

Co w zeszycie

Astrofizykę możemy uważać za królową fizyki. O jej dostojności świadczy uniwersalny charakter oraz, jak się wydaje, najważniejszy dla ludzkości obiekt badań i zainteresowań – Wszechświat. Jaki jest? Jaki był jego początek? Jak się zmienia?

Piękna astrofizyki dowodzi pełna bezinteresowność – jej rozwój napędzany był i jest jedynie ludzką ciekawością. Służą jej jednak inne dziedziny fizyki i techniki, bez których pomocy nie mogłaby się ona rozwijać. Bez tego wsparcia mielibyśmy bowiem do czynienia raczej z kosmologią, nauką obejmującą Kosmos bardziej w ujęciu filozoficznym.

Astronomia, a później astrofizyka, zawsze przyciągały kobiety, nawet w czasach, gdy nie było to powszechne, by zajmowały się one nauką. Nieliczne wyjątki stanowiły najczęściej żony, siostry czy córki uczonych.

W tym zeszycie prezentujemy sylwetkę krakowskiej astronomki Rozalii Szafraniec, na której losy naukowe wpłynęła tragiczna historia Polski XX wieku. Z przyjemnością donosimy, że żeńskie tradycje kontynuuje z sukcesem m.in. Zosia Kaczmarek z Torunia, uczennica II klasy liceum. Jest ona zwyciężczynią tegorocznej Olimpiady Astronomicznej.

Nie jest chyba zaskoczeniem, że bieżący zeszyt *Neutrino* zdominowały problemy astrofizyczne: odkrycie fal grawitacyjnych, egzoplanety i gwiazdy zmienne zaćmieniowe.

Z.G-M



Spis treści

Odebrano sygnał fal grawitacyjnych	1
Gwiazdy zmienne zaćmieniowe	4
Egzoplanety	6
Astronomka Rozalia Szafraniec (1910–2001)	12
Edukacyjna Fundacja im. Profesora Romana Czerneckiego	15
Zadania	16
Doświadczenia – Konkurs <i>Świetlik</i> 2016	17
PI-busy	21

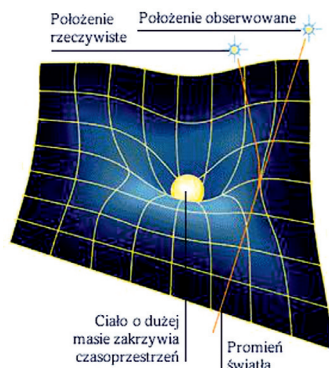
Odebrano sygnał fal grawitacyjnych

Teoria grawitacji sformułowana przez Alberta Einsteina w 1916 roku, nazwana Ogólną Teorią Względności (OTW, czytaj więcej w *Neutrinie* 31 i w *Fotonie* 132), zaproponowała rewolucyjny i nieintuicyjny opis oddziaływań grawitacyjnych. W klasycznej teorii grawitacji Newtona siły grawitacji działają w trzypięciowym wymiarowej przestrzeni Euklidesa, a czas jest niezależnym parametrem. W teorii Einsteina czas i przestrzeń zostały połączone w jedną czterowymiarową czasoprzestrzeń, która nie jest sceną oddziaływań grawitacyjnych, tylko sama jest obiektem oddziaływania z materią (w tym z masami). Równania Newtona zostały zastąpione przez równania Einsteina, opisujące oddziaływanie materii z tak zwanym tensorem metrycznym definiującym geometrię czasoprzestrzeni.

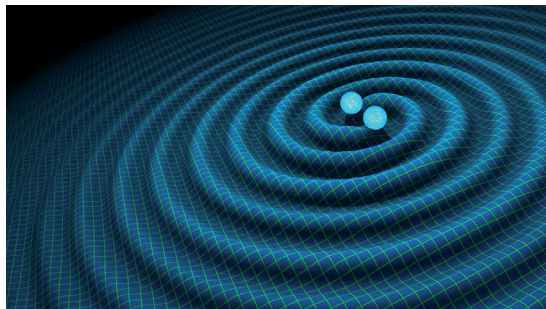
Przestrzeń ta nie jest „płaska”, jak przestrzeń Euklidesa, tylko zakrzywiona. W efekcie deformacji (zakrzywienia) obserwuje się jakby przyciąganie mas. Ponieważ trudno sobie wyobrazić czterowymiarową czasoprzestrzeń, ilustruje się to na modelach dwuwymiarowych. W *Neutrinie* 31 pokazaliśmy model (rys. obok), w którym masa położona na napiętej płaskiej membranie powoduje wgłębienie tej membrany, w efekcie czego inna masa znajdująca się w zasięgu tej pierwszej jest przez nią jakby przyciągana.

Inny model, to dwuwymiarowa powierzchnia kuli, czyli sfera. Wyobraźmy sobie na niej południki. Obiekty poruszające się po południkach od równika ku biegunowi, znajdują się na równoległych (my wiemy, że bynajmniej niebędących liniami prostymi w przestrzeni trzypięciowym wymiarowej) torach. W miarę przemieszczania się obiektów w stronę bieguna, południki coraz bardziej zbliżają się do siebie, by spotkać się na biegunie. Efekt jest taki, jakby działała na nie siła przyciągająca. Tak opisywane jest oddziaływanie grawitacyjne w OTW.

A czym są fale grawitacyjne? Przypuśćmy że dawno, na początku Wszechświata, miało miejsce jakieś wydarzenie kosmiczne, wybuch supernowej, zderzenie czarnych dziur. To wywołało drgnienie czasoprzestrzeni, które zaczęło się następnie rozchodzić w całym Wszechświecie, analogicznie do kolistej fali na powierzchni wody po wrzuceniu doń kamienia.



Fale koliste na powierzchni wody (<http://analizaobrazu.x25.pl/articles/3>)



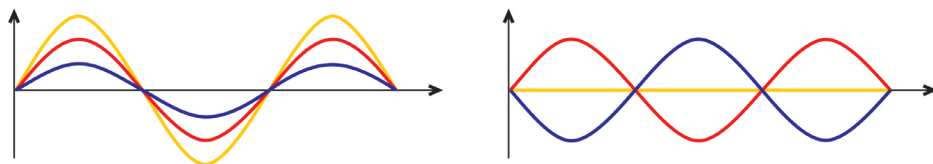
Model fali grawitacyjnej

(<https://www.flickr.com/photos/prachatai/24334047863/in/photolist-E5B9nQ-Di3Yjq-E5B9dm-xvigSM-D5jmDn>)

Oczywiście natężenie takiej fali maleje w miarę oddalania się od jej źródła. Tak jest również w wypadku fal grawitacyjnych, które dochodzą do nas z początków istnienia Wszechświata. Fizycy teoretycy, którzy przez sto lat rozwijali OTW dokładnie zdawali sobie z tego sprawę. Przechodząca fala grawitacyjna to nic innego jak wędrująca deformacja czasoprzestrzeni. W jaki sposób się ona objawi? Co „drgnie”? Zmienia się relacje przestrzenne, na przykład długość linijki, odległość między dwoma punktami. Jak to zmierzyć, skoro oczekiwany efekt będzie na pewno bardzo słaby? Skąd wiara, że powinno się udać go zaobserwować? Z badań astronomicznych (z teleskopów do odbioru rozmaitych fal elektromagnetycznych, od świetlnych po radiowe, rentgenowskie czy podczerwone) otrzymujemy informacje o wielkich wydarzeniach kosmicznych. Powinna im towarzyszyć emisja fal grawitacyjnych.

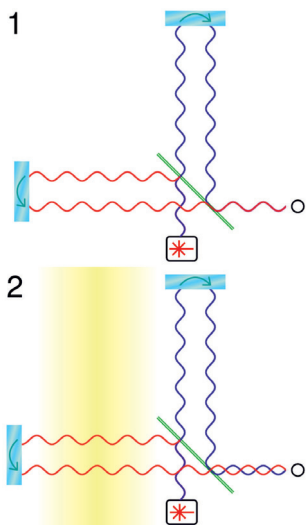
Optyka oraz fizyka atomowa poczyniły w ostatnich latach niewiarygodne postępy. Dzięki nim zaobserwowanie zmiany odległości rzędu $1/1000$ średnicy protonu stało się możliwe.

Urządzenie, za pomocą którego udało się odebrać sygnał fal grawitacyjnych, nosi nazwę **LIGO**. To akronim pochodzący od pełnej nazwy **Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory**, czyli Laserowe Obserwatorium Interferometryczne Fal Grawitacyjnych. Kluczowym słowem jest tu interferometr, przyrząd znany optykom od przeszło stu lat. Dzięki zjawisku interferencji fal optycznych pozwala on na mierzenie bardzo małych zmian odległości. Interferencja to zjawisko zachodzące dla wszystkich typów fal, zarówno mechanicznych, jak np. fale akustyczne, jak i fal świetlnych oraz innych elektromagnetycznych. Polega ona na tym, że w przypadku spotkania (nakładania się) fal o zgodnej fazie (lewa część rysunku, na którym zaznaczono dwie fale i ich złożenie), fale wzmacniają się, a w przypadku spotkania się fal o przeciwnej fazie – fale się wygaszają. Ilustrujemy to na poniższym rysunku.



Nakładanie się fal. Po lewej, interferencja fal zgodnych w fazie – sygnał się wzmacnia, po prawej – fale w fazie przeciwnej, sygnał jest wygaszany

To niezwykle prosta idea; „diabeł tkwi w szczegółach”. Aby to działało musimy mieć spójne światło, czyli wszystkie fale muszą mieć jednakową fazę. Takim światłem jest światło laserowe. Rozdzielamy je na dwie wiązki przez półprzepuszczalną płytkę (zielony odcinek na rys. poniżej) i kierujemy w dwa prostopadłe tunele zwane ramionami interferometru. Na końcach ramion znajdują się dwa zwierciadła. Odbite od ich powierzchni wiązki światła, biegnąc z powrotem, w pewnym miejscu się spotykają i nakładają na siebie, a sygnał będący wynikiem interferencji jest odbierany przez detektor (punkt O). Początkowo interferometr ustawia się tak, aby spotykające się wiązki światła uległy pewnemu wzmocnieniu. Jeśli przypadkiem jeden z tuneli nieco się skurczy lub rozciągnie, to zepsuje się dostrojenie i obraz interferencji ulegnie zmianie. Na ilustracji zwierciadła odbijające zaznaczono na niebiesko, a źródło światła laserowego – czerwoną gwiazdką. W przypadku 1 (rys. poniżej) obie wiązki światła wpadające do detektora są w zgodnej fazie. W przypadku 2 fala grawitacyjna (obszar zaznaczony kolorem żółtym) dotarła do interferometru, w rezultacie czego zmieniła się długość ramienia tunelu, i nakładające się wiązki światła laserowego nie są dokładnie w tej samej fazie, wobec tego w detektorze sygnał uległ zmianie.



Schemat detekcji
fal grawitacyjnych

(https://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_wave#/media/File:Gravitational_wave_observatory_principle.svg)



Detektor fal grawitacyjnych LIGO Livingston
(www.ligo.org)

Proste? Na taki sygnał setki fizyków cierpliwie czekały przeszło dziesięć lat. Ramiona detektora LIGO mają po 4 km długości. Wyobrażacie sobie precyzję wykonania próżniowych rur o tej długości? Majstersztyk sztuki inżynierskiej. Oczywiście nie była to tania inwestycja.



Północne ramię interferometru LIGO w Hanford

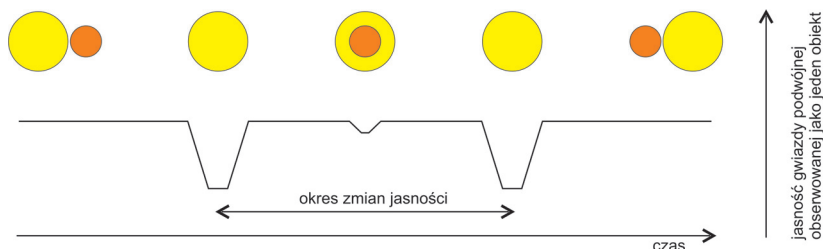
(https://en.wikipedia.org/wiki/LIGO#/media/File:Northern_leg_of_LIGO_interferometer_on_Hanford_Reservation.JPG)

14 września 2015 roku zarejestrowano sygnał, monitorując wiązki światła laserowego w detektorze LIGO w Livingston w USA. Po 6,9 ms odebrano sygnał w odległym o około 3000 km detektorze LIGO w Hanford. Udało się zaobserwować amplitudę deformacji rzędu 10^{-18} metra, czyli około 1/1000 wymiaru protonu.

Z.G-M

Gwiazdy zmienne zaćmieniowe

Niektóre z obserwowanych gwiazd wykazują zmiany jasności. Jedną z wielu przyczyn tego zjawiska może być fakt tworzenia przez nie układów podwójnych, w których dwie gwiazdy krążą wokół wspólnego środka masy, tak jak np. Ziemia i Księżyc. Okazuje się, że takich układów podwójnych jest bardzo dużo, szacuje się, że to przeszło połowa wszystkich obserwowanych gwiazd. Układy podwójne, w zależności od tworzących je obiektów, mogą mieć rozmaite okresy obiegu. Spotyka się takie o okresach od 2,5 dnia (Algol w gwiazdozborze Perseusza) do 27 lat (Syriusz w gwiazdozborze Alfa Centauri). Pomiarów okresów zmienności jasności gwiazd, będących układami podwójnymi, dostarczają ważnych informacji o ich wielkości, kształcie i masach. To właśnie okresowe zmiany jasności sugerują, iż gwiazda obserwowana jako pojedynczy obiekt to w rzeczywistości gwiazda podwójna. Zmiany jasności spowodowane są przesłanianiem się gwiazd. Kiedy gwiazdy krążą wokół wspólnego środka masy w płaszczyźnie promienia obserwacji, to zaćmienie nastąpi, gdy ułożą się one na jednej prostej z obserwatorem. Kiedy większa gwiazda przysłoni mniejszą, zmiana jasności jest bardziej znacząca, niż gdy mniejsza przysłoni większą.



Schematyczny rysunek ilustrujący zmiany jasności gwiazd podwójnych

Animacja przedstawiająca obiegające i zakrywające się gwiazdy oraz przebieg zmian jasności całego układu znajduje się pod adresem: https://pl.wikipedia.org/wiki/Gwiazda_zmienna_z%C4%87mieniowa#/media/File:Eclipsing_binary_star_animation_2.gif

Obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych wykonują nawet amatorzy. W internecie można znaleźć portale zawierające dokładne instrukcje przebiegu takich eksperymentów.

Do obserwacji wystarczą nawet niezbyt mocne lunety. Nie jest potrzebne też żadne urządzenie do pomiaru natężenia światła. Pomiaru dokonuje się przez porównywanie jasności z sąsiadującymi z gwiazdą zmienną gwiazdami o znanej jasności.

W czasach powojennych amatorzy mieli najczęściej do dyspozycji zegarki z NRD marki Ruhla. Nie osiągały one wyżyn precyzji. Należało ich wskazania uzgadniać z sygnałem czasu nadawanym codziennie o godzinie 12.00 z najbliższego obserwatorium astronomicznego. W porównaniu ze współczesnością obserwatorzy mieli znacznie ciemniejsze niebo, „niezaśmieczone” światłami miast. Krakowscy Miłośnicy Astronomii (grupa studentów z UJ) z Maciejem Mazurem organizowali we wczesnych latach sześćdziesiątych wyjazdy obserwacyjne na Turbacz. Lunety były transportowane na furach przez górali, a kożuchów do nocnych obserwacji użyczali im tramwajarze. Efektem turnusu obserwacyjnego były publikowane tak zwane efemerydy, czyli przewidywania jasności gwiazd.

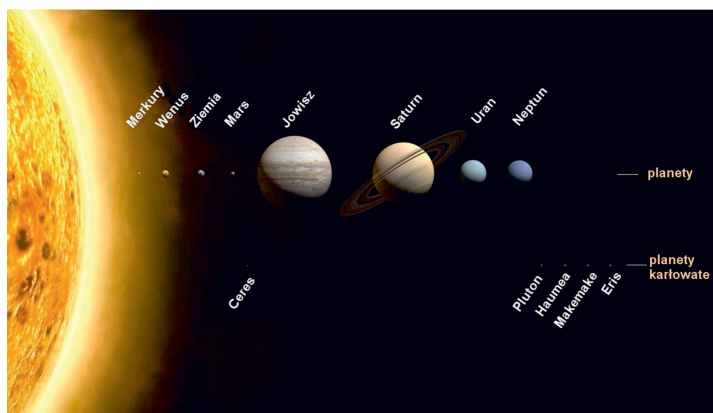
Obecnie wszyscy mogą mieć poprzez łącza satelitarne dostęp do olbrzymich teleskopów z odległych obserwatoriów. Techniki pomiarów jasności są tak doskonałe, że pozwalają zmierzyć zmianę jasności gwiazdy, także gdy przesłania ją planeta. Jest to jeden ze sposobów odkrywania pozagalaktycznych planet.

W internecie znajduje się bardzo bogata literatura dotycząca gwiazd zmiennych zaćmieniowych oraz szczegółowe wskazówki ich obserwacji dla amatorów.

- www.as.up.krakow.pl/gzz/index.php?lang=pl
- <http://byk.oa.uj.edu.pl/~nkxa/pliki/zmienne.pdf>
- www.pl.euhou.net/index.php/wiczenia-mainmenu-13/droga-mleczna-mainmenu-142/113-wyznaczanie-chwili-minimum-jasnoci-gwiazd-zmiennych
- www.urania.edu.pl/urania/u5_1972-a3.html

Egzoplanety

Ziemia jest jedną z planet Układu Słonecznego. Oprócz Ziemi wokół Słońca krąży jeszcze siedem planet (Merkury, Wenus, Mars, Jowisz, Saturn, Uran i Neptun) oraz wiele innych obiektów, spośród których wyróżnia się obecnie pięć tzw. planet karłowatych (Ceres, Pluton, Haumea, Makemake i Eris).



Rys. 1. Układ Słoneczny (commons.wikimedia.org)

W połowie XX wieku spekulowanie na temat istnienia planet wokół gwiazd innych niż Słońce, tzw. *planet pozasłonecznych* lub *egzoplanet*, było wyłącz- nie domeną pisarzy *science-fiction*. W 1980 roku amerykański astronom Carl Sagan w trakcie wykładu dla młodzieży zapowiedział, że w ciągu nadchodzą- cych trzydziestu lat naukowcy będą w stanie stwierdzić, czy najbliższe gwiazdy posiadają planety. Zaledwie osiem lat później odkryto pierwszą egzoplanetę, Tadmor, krążącą wokół Alrai w gwiazdozborze Cefeusza.

Dlaczego tak trudno zaobserwować egzoplanetę?

Poszukiwanie planet pozasłonecznych nie jest łatwe. Przede wszystkim sąsied- nie układy planetarne są położone bardzo daleko od Ziemi. Najbliższy taki układ, wokół Alpha Centauri B, znajduje się w odległości 4,37 lat świetlnych, czyli około $40 \cdot 10^{12}$ km (40 bilionów km) od nas.

Rok świetlny

Rok świetlny jest jednostką długości, a nie czasu, jak sugerowałaby nazwa. Odpowiada on odległości, jaką przebywa światło w czasie jednego roku. Jeden rok świetlny to około $9,5 \cdot 10^{12}$ km (9,5 biliona km).

Dodatkowo, w przeciwieństwie do gwiazd, planety nie emitują światła. Odbijają jedynie światło gwiazdy, wokół której krążą. Są więc od niej dużo ciemniejsze. Żeby uzmysłwić sobie skalę problemu, z jakim borykają się po- szukiwacze planet pozasłonecznych, obserwację egzoplanety w najbliższym układzie planetarnym można porównać np. do oglądania cmy krążącej wokół

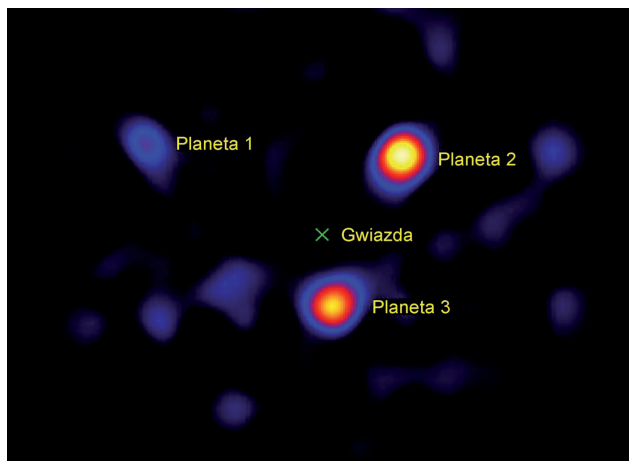
lampy w Egipcie z... okolic koła podbiegunowego w północnej Norwegii. Z tego powodu bezpośrednia obserwacja egzoplanet jest możliwa jedynie w bar-



Rys. 2. Zdjęcie Słońca wykonane przy użyciu koronografu (commons.wikimedia.org)

dzo szczególnych warunkach. Ponieważ głównym problemem jest w tym wypadku dominujący blask gwiazdy, można go wyeliminować montując na teleskopie specjalny przyrząd, zwany koronografem. W najprostszej wersji może mieć on kształt zwykłej przesłony, lecz w profesjonalnych koronografach wykorzystuje się skomplikowane zestawy soczewek lub masek, pozwalających na uniknięcie zniekształceń obrazu.

Jeśli planeta jest duża, znajduje się stosunkowo daleko od gwiazdy i odbija dużo światła, to teleskop wyposażony w koronograf umożliwia wykonanie obrazu planety. W ten sposób udało się bezpośrednio sfotografować trzy planety krążące wokół gwiazdy HR8799.

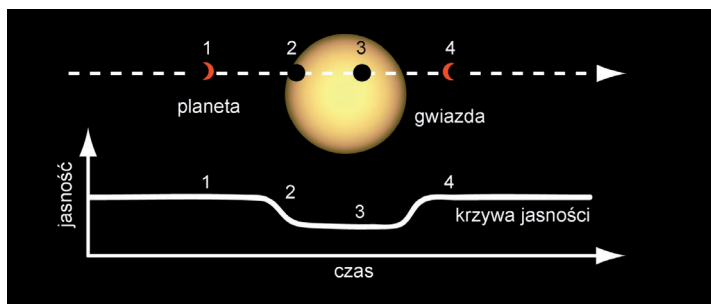


Rys. 3. Obraz trzech planet krążących wokół gwiazdy HR8799. Pozycję gwiazdy, której światło zostało odcięte przy użyciu koronografu, zaznaczono zielonym krzyżykiem (commons.wikimedia.org)

Skoro bezpośrednie obserwacje planet są bardzo trudne, to czy możliwe jest zaobserwowanie jakichś zjawisk pozwalających podejrzewać obecność planet wokół badanych gwiazd? Okazuje się, że istnieje wiele metod opartych na obserwacji światła docierającego z gwiazd, dzięki którym można wykazać istnienie towarzyszących im egzoplanet. Porównanie wyników różnych pośrednich metod, opisanych poniżej, pozwoliło jak dotąd (marzec 2016) na potwierdzenie istnienia około 2000 egzoplanet.

Metoda tranzytowa

Wyobraźmy sobie planetę krążącą wokół odległej gwiazdy. Jeśli kierunek, pod jakim obserwujemy gwiazdę jest odpowiedni, to w regularnych odstępach czasu planeta będzie przecinać linię obserwacji, przesłaniając nieco znajdującą się za nią gwiazdę i zmniejszając w niewielkim stopniu jej jasność. Obserwacja regularnego przyciemnienia światła gwiazdy pozwala więc wnioskować o istnieniu krążącej wokół niej planety.



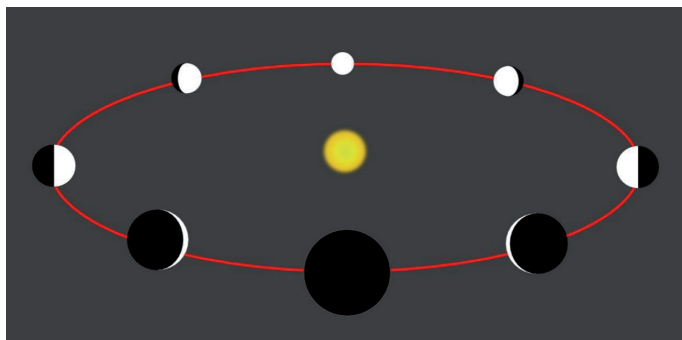
Rys. 4. Metoda tranzytowa. Obserwacja zmian jasności gwiazdy pozwala na detekcję planety przesuwającej się przed jej tarczą (commons.wikimedia.org)

Jeśli dodatkowo znana jest średnica gwiazdy oraz promień orbity, na której znajduje się planeta, to ze stopnia przyciemnienia światła gwiazdy można z grubsza oszacować wielkość planety.

Stosowanie metody tranzytowej możliwe jest tylko wówczas, gdy planeta przecina linię obserwacji gwiazdy. Uniemożliwia to jej wykorzystanie w przypadku, gdy orbita planety jest znacznie nachylona w stosunku do kierunku obserwacji. Dodatkowo, jeśli planeta jest niewielka lub krąży w dużej odległości od gwiazdy, zmiany jasności mogą być niedostrzegalne. Z tego powodu metoda ta nadaje się do detekcji stosunkowo dużych egzoplanet krążących blisko gwiazdy.

Fotometria światła emitowanego i odbitego

W czasie ruchu planety wokół gwiazdy ilość odbitego od planety światła zmienia się cyklicznie. Dzięki temu możemy obserwować fazy planet, podobne do faz Księżyca.



Rys. 5. Fazy planety krążącej wokół gwiazdy (commons.wikimedia.org)

Ze względu na olbrzymie odległości dzielące nas od sąsiednich układów planetarnych nie jesteśmy w stanie zaobserwować bezpośrednio poszczególnych faz planet. Przyrządy rejestrujące światło docierające z odległego układu planetarnego mierzą jedynie sumę światła emitowanego przez gwiazdę oraz odbitego przez krążącą wokół niej planetę. Jeśli jednak planeta jest wystarczająco duża i krąży w niewielkiej odległości od gwiazdy, to regularne zmiany jasności są wystarczająco duże, żeby móc je zaobserwować. Dzięki tej metodzie można wykryć planety, których orbita nie przecina linii obserwacji gwiazdy.

Efekt Dopplera

Powszechnie przedstawiany model Układu Słonecznego zakłada, że planety poruszają się wokół nieruchomego Słońca. W rzeczywistości sytuacja jest nieco bardziej skomplikowana. Ze względu na przyciąganie grawitacyjne planet, położenie Słońca ulega ciągłym zmianom. Siła przyciągania grawitacyjnego zależy od mas oddziałujących ciał niebieskich oraz odległości pomiędzy ich środkami mas.

Siła przyciągania grawitacyjnego

Wartość siły przyciągania grawitacyjnego działającego pomiędzy dwiema jednorodnymi kulami jest wprost proporcjonalna do iloczynu mas oddziałujących kul i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości pomiędzy ich środkami.

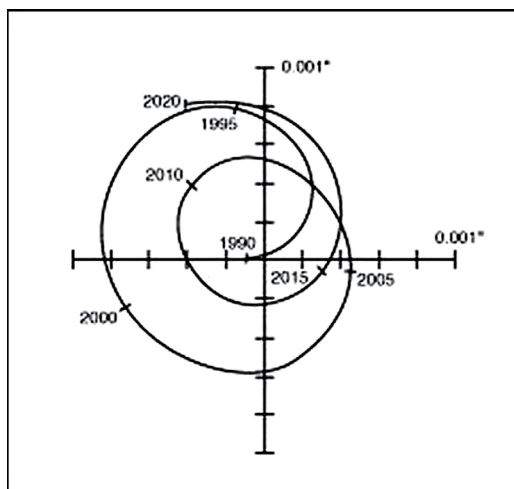
$$F_G = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

m_1, m_2 – masy oddziałujących kul

r – odległość pomiędzy środkami kul

G – stała grawitacji, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

W przypadku Układu Słonecznego największy wpływ na położenie Słońca ma Jowisz, gdyż ze wszystkich planet naszego układu ma on największą masę.

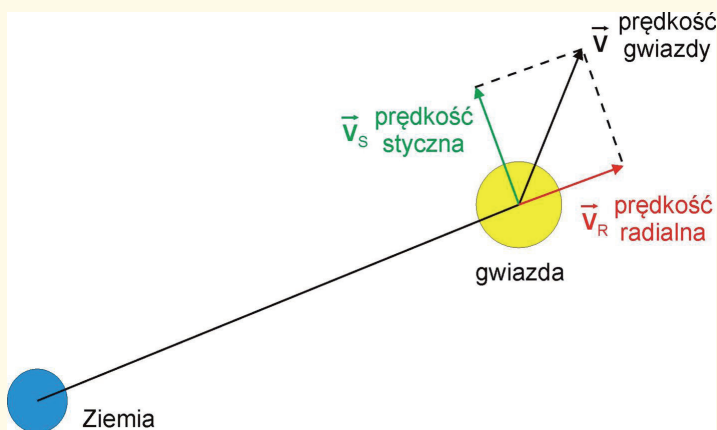


Rys. 6. Symulacja zmian położenia Słońca pod wpływem przyciągania Jowisza (przesunięcie astrometryczne w stopniach). Na różnych punktach krzywej zaznaczono wybrane lata (<http://planetquest.jpl.nasa.gov/page/methods>)

Jeśli założyć dla uproszczenia, że w badanym układzie planetarnym znajduje się pojedyncza egzoplaneta, to bardzo dokładne pomiary zmian położenia gwiazdy pozwalają naukowcom oszacować masę znajdującą się w układzie egzoplanety oraz wyznaczyć jej przybliżoną orbitę. Może się wydawać, że takie badanie niewielkich ruchów gwiazdy, która znajduje się bardzo daleko od nas, jest niesłychanie trudne. Astronomowie dysponują jednak bardzo dokładnym narzędziem pozwalającym mierzyć tzw. prędkość radialną dowolnej gwiazdy.

Prędkość radialna

Prędkość radialna to składowa prędkości ciała mierzona wzdłuż kierunku od obserwatora do poruszającego się ciała.



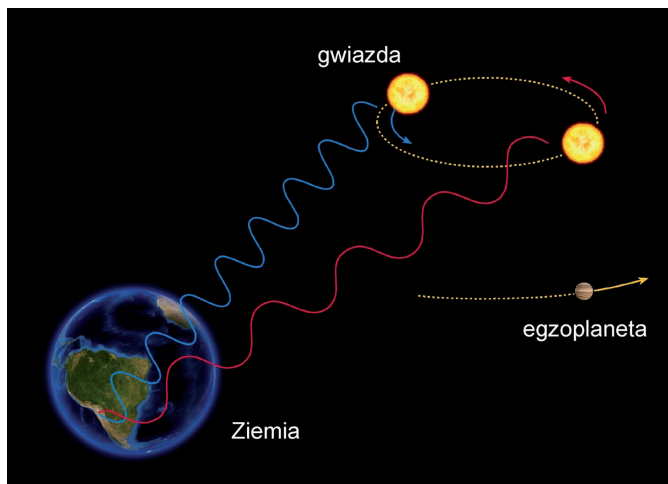
Rys. 7. Schemat rozkładu prędkości gwiazdy (opracowanie własne)

Metoda ta wykorzystuje efekt Dopplera, czyli zmianę częstotliwości rejestrowanych fal, wynikającą z ruchu źródła fal (dźwiękowych, elektromagnetycznych) lub obserwatora. Efekt ten często możemy zauważyć w życiu codziennym. Dźwięk syreny karetki pogotowia słyszymy jako wyższy, gdy karetka zbliża się do nas, a niższy – gdy karetka się oddala. Wysokość dźwięku jest związana z częstotliwością fali. Im większa jest częstotliwość, tym wyższy jest dźwięk. Tak więc częstotliwość zbliżającego się źródła fali wydaje się nam większa, a oddalającego się mniejsza niż częstotliwość emitowana przez źródło w spoczynku. W przypadku obserwacji światła, zmiana częstotliwości odpowiada zmianie koloru.



Rys. 8. Widmo światła widzialnego (opracowanie własne)

Jeśli gwiazda porusza się w kierunku Ziemi, to obserwowana przez nas częstotliwość światła jest większa, co oznacza, że jej kolor przesunięty jest w kierunku fioletu. Natomiast światło rejestrowane podczas oddalania się gwiazdy ulega przesunięciu w kierunku niższych częstotliwości, co odpowiada przesunięciu w kierunku czerwieni.

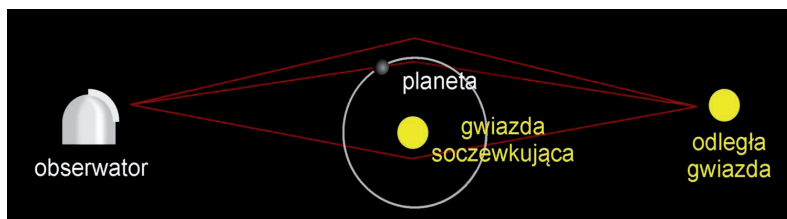


Rys. 9. Efekt Dopplera dla światła gwiazdy na przemian oddalającej się i zbliżającej do obserwatora znajdującego się na Ziemi (commons.wikimedia.org)

Przesunięcie częstotliwości zależy od prędkości radialnej gwiazdy. Na podstawie pomiarów obserwowanej częstotliwości światła można w ten sposób wyznaczyć prędkość ruchu gwiazdy. Jeśli więc podejrzewa się, że ruch ten wywołany jest obecnością planety, obserwacje takie pozwalają na określenie jej masy. Metoda ta sprawdza się w przypadku stosunkowo dużych planet, ponieważ wpływają one znacząco na ruch gwiazdy.

Mikrosoczewkowanie grawitacyjne

Zgodnie z przewidywaniami Ogólnej Teorii Względności światło porusza się po linii prostej tylko w całkowicie pustej przestrzeni. Promień światła ulega natomiast zakrzywieniu w pobliżu obiektów o dużej masie, takich jak gwiazdy. Efekt ten nosi nazwę mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Wyobraźmy sobie gwiazdę (tzw. gwiazdę soczewkującą) znajdującą się na linii pomiędzy Ziemią i inną, dalej położoną gwiazdą.



Rys. 10. Soczewkowanie mikrograwitacyjne (commons.wikimedia.org)

Światło wysyłane przez odległą gwiazdę ulega zakrzywieniu w pobliżu gwiazdy soczewkującej. Powoduje to skupienie światła wysyłanego przez odległą gwiazdę i zwiększenie jej jasności. Jeśli gwiazda soczewkująca posiada krążącą wokół niej planetę, to może ona w niewielki, ale wykrywalny sposób zaburzyć efekt soczewkowania. Aby to nastąpiło, konieczne jest jednak bardzo szczególne położenie planety. Dlatego ta metoda poszukiwania egzoplanet wymaga ciągłej obserwacji dużego fragmentu nieba w oczekiwaniu na odpowiednią konfigurację planety oraz obydwu gwiazd. Pierwsze planety pozasłoneczne wykryte tą metodą zostały zaobserwowane w ramach polskiego projektu OGLE.

Przyszłość poszukiwań egzoplanet

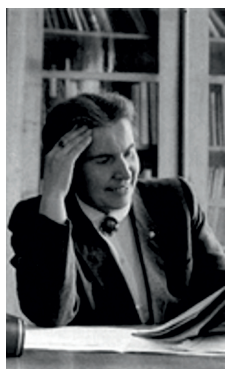
Liczba odkrywanych każdego roku egzoplanet rośnie bardzo szybko. Do tej pory zorganizowano dwie misje kosmiczne poświęcone poszukiwaniom planet pozasłonecznych (COROT i Teleskop Kosmiczny Kepler), a kilka kolejnych jest w fazie planów. Badaczom zależy na zebraniu jak największej ilości informacji o nowo odkrytych planetach, a szczególnie o panujących na ich powierzchniach warunkach. Może jedna z nich jest miejscem, gdzie rozwija się życie podobne do tego na Ziemi? Gwałtowny rozwój wspomnianej gałęzi astronomii w ostatnich latach pozwala przypuszczać, że odkrycia w tej dziedzinie mogą jeszcze przynieść wiele niespodzianek.

KC

Redakcja poleca:

Jet Propulsion Laboratory <http://planetquest.jpl.nasa.gov/>

Astronomka Rozalia Szafraniec (1910–2001)



Biogramem astronomki Rozalii Szafraniec rozpoczynamy serię opowieści o uczonych matematyczkach, astronomkach i fizyczkach, waszych prababciach, które działały w XX wieku. Niby działo się to niezbyt dawno, ale jednak były to zupełnie inne czasy. Nauka zdążyła poczynić kolosalne postępy, zmieniły się dostępne uczonym narzędzia, zmienił się styl uprawiania nauki.

Uczone, których sylwetki będziemy wam przedstawiać, urodziły się jeszcze w Polsce rozbiorowej. W tamtych czasach na wydziałach nauk ścisłych uniwersytetów studiowało bardzo mało kobiet. Wyróżniała się tu nieco astronomia, która miała widocznie największą spośród przedmiotów ścisłych siłę atrakcji. Po I wojnie światowej nastały czasy, w których dziewczęta po prostu mogły obrać astronomię za kierunek studiów. Wcześniej w historii nauki zapisano parę kobiet astronomek, lecz były one córkami, bądź żonami lub siostrami astronomów. Na losach omawianych uczonych kobiet zaważyła nasza tragiczna historia XX wieku, odzyskanie niepodległości w 1918 roku, II wojna światowa i okupacja niemiecka oraz trudne czasy komunistyczne po wojnie.

Rozalia Szafranec urodziła się w 1910 roku w bardzo starej wsi Siekierno na Kielecczyźnie. Jej mama, chłopka, owdowiała z gromadką siedmiorga dzieci, gdy Rozalia miała 3 lata. Heroicznie sama prowadziła gospodarstwo i wychowywała dzieci, starając się dać im wykształcenie. Oprócz Rozalii studia wyższe ukończył także jej brat.

Rozalia uczęszczała do dobrej szkoły, jak to wtedy nazywano, ludowej. Jej talenty i zainteresowania zostały docenione nie tylko w szkole, ale również przez zaprzyjaźnionych letników, spędzających wakacje w Siekiernie. Dzięki nim mogła uczęszczać do Państwowego Gimnazjum im. bł. Kingi w Kielcach. Była to doskonała szkoła, w której nie tylko świetnie uczono, ale też starannie wychowywano dziewczęta. Rozalia była w historii swojej wsi Siekierno pierwszą maturzystką. Zapewne już w szkole złapała bakcyła matematyki, ponieważ, pomimo iż pochodziła z ubogiej rodziny, podjęła na Uniwersytecie Warszawskim studia matematyki, a nie jakiegoś bardziej praktycznego kierunku. W 1934 roku uzyskała magisterium po obronieniu pracy u słynnego profesora matematyki Wacława Sierpińskiego. W 1936 roku ukończyła roczny kurs nauczycielski w Studium Pedagogicznym, następnie odbyła praktykę w prywatnym Gimnazjum pani Gepnerówny i od września 1936 roku rozpoczęła pracę w Państwowym Gimnazjum i Liceum w Mysłowicach. Planowała dla siebie karierę nauczycielską, los jednak zdecydował inaczej. W 1934 roku słynny astronom Tadeusz Banachiewicz poszukiwał asystenta-obszernika do Stacji Obserwatorium Astronomicznego UJ na górze Lubomir¹ koło



Nowe obserwatorium na Lubomirze
(fot. J. Kruk, www.up.krakow.pl/kon-spekt/34/index.php?i=018)



Rozalia Szafranec
na Lubomirze
(www.up.krakow.pl/kon-spekt/34/index.php?i=018)

Myślenic w Małopolsce. Na obserwacjach astronomicznych spędziła rok, by następnie zająć się pracą dydaktyczną. Po wybuchu wojny wróciła do Siekierny i jak wiele osób z jej pokolenia, wychowana w duchu patriotycznym, włączyła się w konspirację. W podziemiu działała przez całą okupację. Była komendantką gminy Bodzentyn w Wojskowej Służbie Kobiet. Używała pseudonimów „Ażur” i „Żor”. Oficjalnie była gminną agronomką. W lipcu 1943 roku, na 7 tygodni przed planowanym ślubem, zginął tragicznie jej narzeczony, spalony żywcem przez okupantów w czasie akcji pacyfikacyjnej wsi Michniów.

Jak wiemy, czasy powojenne nie były łaskawe dla byłych członków Armii Krajowej (AK). Wprawdzie udało jej się uniknąć aresztowania, jednak bohater-ski rozdział życia Rozalii Szafranec został doceniony dopiero wiele lat później. W 1979 roku przyznano jej w Londynie Krzyż Armii Krajowej, a w 1981 roku na Jasnej Górze Honorową Odznakę Żołnierza Armii

¹ Na górze Lubomir znajduje się obecnie obserwatorium, które można zwiedzać. Zachęcamy!

Krajowej Korpusu „Jodła”. Rozalia Szafraniec bezpośrednio po wojnie uczyła przez kilka miesięcy matematyki w Gimnazjum w Bodzentynie, a następnie



przez dwa lata (1945–1947) w Państwowym Gimnazjum i Liceum im. bł. Kingi w Kielcach, gdzie kiedyś zdawała maturę. Liceum to zlikwidowano w 1947 roku. Rozpoczął się wtedy w Polsce okres zamykania katolickich szkół (i nie tylko takich) oraz zwalniania nauczycieli „nieprawomyślnych”. Nowa władza chciała mieć w szkołach swoich ludzi. We wrześniu 1947 roku Rozalia Szafraniec przeniosła się do Krakowa, gdzie znowu znalazła pracę w Obserwatorium Astronomicznym UJ. Z zapałem zabrała się do pracy i w trzy lata obroniła pracę doktorską. Jako obserwatorka szybko zasłużyła sobie

na najwyższe uznanie profesora Banachiewicza, w którego zespole panowały stare „feudalne” stosunki. Jak głosi legenda, profesor Banachiewicz był przeciwny zamążpójściu Rozalii. Rozalia równolegle uczyła matematyki w ówczesnym III Państwowym Liceum i Gimnazjum (obecnie II LO) im. Króla Jana Sobieskiego w Krakowie. Od stycznia 1951 roku aż do przejścia na emeryturę w 1973, pozostawała w Obserwatorium na stanowisku adiunkta.

Wybitna obserwatorka, z ogromnym dorobkiem i autorytetem naukowym, nie zrobiła habilitacji i nie została profesorem. Nie była jedyną, którą ówczesne władze karały za brak serwilizmu i za AK-owską przeszłość. Blokowanie awansu, a co gorsza uniemożliwienie wyjazdu na badania naukowe do Filadelfii, to sprawa ówczesnego, po odejściu profesora Banachiewicza, kierownika Obserwatorium. Współczesnym czytelnikom może się to wydawać absurdalne, że bywało tak, iż władze UJ utrudniały rozwój naukowy swoich pracowników. Dla Rozalii Szafraniec była to dotkliwa kara, ponieważ bardzo lubiła podróżować. W miarę ówczesnych możliwości podróżowała prywatnie, jak i wykorzystywała wyjazdy na konferencje i kongresy naukowe; była cenioną uczoną, członkinią Międzynarodowej Unii Astronomicznej, zapraszana na ważne wydarzenia naukowe.

W latach powojennych w Krakowie nazywano ją *Rosa Volans* (Latająca Róża), ponieważ Rozalia była szybowniczką, zarówno przed, jak i po wojnie.

Astronom Jan Mietelski pisał: „Główną domeną działalności naukowej Rozalii Szafraniec były obserwacje wizualne gwiazd zmiennych zaćmieniowych i ich opracowania. W latach sześćdziesiątych została światową rekordzistką ze swymi prawie 50 tysiącami obserwacji tego rodzaju; oprócz wizualnych prowadziła także obserwacje fotoelektryczne. Odkryła dwie nowe gwiazdy zmiennie. Wykonywała fotograficzne obserwacje pozycyjne komet i planetoid; fotografowała także Księżyc, by z pomiarów długości cieni jego gór wyznaczać parametry libracji; nie zaniedbywała nawet obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyc, których ma na swym koncie prawie 400. W latach 1957–1966 obserwowała skrupulatnie przeloty sztucznych satelitów Ziemi, sporadycznie notowała także przeloty meteorów i zorze polarne. Była tak sumiennym naukowcem, iż w czasie zimowych obserwacji od lodowatego okularu lunety odmroziła sobie twarz w okolicach oczodołów. Mimo to nie zrezygnowała z badań, tylko wykonała sobie na drutach dla ochrony twarzy specjalną kominiarkę, z otworami jedynie na oczy. Z tytułu wieloletniego nadawania radiowych sygnałów czasu (wasi rodzice pamiętają zapewne sygnał czasu nadawany codziennie z Krakowa o godzinie 12.00!) otrzymała Honorową Odznakę Komitetu ds. Radia i Telewizji. W Szwajcarii w Metzerlen istnieje obserwatorium jej imienia, dedykowane badaniu gwiazd zmiennych.

Z.G-M

Edukacyjna Fundacja im. Profesora Romana Czerneckiego

W życiorysie astronomki Rozalii Szafraniec są dwa charakterystyczne punkty. Choć pochodziła z biednej chłopskiej wielodzietnej rodziny, udało jej się w międzywojennej Polsce ukończyć gimnazjum, a następnie studia wyższe. Polska była wtedy bardzo biednym krajem, a mimo to procent młodzieży wiejskiej na przykład na Uniwersytecie Jagiellońskim, był wyższy niż w czasach PRL. Drugim charakterystycznym punktem w życiu Rozalii był jej udział w działalności Polski Podziemnej w czasie niemieckiej okupacji.

Z tymi dwoma faktami wiąże się Edukacyjna Fundacja im. Profesora Romana Czerneckiego (EFC). Została założona, aby wspierać bardzo zdolnych gimnazjalistów – o średniej ocen powyżej 4,5 – zamieszkających w miejscowościach do 5000 mieszkańców i o dochodzie na osobę w rodzinie poniżej 900 złotych miesięcznie. Fundacja finansuje stypendystom trzy lata nauki w czołowych polskich liceach. Dokładniej, Fundacja pokrywa koszty zakwaterowania we współpracujących z nią bursach, koszty obiadów, podręczników, nauki języków, weekendowych pobytów w domach rodzinnych, wyjazdów wakacyjnych i innych spotkań, a także – w uzasadnionych przypadkach – rozwijania indywidualnych zainteresowań. W chwili obecnej Fundacja EFC realizuje dwa programy edukacyjne: „Marzenie o Nauce” i „Wymarzone Studia”. Corocznie przyznawanych jest około 80 stypendiów, co oznacza 240 stypendystów EFC jednocześnie.

Budżet Fundacji, który rocznie wynosi ponad 4 miliony złotych, pochodzi z odsetek od kapitału przeznaczonego na ten cel przez biznesmena Andrzeja Czerneckiego, absolwenta Wydziału Fizyki na Uniwersytecie Warszawskim. Fundator postanowił nazwać Fundację imieniem swojego ojca, profesora Romana Czerneckiego (1904–1986), niezwykle człowieka, znakomitego organizatora, pedagoga i wychowawcy młodzieży.

Roman Czernecki przed II wojną światową był nauczycielem w słynnym Liceum Krzemienieckim, a następnie w liceach w Borystawiu i Kielcach. W czasie wojny mieszkał z rodziną w posiadłości krewnych w Słupi Jędrzejowskiej na Kielecczyźnie, gdzie już w 1939 roku zorganizował tajne nauczanie na poziomie szkoły średniej. Początkowo uczestniczyły w nim tylko dzieci z dworu, ale szybko nauczanie objęło też dzieci chłopskie. W 1942 roku było już 327 uczniów kształcących się w oddziałach w dziesięciu miejscowościach, a pod koniec wojny – 934 uczniów w 36 miejscach nauczania, w tym ponad stu studentów tajnej filii UJ, którą Roman Czernecki stworzył w 1943 roku dla swoich maturzystów. Szkoła miała uprawnienia państwowe nadane przez władze Polski Podziemnej. Posyłano do niej dzieci mimo grożącego niebezpieczeństwa, a miejscowa ludność oraz oddziały partyzanckie AK, BCh i AL zgodnie starały się szkołę chronić. Straty wśród nauczycieli i uczniów były zadziwiająco małe, jak na tak duże przedsięwzięcie.

Więcej: Agnieszka i Kacper Zalewscy, PAU-za, Nr 305 (http://pauza.krakow.pl/305_2&3_2015.pdf).

Zachęcamy ambitnych uczniów do zainteresowania się Fundacją i ubiegania się o jej stypendia.

<https://www.efc.edu.pl>

Zadania

XIV Olimpiada Fizyczna 1964/65, Czesław Ścisłowski, Warszawa

Zadanie 1

Tę samą ilość wody ogrzewano od ustalonej temperatury do wrzenia, stosując nurkową grzałkę elektryczną. Przy napięciu 120 V wrzenie nastąpiło po 20 minutach. Natomiast przy napięciu 110 V – po 28 minutach. Po jakim czasie nastąpi wrzenie wody przy napięciu 100 V.

Dla uproszczenia zakładamy, że średnie straty ciepła przypadające na 1 sekundę są jednakowe we wszystkich trzech przypadkach.

Rozwiązanie

Do ogrzania tej samej ilości wody od ustalonej temperatury do wrzenia należy w każdym przypadku dostarczyć taką samą ilość ciepła. Oznaczmy ją przez Q . Jeżeli przez k oznaczmy stratę ciepła przez wodę w ciągu sekundy, możemy napisać następujące zależności:

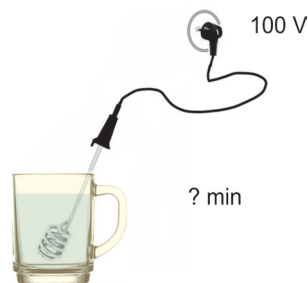
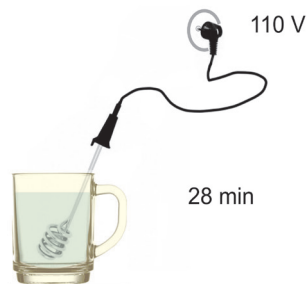
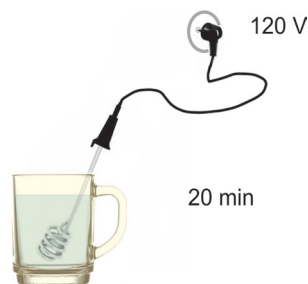
$$Q = 0,24 \frac{U_1^2}{R} t_1 - k t_1$$

$$Q = 0,24 \frac{U_2^2}{R} t_2 - k t_2$$

$$Q = 0,24 \frac{U_3^2}{R} t_3 - k t_3$$

gdzie U_1, U_2, U_3 napięcia 120 V, 110 V, 100 V zaś t_1, t_2, t_3 , odpowiednie czasy. Przez R oznaczono opór grzałki.

Zestawiając odpowiednie równania i rozwiązując je otrzymamy dla t_3 wartość 44 minuty.



Zadanie 2

Dlaczego otwarte okna domów w świetle dziennym, oglądane z ulicy, wydają się czarne, niezależnie od barwy ścian?

Rozwiązanie

Promień świetlny wpadający do pokoju ulega wielokrotnym odbiciom i pochłanianiu. Zatem tylko bardzo mała część energii świetlnej promienia wyjdzie na zewnątrz przez okno. Dlatego wewnątrz pokoju wydaje się ciemne bez względu na barwę ścian.



Doświadczenia Konkurs Światlik 2016

1. Dlaczego Ziemia jest spłaszczona?

Globus, będący modelem Ziemi, ma kształt kuli. Jednak Ziemia oglądana np. z pokładu stacji kosmicznej tak naprawdę nie jest idealną kulą – widać jej spłaszczenie na biegunach i wybrzuszanie w okolicach **równika** (patrz – rysunek). Jest to wynikiem działania siły odśrodkowej oraz pewnej elastyczności materiału, z którego składa się nasz glob. Siła odśrodkowa wpływa na wszystkie fragmenty obracającej się Ziemi. Jej wartość jest największa na równiku i maleje do zera w miarę zbliżania się do biegunów.



Spłaszczenie naszej planety nie jest duże – odległość od środka Ziemi do każdego z biegunów jest tylko o około 21 km mniejsza od odległości od środka Ziemi do miejsc leżących na równiku (zauważ, że średni promień Ziemi wynosi ok. 6378 km). Gdyby Ziemia obracała się szybciej niż obecnie, byłaby jeszcze bardziej spłaszczona.

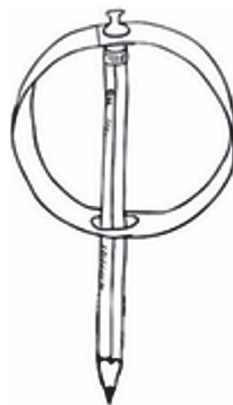
Poniższe doświadczenie modelowo przedstawia mechanizm odpowiedzialny za spłaszczenie Ziemi na biegunach.

Przygotuj:

Kartkę papieru formatu A4, ołówek z gumką do mazania, nożyczki, linijkę, pinezkę (ewentualnie cyrkiel).

Zadanie:

1. Wzdłuż długiego boku kartki A4 wytnij pasek papieru o szerokości 2 cm.
2. W połowie paska wytnij okrągły otwór o średnicy ok. 1 cm.
3. Pasek papieru zwiń w okrąg tak, aby końce paska nachodziły na siebie.
4. Pinezką przebij złożone końce paska. Pinezkę zostaw wpiętą w pasek.
5. Przez otwór w pasku przełóż ołówek, tak jak na rysunku. **Uwaga:** otwór musi być większy od ołówka. Jeśli jest za mały, należy go powiększyć.
6. Pinezkę wbij do gumki znajdującej się na końcu ołówka i mocno dociśnij.
7. Wyrównaj pasek papieru tak, aby miał kształt okręgu.



Eksperyment:

1. Ustawiony pionowo ołówek z paskiem weź pomiędzy złożone dłonie.
2. Poruszaj dłońmi szybko, tak jakbyś ocierał jedną dłoń o drugą. Ołówek powinien się szybko obracać.
3. Obserwuj kształt paska papieru podczas obracania ołówka.

Obserwacja:

1. Czy podczas obracania ołówka zmienia się kształt paska papieru?
2. Czy okrąg z papieru spłaszcza się, czy się wydłuża wzdłuż ołówka?
3. Czy kształt pętli z papieru zależy od tego, jak szybko obracasz ołówek?

Komentarz:

Gdy podczas wykonywania tego eksperymentu ołówek jest obracany powoli, to pasek papieru ma kształt zbliżony do koła. Można powiedzieć, że wirujący pasek tworzy w przestrzeni kształt zbliżony do kuli. Z kolei w czasie szybkiego obracania ołówka, pasek tworzy w przestrzeni kształt, niebędący już kulą idealną, lecz nieco spłaszczoną u góry i na dole. Im szybciej obraca się ołówek, a wraz z nim pasek papieru, tym spłaszczenie jest bardziej wyraźne. Siła, która powoduje takie zachowanie, nazywana jest **siłą odśrodkową**. Siła odśrodkowa zwrócona jest zawsze w stronę **od osi obrotu** (czyli w tym przypadku – od ołówka, na zewnątrz) i stara się oddalić przedmiot (w naszym doświadczeniu są to fragmenty paska papieru) od osi obrotu. Oś obrotu to linia, wokół której obraca się przedmiot, np. planeta.

WZ

2. Gwiżdżące balony

Jeśli w twoim otoczeniu jakiś przedmiot drga, to wytwarza dźwięk, gdyż drgając porusza wokół siebie powietrze, tworząc w nim **falę akustyczną**. Twoje ucho odbiera docierające do niego fale akustyczne jako dźwięk. Dlaczego nie słyszysz więc wszystkiego wkoło? Czasem dźwięki są tak ciche, że jest to po prostu niemożliwe. Ponadto człowiek słyszy fale akustyczne tylko o pewnych częstotliwościach, zawartych w zakresie 20–20 000 Hz (herców). Bardzo niskie dźwięki, czyli takie o niskiej częstotliwości, które już nie są słyszalne dla człowieka, nazywamy **infradźwiękami**. Usłyszeć je mogą niektóre zwierzęta, np. słonie czy wieloryby. Z kolei dźwięki o bardzo wysokiej częstotliwości, których człowiek również nie jest w stanie usłyszeć, to **ultradźwięki**. Niektóre zwierzęta, takie jak pies albo nietoperz, mogą je jednak słyszeć. Nietoperz na przykład wykorzystuje je do **echolokacji**, czyli określania położenia przedmiotów i orientacji przestrzennej za pomocą dźwięku.

W instrumentach muzycznych dźwięk wytwarza np. drgająca struna. Jednak drgania od samej struny są słabo słyszalne. Dlatego w instrumentach montuje się tzw. **pudła rezonansowe**, które wzmacniają wytworzony przez strunę dźwięk. Fala akustyczna wpadająca do pudła rezonansowego odbija się w nim wiele razy i wzmacnia się. Dzięki temu dźwięk jest głośniejszy. Gdy przyjrzymy się instrumentom takim jak gitara czy kontrabas, zobaczysz, że prawie cały instrument to właśnie pudło rezonansowe.

Każdy instrument strunowy ma kilka strun różnych długości lub grubości. Im struna jest dłuższa lub grubsza tym drga wolniej, mówimy, że wytwarza dźwięk o **niższej częstotliwości**. Są to tzw. dźwięki niskie, czyli bardziej buczące. Im struna jest cieńsza i krótsza, tym szybciej może drgać, wytwarzając dźwięki o **wyższej częstotliwości**. Są to dźwięki wysokie, które słyszysz jako piskliwe. Mężczyźni mówią zazwyczaj głosem niższym niż kobiety, a kobiety głosem niższym niż dzieci.

Przygotuj:

Cztery balony o podobnych rozmiarach, monety o nominałach 2 zł i 20 gr, zwykłą metalową nakrętkę sześciokątną na śrubę (jak najmniej różniącą się obwodem od obwodu monety 20 gr), zwykłą sześcienną kostkę do gry, pisak lub marker, ewentualnie kawałek sznurka do związania balonów.

Zadanie:

1. Przyjrzyj się dokładnie krawędziom wszystkich monet.
2. Jeżeli jakaś moneta jest starta na boku, wymień ją na inną o tym samym nominale.
3. Włóż do jednego z balonów monetę 2 zł.
4. Nadmuchaj balon. Uważaj, żeby nie pękł. Nie może on jednak być zbyt słabo nadmuchany.
5. Zawiąż balon tak, by nie uciekało z niego powietrze. Możesz użyć kawałka sznurka.
6. Napisz markerem na balonie, co znajduje się w jego środku.
7. Włóż do kolejnego balonu monetę 20 gr. Powtórz punkty 2–4 z zadania. UWAGA: Wszystkie balony powinny być nadmuchane podobnie – czyli powinny być mniej więcej tej samej wielkości.
8. Postąp identycznie z nakrętką sześciokątną zwykłą i z sześcienną kostką do gry. Pamiętaj, aby na każdym balonie napisać, co znajduje się w jego środku.
9. Jeżeli jakiś przedmiot jest za duży, by włożyć go do balonu, spróbuj tak naciągnąć wlot balonu, żeby przedmiot się przecisnął. Uważaj, aby nie zerwać balonu. Jeśli ci się nie uda, poproś o pomoc kogoś dorosłego.
10. W ten sposób otrzymasz cztery nadmuchane balony z czterema różnymi przedmiotami w środku.

Eksperyment:

1. Złap balon z monetą 2 zł obiema dłońmi.
2. Rozkręć monetę w środku tak, żeby **zaczęła się toczyć** po wewnętrznej ścianie balonu. Po rozkręceniu, trzymaj balon i słuchaj dźwięków wydobywających się z niego na skutek ruchu monety. UWAGA: Tocząca się moneta nie może uderzać w twoje palce trzymające balon.
3. Identycznie postąp z pozostałymi balonami zawierającymi różne przedmioty.
4. Za każdym razem staraj się, aby wszystkie przedmioty w balonie toczyły się z taką samą szybkością.



Obserwacja:

1. Czy każdy balon z kręcącym się przedmiotem w środku wydawał taki sam dźwięk?
2. Która moneta wydawała najcichszy dźwięk?
3. Który balon po rozkręceniu wydawał najwyższy dźwięk, czyli najbardziej piskliwy?
4. Który balon po rozkręceniu wydawał najniższy dźwięk, czyli najbardziej buczący?

Komentarz:

W przeprowadzonym eksperymencie balon grał rolę pudła rezonansowego. Powłoka balonu drga, gdy porusza się po niej moneta. Dzięki temu, że balon jest zamknięty, dźwięk odbija się w środku i może zostać wzmocniony.

Dlaczego każdy przedmiot w balonie wytwarzał inny dźwięk? Balon jest jak powłoka bębna, wytwarza dźwięk, gdy coś w niego uderzy. W tym przypadku w balon od środka uderzały toczące się przedmioty. Przypomnij sobie, jak wyglądały boki monet. Moneta dwuzłotowa ma gładki bok. Taka moneta gładko toczyła się po powłoce balonu, przez co była bardzo słabo słyszalna. Moneta dwudziestogroszowa ma bok pokryty ząbkami. Podczas toczenia się tej monety ząbki na jej boku uderzają w powłokę balonu z bardzo dużą częstotliwością, bo ząbki są rozłożone bardzo blisko siebie. Moneta ta wytwarzała najwyższy dźwięk. Kość do gry ma tylko cztery krawędzie, które stukając w balon wprawiały go w drgania. Gdy kostka toczyła się z tą samą prędkością co moneta 20 gr, jej krawędzie rzadziej uderzały w balonik, a więc wytwarzała dźwięk o niższej częstotliwości. Nakrętka ma sześć kantów, czyli więcej niż kostka krawędzi i mniej niż moneta 20 gr ząbków. Tocząc się wytwarzała dźwięk wyższy od kostki, ale niższy niż moneta 20 gr.

Mateusz Wojtaszek

3. Rozpylacz

Wszelkiego typu rozpylacze są bardzo rozpowszechnione i stosuje się je zarówno w farmacji (leki wziewne), jak i w kosmetyce (lakier do włosów, dezodoranty, perfumy), chemii gospodarczej (farby, środki ochrony roślin, środki czyszczące), czy artykułach spożywczych (np. olej w sprayu, *czytaj: spreju*). Poniższe doświadczenie obrazuje podstawową zasadę działania każdego rozpylacza opartą na prawie Bernoulliego, o którym pisaliśmy już w *Neutrinie* 12 (2011).

Przygotuj:

Plastikową słomkę do napojów (najlepiej z harmonijką), szklanę, wodę zdatną do picia, umywalkę lub zlew, linijkę, małe nożyczki (najlepiej do paznokci).

Zadanie 1:

1. Napełnij szklanę wodą do pełna.
2. Włóż słomkę do wody.
3. Co musisz zrobić, aby napić się wody?

Zadanie 2:

1. Odetnij kawałek słomki o długości około 4 cm. Jeśli słomka posiada harmonijkę, odetnij właśnie ten kawałek, który zawiera harmonijkę.
2. Odmierz od jednego końca słomki 4 cm i natnij słomkę w tym miejscu, nie przecinając jej jednak całkowicie. Odegnij słomkę dwoma rękami, tak jak na rysunku obok. Pomiędzy jej dłuższym i krótszym kawałkiem powinien powstać otvorek, ale oba kawałki powinny być ciągle połączone.



Eksperyment:

1. Dopełnij szklanę wodą. Zegnij słomkę, jak na rysunku powyżej i włóż jej krótszy kawałek do wody w szklance. Uważaj, aby nie rozerwać słomki.

- Przesuń słomkę do ścianki szklanki tak, aby krótki kawałek słomki oparł się o nią, a otvorek pomiędzy krótszym i dłuższym kawałkiem słomki znalazł się tuż nad krawędzią szklanki.
- Dociśnij słomkę do ścianki szklanki, tak aby nieco zmniejszyć kąt pomiędzy długim i krótkim kawałkiem słomki (patrz rysunek obok).
- Bardzo energicznie dmuchnij** przez słomkę. Możesz próbować kilka razy. **Uwaga:** jeśli zamiast rozpylania wody nad szklanką, woda bulgocze w szklance lub powstaje gwizd, należy nieco zmniejszać lub zwiększać kąt pomiędzy krótkim a długim kawałkiem słomki. Jeśli w dalszym ciągu nie można osiągnąć rozpylenia, należy skrócić mniejszy kawałek słomki o 0,5 cm. To doświadczenie wymaga często kilku prób.



Obserwacja:

- Czy udało ci się rozpylić wodę?
- W jaki sposób woda wydostaje się ze szklanki na zewnątrz?

Komentarz:

Po włożeniu słomki do napoju, na obu końcach słupka powietrza znajdującego się w słomce panuje takie samo ciśnienie. Gdy mamy ochotę napić się czegoś przez słomkę, wysysamy ze słomki powietrze. Kiedy ilość powietrza w słomce maleje, powstaje **podciśnienie**, które powoduje zasysanie napoju w górę słomki. Podciśnienie to ciśnienie mniejsze od ciśnienia otaczającego powietrza.

Podczas energicznego dmuchania powietrze w słomce porusza się z dużą szybkością. Gdy powietrze się porusza, to również zmniejsza się jego ciśnienie (zgodnie z prawem Bernoulliego). Powoduje to zatem zmniejszenie ciśnienia powietrza w otworku pomiędzy krótkim i długim kawałkiem słomki. W tym przypadku także powstaje **podciśnienie**. Powoduje ono zassanie wody ze szklanki do góry. Woda wydostająca się przez otvorek napotyka na silny strumień powietrza, przemieszczający się prostopadłe do słupka wody. Powoduje to rozpylenie wody na małe kropelki.

Na podobnej zasadzie działają wszystkie rozpylacze czy spraye. Główna różnica polega na tym, że aby rozpylić za ich pomocą jakiś płyn, nie dmuchamy w rurkę, ale energicznie naciskamy na zamontowaną w nich pompkę.

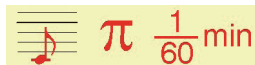
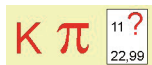
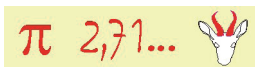
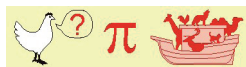
DS

PI-busy

<http://www.matematyka.wroc.pl/book/pi-busy>

14 marca Międzynarodowym Dniem Liczby Pi

2,71... = e



Rozwiązania:
kropidło
dopisek
kpina
pięrogi
kopłarka

Małgorzata Mikołajczyk