hamującym aucie, czujesz ją też w samochodzie na zakręcie. Jeśli ta siła jest zrównoważona przez siłę wywieraną przez pasy, którymi jesteś przypięty do siedzenia, to w porządku, jeśli nie – to sytuacja może być groźna. Zwykliśmy nazywać siły działające na ludzi w układach przyspieszonych przeciążeniem i mierzyć je wielokrotnościami wartości przyspieszenia grawitacyjnego g .

Astronauta w startującej rakiecie (i w hamującej) doznają sił bezwładności, które dodają się do siły grawitacji. Mówimy wtedy o przeciążeniu. W czasie gwałtownego hamowania, przy powrocie na Ziemię, astronauta też doznają przeciążeń, pomimo że siła bezwładności (dokładnie jej wartość) odejmuje się od siły ciężkości. Przeciążenie w czasie startu rakiety sięga parunastu g . Astronauta na specjalnych wirówkach trenują na ziemi stan przeciążenia. Bogaci ludzie mogą sobie zafundować dłuższe przebywanie w stanie nieważkości i doznawać przeciążeń wykupując bilety na tak zwane loty paraboliczne. Samoloty przez pewien czas lecą po torze parabolicznym takim, jakim by leciały z wyłączonymi silnikami.



Trajektoria takiego lotu wygląda jak na wykresie. Pierwszy etap lotu to ostre wzbijanie się ku górze. Wtedy występują przeciążenia, pasażerowie są wbijani w fotele. Po osiągnięciu planowanej wysokości samolot porusza się ruchem parabolicznym (jak kamień rzucony do celu). I to wtedy, podczas kilkudziesięciu sekund, doświadcza się przyjemności stanu nieważkości. Następnie samolot wraca na Ziemię. W zależności od trajektorii lotu (pracy silników) na tym odcinku lotu pasażerowie mogą doznawać przez chwilę przyspieszenia $1/6 g$, czyli jak na Księżycu, czy $1/3 g$ jak na Marsie. Przy samym lądowaniu znowu doznają przeciążeń.

³ Szybowiec, który nie ma silników, nie musi poruszać się torem parabolicznym. Działają na niego siły oporu powietrza i siła nośna. My tutaj mówimy o samolocie na dużych wysokościach, tam gdzie siły te są pomijalnie małe.



Znacznym przeciążeniom poddawani są kierowcy Formuły 1 i to nie tylko podczas przyspieszania bolidów, ale przede wszystkim podczas kolizji z przeszkodą. Czas hamowania rozpędzonego bolidu jest bardzo krótki i to powoduje ogromne przyspieszenia. Rakiety kosmiczne muszą mieć odpowiednio długi czas przyspieszania i hamowania, aby ciało astronauty mogło znieść przeciążenia.

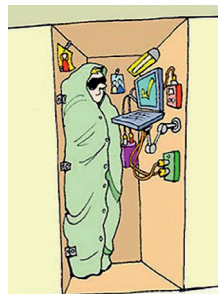
Z.G-M

Życie codzienne na stacji kosmicznej

Naszym czytelnikom polecamy strony internetowe NASA (*Narodowej Agencji Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej*). Znajdują się tam materiały przeznaczone dla młodzieży, które mogą być wykorzystane do nauki szkolnej jak i pozaszkolnej. Można tam znaleźć także filmy i gry dotyczące podróży kosmicznych, budowy Wszechświata jak i zagadnień związanych z fizyką i astrofizyką. W zakładce poświęconej mikrograwitacji (*microgravity*) znajduje się opis codziennego życia astronautów w warunkach nieważkości, a dokładniej w obecności mikrograwitacji.

Spanie

Kosmonauci powinni spać 8 godzin na dobę. Oczywiście, nie śpią w łóżkach. W zasadzie mogą spać w dowolnym miejscu, w dowolnej pozycji. Aby jednak jakieś nieświadome ruchy podczas snu nie wprawiały kosmonautów w ruch i nie powodowały zderzeń z innymi przedmiotami śpią oni w spiworach przytwierdzonych do ściany w sypialnych kabinach. Podobno mają sny tak jak na Ziemi. Niektórzy czasami chrapią.



Toaleta

Mycie jest nieco utrudnione, ponieważ na stacji trzeba oszczędzać wodę, nie wypływa też ona z kranu pod wpływem grawitacji. Trzeba używać pompki. Do mycia włosów kosmonauci stosują suche szampony. Korzystanie z toalety

jest też utrudnione. Toaleta działa jak odkurzacz. Kosmonauta musi się podłączyć poprzez lejek do tego „odkurzacza”, który zasysa „produkcję” kosmonauty do specjalnego pojemnika na nieczystości. Oczywiście każdy z kosmonautów ma swoje stanowisko.

Gimnastyka

Każdy kosmonauta jest zobowiązany do dwóch godzin ćwiczeń fizycznych. Jedna godzina to ćwiczenia typu podnoszenie ciężarów (zapewne naciąganie sprężyn), a druga jest przeznaczona na ćwiczenia typu rowerek. Podczas zajęć sportowych specjalne czujniki sprawdzają pracę serca, ciśnienie itp. Zachęcamy do obejrzenia filmików.



Jedzenie

Część jedzenia, np. niektóre owoce czy ciasteczka, jest taka jak na Ziemi, inne są w postaci liofilizowanej (suche), w czasie ich przyrządzania trzeba dodać wody.

Pieprzu i soli używa się w płynnej postaci, ponieważ proszek mógłby się rozsypać po całej kabinie, dostać się do przewodów wentylacyjnych i uszkodzić system. Kosmonauci mają do dyspozycji kuchenkę i mogą podgrzewać pokarmy.

Zobacz filmik, jak kosmonauci radzą sobie, by jedzenie nie uciekało z talerza i czy w ogóle używają talerzy.



Wolny czas

W czasie wolnym od pracy kosmonauci mogą czytać, słuchać swojej ulubionej muzyki, grać w karty, rozmawiać z rodzinami, wyglądać przez wspaniałe panoramiczne okno.

Niektórzy kosmonauci wykonują ciekawe doświadczenia, które później można obejrzeć w internecie.



<http://www.nasa.gov/audience/foreducators/microgravity/home/index.html>



Projekt Lodowa Kostka (IceCube) – detektor neutron na biegunie południowym

DESY (skrót od **Deutsches Elektronen-Synchrotron** – Niemiecki Synchrotron Elektronowy) to laboratorium fizyki i ośrodek badawczy, zlokalizowany w Hamburgu. Jest to także nazwa jednego z akceleratorów wybudowanych w tym laboratorium. DESY należy do największych europejskich ośrodków naukowych, posiada drugi (po CERN-ie) co do wielkości w Europie akcelerator cząstek.

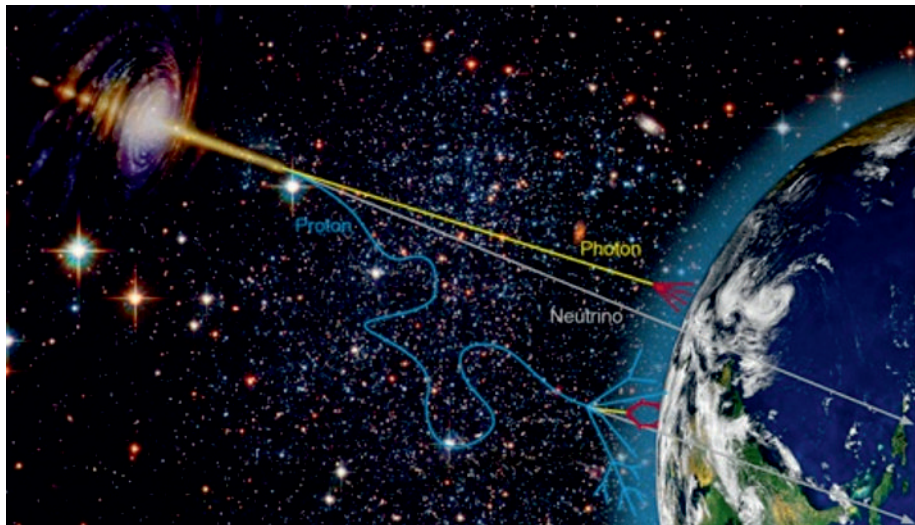
Podstawowymi zadaniami DESY są: prowadzenie badań podstawowych w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych, budowa akceleratorów cząstek i rozwój technologii akceleratorowej oraz prowadzenie badań z użyciem promieniowania synchrotronowego.



Zdjęcie lotnicze z zaznaczoną linią przerywaną kompleksem akceleratorów w DESY
(źródło: internet)

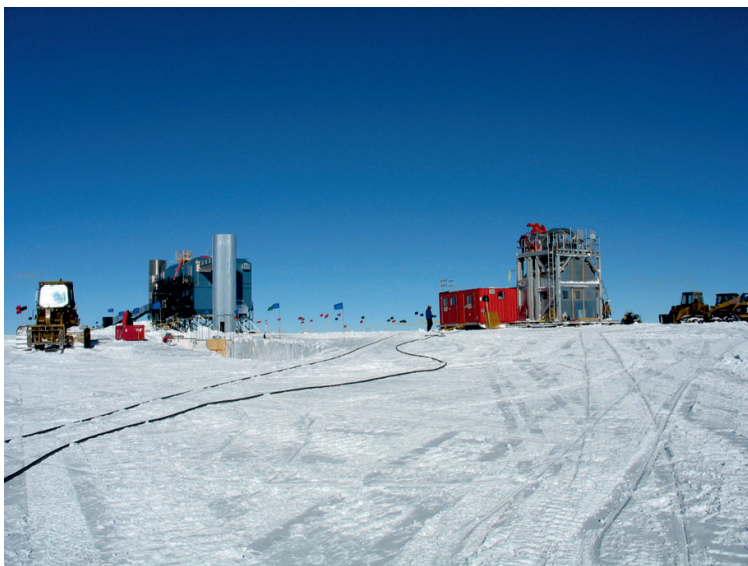
Uczeni w DESY prowadzą także badania nad astrocząstkami, czyli nad cząstkami docierającymi do Ziemi z Kosmosu.

Fizyka astrocząstek to nowy interdyscyplinarny dział nauki z pogranicza fizyki cząstek, astrofizyki i kosmologii. W DESY w szczególności rozwijane są badania nad neutronami i promieniowaniem gamma. Uczeni mają nadzieję rozwiązać zagadkę czarnej materii, gigantycznych „akceleratorów” otaczających czarne dziury i wybuchów supernowych.

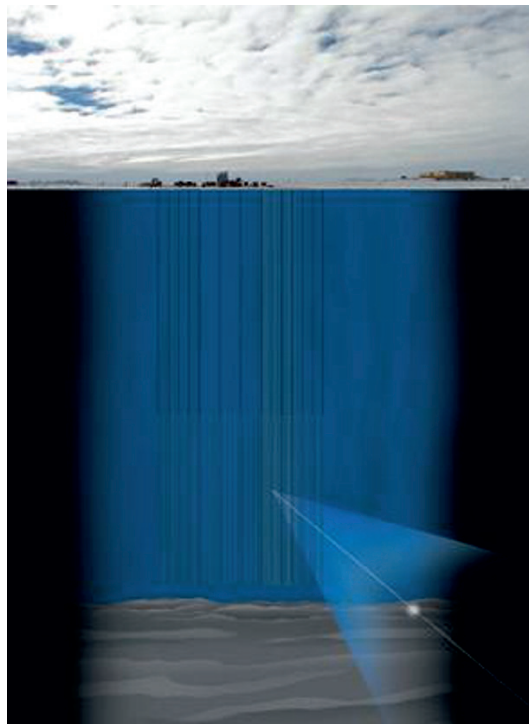


Schematyczna ilustracja astrocząstek pochodzących z Kosmosu. Zaznaczono fotony, neutrino i kaskadę cząstek wtórnych wytworzonych w atmosferze

DESY uczestniczy również w międzynarodowym projekcie IceCube – Lodowa Kostka. W ramach tego projektu na biegunie południowym (na terenie dawnej stacji Amundsena) na głębokości prawie 3 km sześćian lodowy o boku 1 km naszpikowano 5160 optycznymi czujnikami. Lód polarny jest bardzo czysty i przezroczysty i idealnie nadaje się do obserwacji słabych błysków, jakie powodują wpadające do lodu wysokoenergetyczne neutrino. Zderzenia z nimi powodują jonizację, którą obserwują czujniki.



Naziemna część stacji badawczej



Przekrój gigantycznego lodowego detektora neutrin. Zaznaczono schematycznie oddziaływanie neutrina i powstanie sygnału świetlnego

Z.G-M

Wywiad z Profesorem Christianem Stegmannem

Christian Stegmann (ur. w 1965 roku) – astrofizyk, dyrektor DESY w Zeuthen pod Hamburgiem. Zajmuje się fizyką cząstek elementarnych, a dokładnie tych nadlatujących z Kosmosu.

Jak zaczęła się pańska przygoda z fizyką? Czy początki były trudne?

Fizykę zacząłem studiować w 1986 roku w Bonn. Chciałem zostać astronomem, ale w Bonn, aby móc studiować astronomię, trzeba było najpierw uzyskać dyplom licencjata z fizyki. Dlatego też podjąłem te studia. Nie byłem do nich dobrze przygotowany, ponieważ w ostatnich latach szkoły średniej nie miałem fizyki. Mimo że studia te były wymagające oraz stanowiły dla mnie duże wyzwanie, ta dziedzina wiedzy od samego początku mnie zachwyciła i postanowiłem w końcu, że się jej po-



święcę. Fascynowało mnie poznawanie zasad i praw fizyki oraz sprawdzanie ich w eksperymentach.

Kiedy podjął pan decyzję o oddaniu się karierze naukowej? Czy ktoś Pana zainspirował?

Myślę, że nie było w moim życiu konkretnego momentu, w którym postanowiłem, że zostanę fizykiem. Podczas pisania doktoratu w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN w Genewie praca fizyka dawała mi dużo satysfakcji. W CERN-ie byłem 3 lata, podczas których zajmowałem się fizyką cząstek elementarnych. Może ta szczególna naukowa i międzynarodowa atmosfera, która tam panowała była dla mnie źródłem inspiracji i przyczyniła się do tego, że po obronie doktoratu poświęciłem się pracy naukowej. Później wszystko potoczyło się już swoim trybem i po kilku umowach na czas określony otrzymałem stałe zatrudnienie i zostałem pracownikiem naukowym.

Jak wygląda pańska praca na co dzień? Czy mógłby Pan przybliżyć zagadnienia, którymi się Pan zajmuje?

Od kilku miesięcy kieruję położonym w pobliżu Berlina instytutem naukowym z 250 pracownikami. Moja codzienna praca polega w dużej mierze na zarządzaniu pracami naukowo-badawczymi. Moje główne zainteresowania badawcze obejmują astronomię promieniowania gamma, nową dziedzinę astronomii, w której miał miejsce w ostatnich latach duży przełom naukowy. Zajmuje się ona badaniem procesów wysokoenergetycznych we Wszechświecie, np. eksplozjami supernowych lub czarnymi dziurami. Dziesięć lat temu podjąłem pracę w tej dziedzinie i w ostateczności zostałem jednak astronomem. Wraz z grupą młodych doktorantów omawiamy aktualne problemy badawcze. Pracuję z nimi każdego dnia.

Brał pan udział w eksperymentach, to wymaga współpracy. Lubi pan pracę w zespole, czy jest pan raczej indywidualistą?

Brałem udział w kilku dużych eksperymentach, w które było zaangażowanych kilkuset fizyków. Dobrze czuję się w pracy zespołowej, pracowałem w dużych międzynarodowych zespołach i zawsze było to dla mnie bardzo inspirujące.

Kim pan się inspirowuje w działaniach zawodowych i nie tylko?

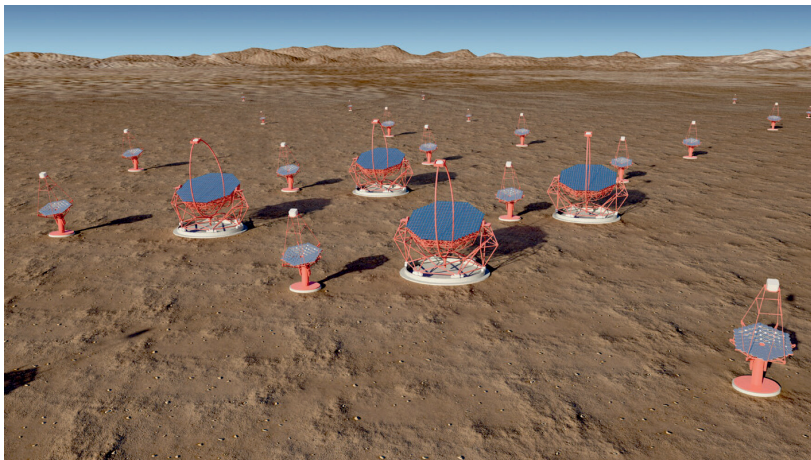
Inspirują mnie rozmowy z innymi naukowcami, a także współpraca z nimi. Podczas dyskusji naukowych pojawiają się nowe pomysły i metody rozwiązywania problemów. Poza tym jestem bardzo dociekliwy i chcę zawsze dojść do sedna problemu.

Jak praca wpływa na pana życie prywatne?

Nie mam wystarczająco dużo czasu dla mojej rodziny i przyjaciół. Jestem żoną i mam dwoje dzieci. Podejrzewam również, że moja praca wpływa w znaczny sposób na to, że wiele dyskusji w moim domu prowadzi się w rozważny i spokojny sposób, a czasem nawet tematy rozmów dotyczą problemów fizyki.

Jakie ma pan pasje, zainteresowania i plany na przyszłość?

Chciałbym przekształcić mój instytut w międzynarodowe centrum badawcze astronomii promieniowania gamma. Poza tym jestem zaangażowany w międzynarodowy projekt CTA (Cherenkov Telescope Array). Chcemy wybudować duży system składający się prawie ze 100 teleskopów. Projekt CTA jest projektem przyszłościowym dla astronomii promieniowania gamma.



Teleskopy Czerenkowa
(źródło: bilder.desy.de:9080/DESYmediabank/)

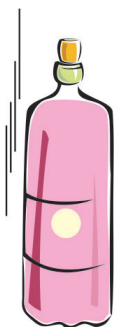
Dziękuję za rozmowę i poświęcony mi czas.

Rozmowę drogą internetową z prof. dr. Christianem Stegmanem prowadziła Maria Mesjasz, uczennica klasy III gimnazjum (na zdjęciu), tłum. Anna Mikołajczyk.



Obserwacja sił bezwładności w wirującym układzie

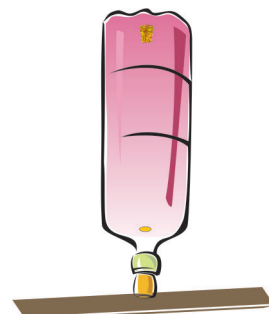
Zaopatrzyć się w dużą, najlepiej 2 l butelkę po wodzie mineralnej, monetę, korek.



1. Napełnij butelkę wodą (wodę można zabarwić, np. barszczem, będzie lepiej wszystko widać) tak by pod zakrętką zostało trochę powietrza. Następnie podrzuć butelkę. Obserwuj, co się dzieje z bąblem powietrza zostawionym nad powierzchnią wody? Czy udaje ci się zaobserwować kulisty bąbel powietrza?

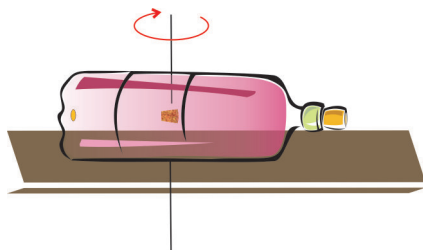
Przez czas swobodnego lotu woda i powietrze w butelce znajdują się w stanie nieważkości. Powietrze przybrało kulisty kształt.

2. Wrzuć monetę do napełnionej wodą butelki – oczywiście moneta opada na dno. Wrzuć korek – unosi się ku górze. Zakręć butelkę. Odwróć ją do góry dnem. Moneta przesunęła się w dół, ku zakrętkę, a korek przesunął się w górę.



3. Trzymając butelkę w rękach (jak na rysunku) wpraw ją w ruch obrotowy. Co obserwujesz? Czy widzisz, że moneta przesuwa się na zewnątrz, w stronę dna butelki, a korek ku centrum ruchu, czyli ku szyjce butelki? Ruch obrotowy, przyspieszenie w tym ruchu działa tak jak siła grawitacji.

4. Możesz też butelkę napełnioną wodą z moneta i korkiem umieścić poziomo na śliskim stole i rozkręcić. Zaobserwuj, gdzie ulokuje się moneta, a gdzie korek.



Z.G-M

Zadania

Stacja kosmiczna ze „sztuczną grawitacją”

Organizm ludzki jest dostosowany do funkcjonowania na Ziemi. Przebywanie dłuższy czas w stanie nieważkości ma niekorzystny wpływ na wiele organów człowieka.

Wyobraźmy sobie, że stacja kosmiczna jest w kształcie wielkiego torusa o średnicy 0,5 km. Z jaką częstością musiałaby ona wirować, aby siły bezwładności powodowały przyspieszenie równe g ziemskiemu?

Wiemy, że ciało poruszające się po torze o promieniu R z szybkością v ma przyspieszenie o wartości

$$a = \frac{v^2}{R}$$

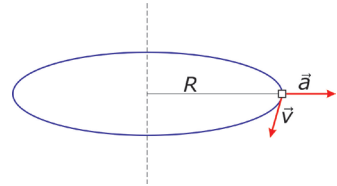
pochodzące od siły bezwładności zwrócone na zewnątrz.



Chcemy, aby przyspieszenie $a = g$ ziemskiemu, zatem $v = \sqrt{Rg}$.

Ponieważ $v = \frac{2\pi R}{T}$, to mamy $\sqrt{Rg} = \frac{2\pi R}{T}$,

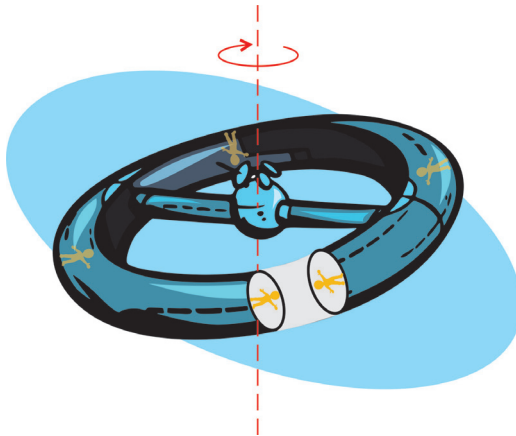
a więc $T = \frac{2\pi R}{\sqrt{Rg}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$.



Po wstawieniu danych $T = 2 \times 3,14 \sqrt{\frac{250}{10}} = 2 \times 3,14 \times 5 = 31,4 \text{ s}$,

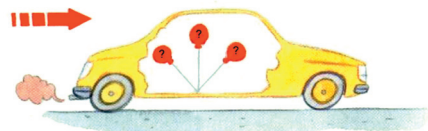
czyli okres obrotu wynosi około pół minuty. Stacja musi zatem wykonywać 2 obroty na minutę, aby przyspieszenie sił bezwładności było porównywalne z przyspieszeniem ziemskim. Będzie ono działać na zewnątrz torusa.

Trzeba pamiętać, że pole grawitacyjne w tym torusie nie byłoby jednorodne (to znaczy wszędzie takie samo) jak na Ziemi. Taka stacja to na razie *science fiction*.



Balonik w samochodzie

Chłopiec w samochodzie jadącym ze stałą szybkością trzyma balonik napęczniony helem. W czasie spokojnej jazdy balonik utrzymuje się na pionowej nitce. W pewnym momencie samochód gwałtownie hamuje (ma przyspieszenie). Jak wiesz wszystkie nieprzypięte przedmioty polecą do przodu. A jak zachowa się balonik?

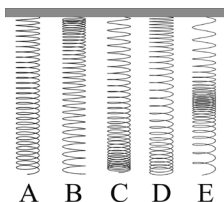


Lwiątko 2012



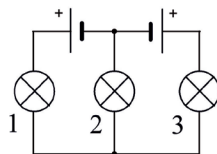
Jak co roku, w ostatni poniedziałek marca, uczniowie prawie 1500 gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych wzięli udział w konkursie fizycznym Lwiątko. Była to już dziesiąta edycja tego cieszącego się wciąż ogromną popularnością konkursu. Poniżej prezentujemy kilka przykładowych zadań „lwiątkowych”. Zainteresowanych zapraszamy do odwiedzenia strony internetowej: www.lwiatko.org.

1. W jaki sposób zwisa sprężyna *slinky*?



2. Zbudowano obwód elektryczny według schematu na rysunku. Symbol żarówki to $\otimes$, symbol baterijki to $\text{---}||\text{---}$. Żarówki są jednakowe, baterijki także. Która żaróweczka nie świeci?

- A. Tylko 1.
B. Tylko 2.
C. Tylko 3.
D. Świecą wszystkie.
E. Nie świeci żadna.



3. Na wąskiej krze lodowej o długości 20 m znajdują się trzy pingwiny chodzące tam i z powrotem z prędkością 1 m/s. W chwili zero pingwiny są w równych, pięciometrowych odstępach od siebie i od końców kry. Gdy któryś pingwin dojdzie do końca kry, spada do wody, a gdy dwa się spotkają, odbijają się od siebie jak piłki, bez zmiany wartości prędkości. Ile czasu może maksymalnie upłynąć do momentu, gdy wszystkie pingwiny znajdą się w wodzie?

- A. 10 s.
B. 15 s.
C. 20 s.
D. 25 s.
E. 30 s.



4. „Lwiątko” odbywa się co roku w ostatni poniedziałek marca. Ile dni może liczyć odstęp między kolejnymi konkursami? Uwaga: od dzisiaj do pojutrze jest odstęp dwóch dni, nie trzech!

- A. Może 364 i może 365.
B. Może 365 i może 366.
C. 364, ale nie 365.
D. 365, ale nie 366.
E. 366, ale nie 365.



5. Oto bieg promieni przez soczewkę S.

Soczewka S jest

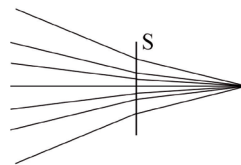
A. skupiająca;

B. rozpraszająca;

C. jeśli promienie biegną w prawo – skupiająca, jeśli w lewo – rozpraszająca;

D. jeśli promienie biegną w prawo – rozpraszająca, jeśli w lewo – skupiająca.

E. Taki bieg promieni przez soczewkę nie jest możliwy.



6. Do trzech jednakowych szklanek wiano po 200 ml wody, a do dwóch z nich włożono kulki o tej samej masie, tak jak pokazuje rysunek. Porównaj wskazania wag w_1 , w_2 , w_3 .

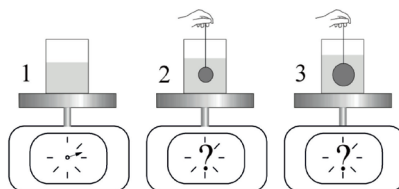
A. $w_1 < w_2 < w_3$.

B. $w_1 < w_3 < w_2$.

C. $w_3 < w_2 < w_1$.

D. $w_1 < w_2 = w_3$.

E. $w_1 = w_2 = w_3$.



Rozwiązania

- Odpowiedź C. Zwoje nierozciągniętej sprężyny *slinky* przylegają do siebie. Im większa siła rozciągająca sprężynę, tym jej zwoje są bardziej od siebie oddalone. Górna część wiszącej sprężyny jest rozciągana większą siłą (ciężar prawie całej sprężyny) niż jej dolna część.
- Odpowiedź D. Na pozór nie powinna świecić żadna żarówka, gdyż baterijki są połączone przeciwnie do siebie (ich napięcia „odejmują się”). W rzeczywistości jednak prądy wypływające z dodatnich biegunów baterijek łączą się i przez środkową żarówkę (2) płyną do ujemnych biegunów baterijek. Można również zauważyć, że prawa i lewa strona układu są do siebie symetryczne. Łącząc z sobą dodatnie bieguny baterii, mamy prosty układ: dwie połączone z sobą równolegle baterijki, do których dołączone są dwie połączone równolegle żarówki (1 i 3), połączone szeregowo z żarówką 2.
- Odpowiedź B. Należy tak dobrać początkowe zwroty prędkości pingwinów, aby ostatni pingwin jak najdłużej utrzymał się na krze. Warto zauważyć, że zderzenia pingwinów można potraktować jak ich minięcie się (pingwiny są „nierozróżnialne”, więc nie ma znaczenia, który pójdzie w którą stronę). Warunek zadania będzie spełniony, gdy pingwin stojący najbliżej końca kry będzie siedł w stronę dalszego jej końca (odległego o 15 m).
- Odpowiedź C. Skoro Lwiątko odbywa się zawsze w poniedziałek, to liczba dni pomiędzy kolejnymi konkursami musi być podzielna przez 7.
- Odpowiedź B. Niezależnie od tego, od której strony padają na soczewkę promienie światła, po przejściu przez nią odchylają się na zewnątrz (od osi układu).
- Odpowiedź A. Zgodnie z trzecią zasadą dynamiki, jeśli ciecz działa na zanurzone w niej ciało pewną siłą (w tym wypadku siłą wyporu), to również ciało działa na tą ciecz siłą o tej samej wartości, lecz o przeciwnym zwrocie (czyli w dół). Wskazania wag 2 i 3 są więc większe od wskazania wagi 1 właśnie o wartości siły wyporu, przy czym z powodu większej objętości kulki na rys. 3 siła wyporu ma tutaj też większą wartość.

