Co w zeszycie

Zapraszamy do lektury *Neutrina*. Wydawałoby się, że prędkość światła jest tak ogromna, nawet w porównaniu z najszybszymi samolotami, że nie powinna mieć znaczenia w naszym codziennym życiu. A jednak ma i to istotne, na przykład w powszechnie używanej telefonii komórkowej. Zachęcamy do przeczytania artykułu na ten temat.

Prawa newtonowskiej fizyki wyjaśniają natomiast niebezpieczeństwa wynikające z kolizji i zderzeń komunikacyjnych. Praw fizyki nie można oszukać ani ominąć. Można jednak wykorzystać je do zmniejszenia skutków kolizji. Do tego celu służą rozmaite amortyzatory, o czym traktuje kolejny artykuł.

Nasze codzienne obserwacje i doświadczenia życia codziennego przekonują nas o prostoliniowym rozchodzeniu się światła. Krzywoliniowe rozchodzenie nie jest bynajmniej łamaniem praw optyki geometrycznej, wręcz przeciwnie, prawa te uzasadniają także rozchodzenie się światła w ośrodkach o niejednorodnej tzw. gęstości optycznej. Miraże nie są niczym tajemnym, o czym traktuje jeden z artykułów.

Czytelnicy o humanistycznych ambicjach powinni przeczytać z zainteresowaniem artykuł o starożytnej uczonej i filozofce Hypatii z Aleksandrii. Jak zwykle polecamy też niestandardowe zadania.

Z.G-M

Spis treści

Czy musimy się przejmować prędkością światła w życiu codziennym? 1
Amortyzacja podczas zderzeń i upadków 6
Miraże a krzywoliniowe rozchodzenie się światła 9
Piękna i mądra – Hypatia z Aleksandrii (355?–415) 14
Zadania 18
Obserwuj Międzynarodową Stację Kosmiczną! 20

Czy musimy się przejmować prędkością światła w życiu codziennym?

Prędkość światła – a mówiąc ogólniej, prędkość fal elektromagnetycznych – wydaje się ogromna. Trzysta tysięcy kilometrów na sekundę to bez porównania więcej niż prędkość samochodu, samolotu, a nawet rakiety, lecącej „zaledwie" kilkanaście kilometrów na sekundę. W naturalny sposób traktujemy zatem prędkość światła jako nieskończoną – przynajmniej w życiu codziennym. Okazuje się jednak, że nawet tak wielka prędkość sprawia problemy, które muszą być rozwiązywane w jednym z najpopularniejszych urządzeń elektronicznych – telefonie komórkowym. W tym artykule przyglądniemy się działaniu systemu GSM i zobaczymy, jak musi on sobie radzić z prędkością światła.

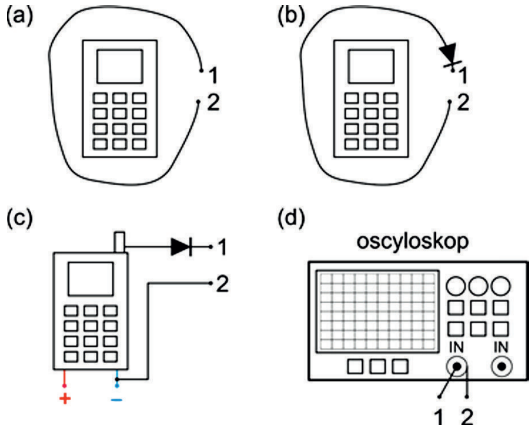
Co więcej, okaże się, że to właśnie prędkość światła wyznacza pośrednio maksymalny rozmiar komórki, czyli obszaru obsługiwanego przez stację bazową GSM (zwaną BTS – *Base Transceiver Station*).

Jak zaobserwować sygnał nadawany przez telefon komórkowy i jak działa telefonia GSM?

Telefony systemu GSM nadają i odbierają zaszyfrowaną informację głosową i tekstową, w postaci cyfrowej, zazwyczaj w zakresie 900 i 1800 MHz. Stosuje się przy tym modulację GMSK (patrz ramka). Ta modulacja zapewnia wydajne wykorzystanie zakresu częstotliwości przydzielonych telefonii komórkowej. Telefon komunikuje się z tą stacją bazową, z którą jakość połączenia jest najlepsza. Następnie informacja jest transmitowana dalej, poprzez kontroler stacji bazowych, do central i innych telefonów komórkowych lub stacjonarnych. Anteny stacji bazowych można łatwo zauważyć na masztach, kominach i dachach budynków. Często są to tak zwane anteny sektorowe, rozmieszczone wokół masztu co 120°. Taka konfiguracja zapewnia prawidłowe pokrycie całego obszaru wokół anteny – zwanego właśnie *komórką*.

Modulacja to sposób przesyłania informacji analogowych lub cyfrowych za pomocą fali elektromagnetycznej. W telefonii GSM bity informacji są przesyłane za pomocą niewielkich zmian częstotliwości fali elektromagnetycznej. Gdy stosuje się najmniejsze możliwe zmiany częstotliwości modulację taką nazywa się MSK (*Minimum Shift Keying*). W telefonii GSM (a także w bezprzewodowych telefonach stacjonarnych systemu DECT) stosuje się odmianę tej modulacji zwaną GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*). W tej wersji zmiany częstotliwości fali elektromagnetycznej następują bardzo płynnie, dzięki czemu transmisja zajmuje bardzo mały zakres częstotliwości – można zmieścić wiele transmisji w przydzielonym operatorowi paśmie.

Dla naszych potrzeb zorientujemy się najpierw ogólnie, w jaki sposób telefon GSM nadaje sygnał. Trzeba podkreślić, że albo musimy użyć telefonu GSM (tak zwanej drugiej generacji), albo telefonu GSM/3G, ale ręcznie przełączonego w tryb GSM. Istnieje kilka prostych metod odebrania sygnału z telefonu komórkowego, a trzy z nich naszkicowano na rys. 1. Metody (a) i (b) nie wymagają żadnej modyfikacji telefonu. Wystarczy przygotować pętlę z kawałka drutu o długości około 30 cm i podłączyć bezpośrednio do wejścia oscyloskopu (wersja a) lub poprzez diodę prostowniczą (wersja b). Telefon umieszczamy wtedy wewnątrz pętli. Jeśli dysponujemy starszym modelem telefonu z zewnętrzną anteną, możemy ją spróbować odkręcić, a w jej miejsce przykręcić



Rys. 1. Proste metody zarejestrowania sygnału nadawanego przez telefon GSM. W (a) i (b) wykorzystuje się pętlę z drutu i ewentualnie diodę prostowniczą, a w (c) podłączamy przewód bezpośrednio w miejsce odkręconej anteny w telefonie starego typu. Sygnał obserwujemy na oscyloskopie (d)

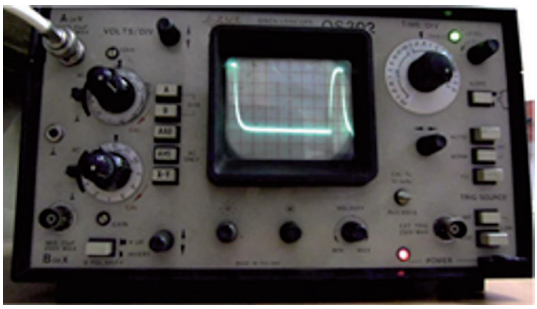
przewód łączący telefon z wejściem oscyloskopu. Minus (masę) oscyloskopu warto połączyć z minusem akumulatora telefonu. Pamiętajmy, aby w czasie pomiarów telefon nie był podłączony do ładowarki, ponieważ jako zasilacz impulsowy generuje ona silne zakłócenia elektromagnetyczne. Na rys. 2 widzimy dwie przykładowe realizacje opisanych powyżej połączeń.

Rys. 2. Połączenia wykonane zgodnie z rys. 1(b) i (c)

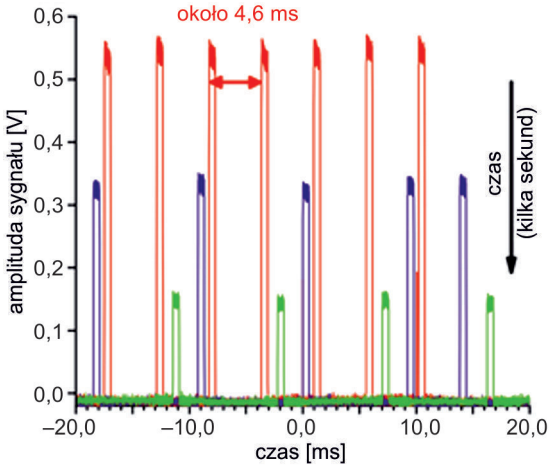
Kiedy układ mamy gotowy, wybieramy w telefonie połączenie (najlepiej takie, które nie zostanie odebrane) i uważnie obserwujemy sygnał na oscyloskopie. Podstawa czasu powinna być ustawiona na 0,5 ms na działkę, a wzmocnienie należy dobrać doświadczalnie. Dobry punkt startowy to 10–100 mV na działkę.

Na ekranie oscyloskopu widzimy, że wbrew temu, czego moglibyśmy oczekiwać, telefon emituje wyraźne impulsy, a nie falę ciągłą! Rysunek 3 przedstawia

impulsy wyświetlane na analogowym oscyloskopie starego typu, a rys. 4 – trzy serie impulsów zarejestrowanych oscyloskopem cyfrowym. Jak widać, tylko przez pierwsze kilka sekund emitowany sygnał ma dużą moc. Stacja bazowa szybko sprawdza jakość połączenia i nakazuje telefonowi stopniową redukcję mocy do najniższej użytecznej wartości, co utrudnia nasze obserwacje. Impulsy pojawiają się co 4,6 względnie 9,2 ms (milisekundy), zatem częstotliwość ich pojawiania się to 1/4,6 ms = 217 Hz. To jest właśnie częstotliwość „burczenia", które słyszymy na przykład w radiu, obok którego znajduje się telefon komórkowy, łączący się ze stacją bazową.



Rys. 3. Impulsy nadawane przez telefon komórkowy GSM obserwowane na oscyloskopie starszego typu. Podstawa czasu to 0,5 ms/div, a czułość to 5 mV/div. Dodatkowo użyto opcji wzmocnienia sygnału 5 razy



Rys. 4. Trzy serie impulsów, zarejestrowanych oscyloskopem cyfrowym, podłączonym zgodnie z rys. 1(b) lub (c). Impulsy pojawiają się co 4,6 lub 9,2 milisekundy. Amplituda sygnału szybko maleje z czasem – stacja bazowa instruuje telefon, aby redukował moc do wartości najmniejszej, ale jeszcze użytecznej

Informacja cyfrowa zawierająca treść naszej rozmowy lub SMSa jest przesyłana wewnątrz zaobserwowanych przez nas impulsów. Pojawia się zatem pytanie – jak jest możliwa transmisja rozmowy głosowej bez żadnych przerw, z użyciem systemu impulsowego?

W pierwszej kolejności nasz głos (czyli drgania powietrza) jest zamieniany w mikrofonie telefonu na drgania prądu elektrycznego. Ten sygnał jest z kolei zamieniany na postać cyfrową – podobnie jak w komputerze. Dane cyfrowe są następnie kompresowane w sposób stratny, bazujący na możliwościach ludzkiego słuchu. Zredukowane dane cyfrowe są uzupełniane o tak zwane bity nadmiarowe (potrzebne do kontroli poprawności transmisji), dzielone na pakiety po 114 bitów i szyfrowane. To właśnie te pakiety (z dodatkowymi bitami pomocniczymi) są przesyłane w zaobserwowanych przez nas wcześniej impulsach. Aby odtworzyć głos, pakiety są deszyfrowane, łączone i konwertowane do postaci analogowej – odtwarzanej w głośniczku lub słuchawkach.

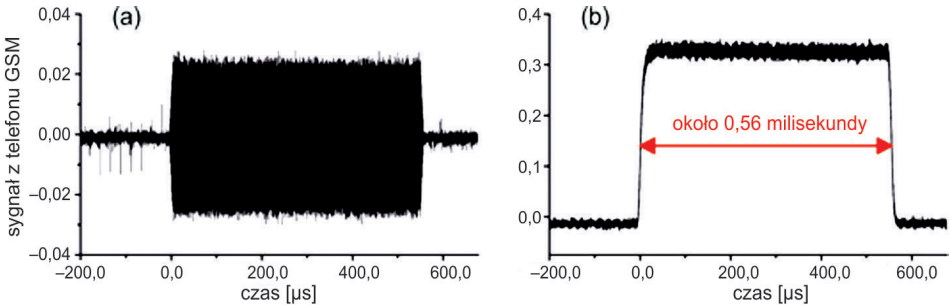
Drugie naturalne pytanie brzmi – dlaczego dane są przesyłane w impulsach, a nie w sposób ciągły? Powodem jest konieczność jednoczesnego obsłużenia jak największej liczby telefonów komórkowych na danym obszarze, przy wykorzystaniu dostępnego pasma radiowego, przydzielonego operatorowi. W systemie GSM jedna częstotliwość radiowa jest wykorzystywana nie przez jeden, ale przez 8 albo nawet 16 telefonów. Jest to możliwe, gdy telefon nadaje (i odbiera) impulsy z danymi tylko w ściśle określonych momentach zwanych szczelinami czasowymi. Pozostały czas, gdy nasz telefon nie nadaje, jest przydzielany innym telefonom. Opisany system przydzielania telefonom szczelin czasowych nazywa się w skrócie TDMS (*Time Division Multiple Access* – wielodostęp z podziałem czasowym).

Jaki związek ma prędkość światła z systemem GSM?

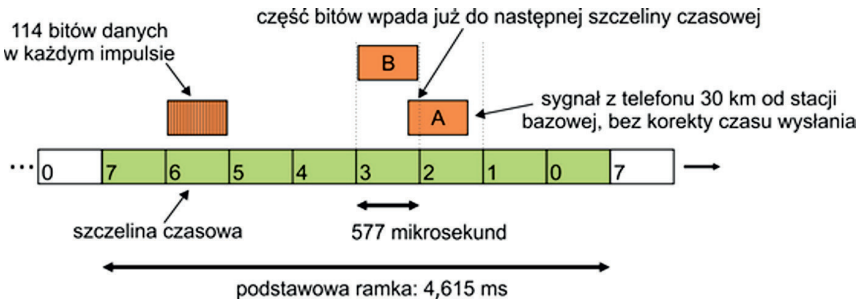
Przyjrzyjmy się najpierw, jak długie są impulsy nadawane (a w rzeczywistości też odbierane) przez telefon. Na rys. 5 po lewej stronie widzimy powiększony jeden impuls, zarejestrowany za pomocą układu z rys. 1(a), a po prawej stronie – zarejestrowany w układzie z rys. 1(b). W pierwszym przypadku widzimy pełny sygnał, a w drugim – jedynie jego obwiednię. Jak widać, czas trwania impulsu to około 560 μs (mikrosekund) – czyli trochę więcej niż pół milisekundy. Załóżmy teraz, że stoimy z telefonem blisko stacji bazowej. Fale elektromagnetyczne z telefonu do stacji docierają prawie natychmiast – w niecałą 1/3 μs dla odległości 100 m. Ale co się dzieje, gdy znajdujemy się dalej – na przykład 30 km od stacji bazowej? Impulsy z telefonu dotrą już z opóźnieniem 0,1 ms = 100 μs. Jakie to ma znaczenie? Popatrzmy na rys. 6. Zielony prostokąt, podzielony na 8 części, reprezentuje kolejne szczeliny czasowe, przydzielone różnym telefonom. Każdy impuls z telefonu musi zatem precyzyjnie trafić na swoją szczelinę, gdy dociera do stacji bazowej. Na rysunku widzimy dwa impulsy oznaczone jako A i B, które powinny trafić w szczeliny 2 i 3. Impuls A pochodzi od telefonu, który jest 30 km od stacji bazowej i spóźnia się względem wyznaczonej mu szczeliny czasowej o 0,1 ms. W ten sposób nie tylko część bitów informacji jest traconych, ale też następuje zakłócanie impulsu B przez impuls A. Aby zapobiegać takim sytuacjom, stacja bazowa nakazuje telefonowi nadawanie swoich impulsów z odpowiednim wyprzedzeniem, tak aby docierały do stacji we właściwym czasie. Informacja o koniecznym wyprzedzeniu czasowym jest nazywana TA (*Timing Advance*). Czas wyprzedzenia zmienia się skokowo przy zmianie odległości o 550 m. Z przyczyn praktycznych ustalono, że maksymalne wyprzedzenie w nadawaniu może wynosić około 115 μs, co odpowiada odległości telefon–stacja bazowa około 35 km i jednocześnie wyznacza maksymalny promień komórki. Na słabo zaludnionych terenach lub wokół niektórych wysp stacja bazowa może przydzielić telefonowi dwie kolejne

szczeliny czasowe. Impuls może wtedy propagować się dłużej i odległość telefon–stacja może wtedy wynosić nawet 120 km.

Zwróćmy jeszcze uwagę, że 8 szczelin czasowych, każda po 577 μs, tworzą razem tak zwaną „ramkę" o czasie trwania około 4,6 ms. I właśnie co 4,6 ms obserwowaliśmy zaznaczone na czerwono impulsy na rys. 4.



Rys. 5. Pojedynczy impuls zarejestrowany za pomocą oscyloskopu cyfrowego dla połączeń jak na rys. 1(a) i (b)



Rys. 6. Impulsy A i B, generowane przez dwa telefony GSM muszą trafić w przydzielone im szczeliny czasowe 2 i 3. Impuls A został wysłany z dużej odległości i spóźnia się – moment jego wysłania musi zostać przyspieszony, aby trafił w odpowiednią szczelinę czasową, tak jak impuls B

W rzeczywistości, szczególnie w miastach, rozmiar komórki jest znacznie mniejszy. Wielka liczba użytkowników wymusza instalowanie gęstej sieci stacji bazowych. Ponadto gęsto zabudowane tereny utrudniają propagację fal elektromagnetycznych, co w połączeniu z relatywnie niewielką mocą telefonów komórkowych powoduje, że odległość telefon–stacja bazowa musi być mała.

Jak widać ogromna, ale nie nieskończona prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych, wymusiła dodatkową komplikację telefonii GSM. Z drugiej jednak strony ten sam problem wykorzystano jako zaletę w innym popularnym urządzeniu elektronicznym. Precyzyjny pomiar czasu dotarcia fal od sztucznych satelitów do odbiornika na Ziemi jest podstawą działania systemu nawigacyjnego GPS (*Global Positioning System*).

Tomasz Kawalec
Instytut Fizyki UJ

Amortyzacja podczas zderzeń i upadków

Wypadek samochodowy lub upadek z dużej wysokości mogą spowodować bardzo poważne obrażenia ciała. Dzieje się tak, ponieważ nagłe zatrzymanie osoby będącej w ruchu związane jest z działaniem dużej siły. Aby to lepiej zrozumieć, posłużmy się przykładem.

Jeśli osoba o masie m = 60 kg, poruszająca się z szybkością v_0 = 15 m/s = 54 km/h, zderzy się z nieruchomą przeszkodą, to na skutek zderzenia jej szybkość zostanie w bardzo krótkim czasie zredukowana do zera. Wielkością, która pozwala przewidzieć skutki hamowania, jest opóźnienie zwane również w tym wypadku przeciążeniem. Opóźnienie określa się jako stosunek zmiany szybkości do czasu Δt, w którym ta zmiana następuje. Wartość opóźnienia dana jest wzorem

$$a = \frac{|v - v_0|}{\Delta t} = \frac{v_0 - v}{\Delta t}.$$

Wartość związanej z tym opóźnieniem siły, zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona, można natomiast obliczyć z wzoru

$$F = m \cdot a = \frac{m \cdot (v_0 - v)}{\Delta t}.$$

Jeśli wartość opóźnienia przekroczy dziesięciokrotnie wartość przyspieszenia ziemskiego, czyli $10g = 10 \cdot 9{,}81$ m/s^2 = 981 m/s^2, grozi to poważnymi urazami. W naszym przykładzie wartość opóźnienia wynosi

$$a = \frac{15 - 0}{\Delta t} = \frac{15}{\Delta t} \text{ m/s}^2,$$

a wartość siły działającej na osobę

$$F = \frac{60 \cdot (15 - 0)}{\Delta t} = \frac{900}{\Delta t} \text{ N}.$$

Oznacza to, że jeśli czas hamowania będzie krótszy niż 0,15 s, to przeciążenie przekroczy niebezpieczną granicę $10g$, a działająca w czasie hamowania siła wyniesie ponad 6000 N.

Jak pokazują powyższe rozważania, istotnym czynnikiem jest czas, w jakim następuje hamowanie. W przypadku zderzenia z twardą powierzchnią czas ten jest bardzo krótki, a w konsekwencji opóźnienie i działająca na osobę siła są duże. Natomiast jeśli czas hamowania jest długi, jak ma to miejsce podczas zderzenia z miękką, elastyczną powierzchnią, opóźnienie i działająca siła są dużo mniejsze. Wydłużanie czasu hamowania zmniejsza więc ryzyko ciężkich obrażeń ciała.

Rolą systemów amortyzacyjnych jest zapobieganie zbyt szybkiemu hamowaniu w razie uderzenia lub upadku. Dlatego w celu zapewnienia bezpieczeństwa w salach wspinaczkowych, parkach linowych oraz podczas skoków o tyczce stosuje się materace lub siatki zabezpieczające, alpiniści i pracownicy na rusztowaniach ubezpieczają się przy użyciu elastycznych lin asekuracyjnych, a w samochodach stosuje się pasy bezpieczeństwa i poduszki powietrzne.

Rys. 1. Wydłużanie czasu hamowania w czasie upadku na miękką powierzchnię zmniejsza ryzyko ciężkich obrażeń

Amortyzacja podczas wspinaczki

Systemy amortyzacji mają na celu całkowite zatrzymanie poruszającej się osoby w bezpieczny sposób. Liny wykorzystywane do asekuracji podczas wspinaczki (tzw. liny dynamiczne) są bardzo elastyczne. Ulegają one wydłużeniu o około 40% podczas testowego upadku z wysokości równej 1,77 długości liny. Dzięki temu przeciążenie odczuwane przez alpinistę podczas takiego upadku nie przekracza niebezpiecznej wartości 10*g*. Aby dodatkowo zmniejszyć siłę działającą na wspinacza osoba asekurująca może także wydłużyć czas hamowania poprzez wykonanie podskoku lub przepuszczenie pewnego odcinka liny przez przyrząd asekurujący, co sprawia, że hamowanie staje się jeszcze łagodniejsze i dzięki temu bezpieczniejsze.

Rys. 2. Wspinaczkowe liny dynamiczne oraz odpowiednia reakcja osoby asekurującej zapewniają bezpieczne zatrzymanie alpinisty w razie upadku

W niektórych wypadkach duża elastyczność liny może być jednak niedogodna. Na przykład podczas zjazdu po linie albo podczas transportu sprzętu lina asekuracyjna wydłuża się, a następnie skraca przy każdym pociągnięciu, powodując tzw. efekt jo-jo. W celu uniknięcia tego efektu, do takich zastosowań wykorzystuje się liny statyczne o mniejszym współczynniku elastyczności.

Amortyzacja podczas wypadku samochodowego

Aby zapobiec skutkom nagłego hamowania w czasie wypadku samochodowego, stosuje się powszechnie dwa systemy zabezpieczeń: pasy bezpieczeństwa oraz poduszki powietrzne.

W czasie jazdy podróżujący samochodem przemieszczają się z taką samą szybkością jak samochód. W czasie zderzenia z nieruchomą przeszkodą samochód ulega gwałtownemu zatrzymaniu. Jeśli kierowca lub pasażer nie jest zapięty pasami bezpieczeństwa, to po zderzeniu nie działa na niego praktycznie żadna siła w kierunku poziomym (oprócz niewielkiej siły tarcia o siedzenie fotela). W takim przypadku jego ruch nie ulega znaczącej zmianie i kontynuuje on przemieszczanie się do przodu, zderzając się w rezultacie z przednią częścią kabiny. Rolą pasów bezpieczeństwa jest więc zatrzymanie kierowcy lub pasażera i uchronienie ich w ten sposób przed poważnymi urazami ciała. Podczas normalnej jazdy pasy nie są napięte. W momencie kolizji specjalny sterownik wykrywający zderzenie powoduje wciągnięcie pasów o dodatkowe kilka centymetrów. Skutkuje to znacznym zwiększeniem naprężenia pasów i zmniejszeniem drogi hamowania kierowcy i pasażera. Ponieważ samo naciągnięcie pasów również może spowodować obrażenia, zgodnie z normami bezpieczeństwa naprężenie to nie powinno przekraczać 4000 N. W praktyce oznacza to, że droga hamowania może zostać skrócona do około 100 cm. Niestety, to więcej niż odległość pomiędzy tułowiem i deską rozdzielczą. Aby nie dopuścić do zbyt gwałtownego zderzenia kierowcy z deską rozdzielczą współczesne samochody projektuje się więc w ten sposób, aby ich przednia część (zwana strefą kontrolowanego zgniotu) łatwo ulegała deformacji. Dzięki temu podczas zderzenia tablica rozdzielcza nie ulega natychmiastowemu zatrzymaniu, lecz jeszcze przesuwa się do przodu. Dla przykładu, podczas typowego testu zderzeniowego samochodu osobowego, deska rozdzielcza przesuwa się o około 70 cm, co zapobiega zbyt nagłemu uderzeniu o przednią część kabiny. W czasie drobniejszych kolizji podobną rolę pełnią zderzaki samochodu, odkształcające się pod wpływem zderzenia z przeszkodą.

Rys. 3. Deformacja przedniej części samochodu podczas testu zderzeniowego

Istnieje jeszcze problem zabezpieczenia głowy przed urazem. W czasie kolizji tułów jest przytrzymywany przez pasy bezpieczeństwa, natomiast głowa przesuwa się gwałtownie do przodu, co może spowodować groźne uszkodzenie szyjnej części kręgosłupa. W celu uchronienia głowy przed zderzeniem z deską rozdzielczą lub szybą stosuje się poduszki powietrzne. W momencie wykrycia kolizji odpowiedni układ sterujący odpala małe ładunki wybuchowe, w wyniku czego następuje gwałtowne napełnienie poduszek gazem. Poduszka powietrzna powinna być całkowicie wypełniona w momencie kontaktu z ciałem kierowcy lub pasażera. Następnie, pod wpływem nacisku, poduszka częściowo się opróżnia zapewniając stopniowe wyhamowanie ciała kierowcy bądź pasażera i optymalną ochronę głowy.

KC

Miraże a krzywoliniowe rozchodzenie się światła

Co naprawdę widzimy obserwując promienie światła?

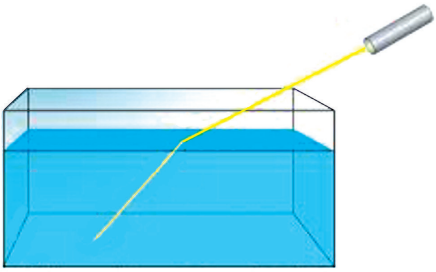
Co znaczy widzieć promień światła? Oznacza to, że widzimy oświetlone przez światło drobiny kurzu, kropelki pary wodnej, molekuły materii, przez którą przechodzi światło. By lepiej obserwować te promienie, w pracowni zadymiamy powietrze, a do wody dodajemy np. krople mleka.

W naturze mamy niejednokrotnie okazję, aby zaobserwować prostoliniowe rozchodzenie się światła (fot. 1). W szkole wykonujecie doświadczenia, w których obserwujecie odbicie światła od zwierciadeł i załamanie światła na granicy ośrodków o różnej tzw. gęstości optycznej.

Fot. 1 (L. Motyka)

Załamanie światła i bieg promienia w ośrodku niejednorodnym

Światło przechodząc z jednego ośrodka do drugiego ulega załamaniu na ich granicy. Prędkość rozchodzenia się światła w różnych ośrodkach jest różna (rys. 1).



Rys. 1

Największą możliwą szybkością rozchodzenia się światła i wszelkich sygnałów w przyrodzie jest szybkość światła w próżni. Oznaczamy ją literką c, jej wartość to niecałe 300 000 km/s. W ośrodkach materialnych szybkość światła jest mniejsza i zależy od rodzaju ośrodka, np. w wodzie ma około 75% swej wartości maksymalnej. Własność tą ujmuje tzw. współczynnik załamania $n = c/v$, gdzie v jest szybkością światła

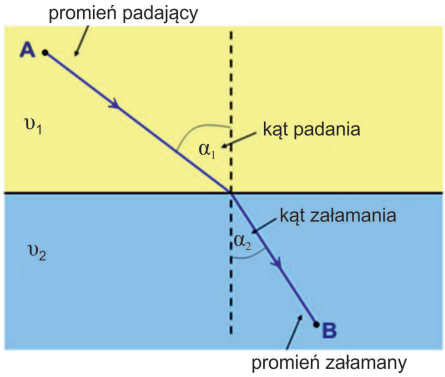
w danym ośrodku. Współczynnik załamania możemy zdefiniować też względem dwóch ośrodków jako

$$n = \frac{v_1}{v_2},$$

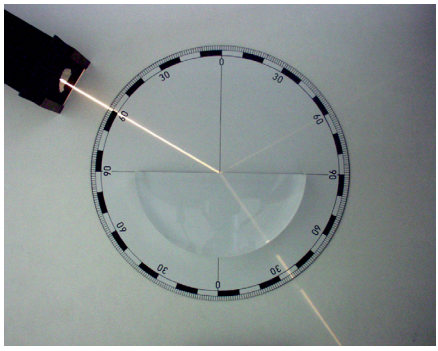
gdzie v_1 – szybkość światła w pierwszym ośrodku, a v_2 – szybkość światła w drugim ośrodku. Zasada Fermata (zob. *Neutrino* 12, 2011, s. 20) pozwala na wyznaczanie współczynnika załamania światła poprzez pomiar kątów: padania i załamania. Zachodzi bowiem relacja

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Bardzo prosty sposób wyznaczenia współczynnika załamania światła w zadanym ośrodku ilustruje rys. 2 i fot. 2.

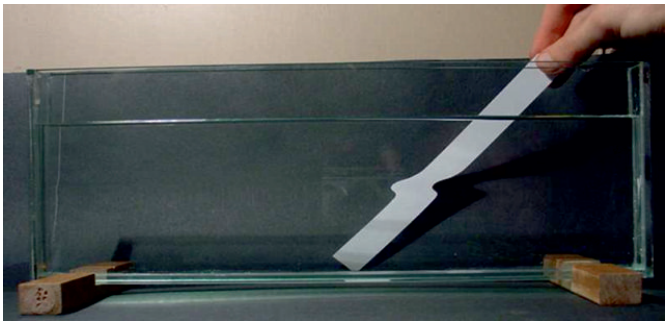


Rys. 2

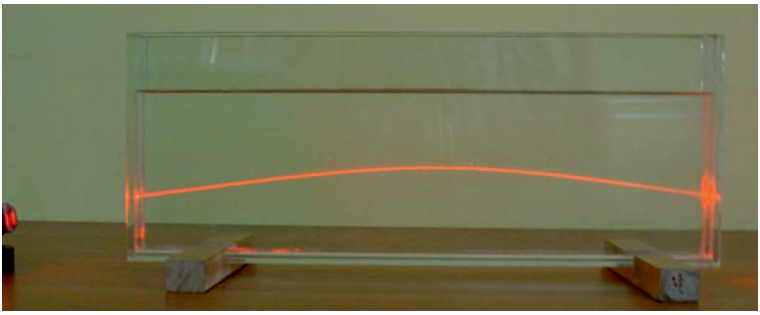


Fot. 2 (źródło: Wikipedia)

Ciekawym zagadnieniem jest bieg promienia świetlnego w ośrodku, którego współczynnik załamania zmienia się od miejsca do miejsca. Z sytuacją taką możemy się spotkać np. w przypadku niejednorodnego roztworu soli w wodzie, co obrazują fot. 3 i 4.



Fot. 3. Obraz białego paska papieru znajdującego się za kuwetą. W dolnej części kuwety znajduje się roztwór soli kuchennej, a w górnej części woda. Na granicy roztworu i wody dochodzi do gwałtownej zmiany współczynnika załamania i otrzymujemy obraz zagiętego paska (zdjęcie wykonano w Pracowni Dydaktyki Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Szczecińskiego)



Fot. 4. Bieg promienia świetlnego w ośrodku niejednorodnym. Promień światła z lasera ulega zakrzywieniu, przechodząc przez roztwór soli kuchennej o malejącym ku górze stężeniu. Na dole znajduje się roztwór nasycony. Współczynnik załamania światła w sposób ciągły maleje – od dołu do góry. Powoduje to, że promień świetlny w sposób ciągły ulega załamaniu w kierunku rosnącego współczynnika załamania, czyli stężenia, tj. ku dołowi. Stopień zakrzywienia promienia zależy od szybkości zmiany współczynnika załamania w kierunku pionowym (zdjęcie wykonano w Pracowni Dydaktyki Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Szczecińskiego)

Przygotowanie układu, jaki widzimy na fot. 4, polega na nalaniu do przezroczystej kuwety (akwarium) wody, a następnie na samo dno za pomocą lejka, nalaniu początkowo roztworu o mniejszym stężeniu, a następnie roztworu nasyconego. Po pewnym czasie uzyskujemy roztwór, którego stężenie od dna maleje (prawie równomiernie). Można też nasypać soli czy cukru i pozostawić na kilkadziesiąt godzin. Ponieważ światło porusza się z większą prędkością w czystej wodzie niż w roztworze, przechodzący przez naczynie promień światła (w tym przypadku laserowy) jest zakrzywiany.

Rys. 3. Model biegu promienia światła w cieczy w warstwie dyfuzyjnej, znajdującej się między roztworem soli a wodą. W warstwie dyfuzyjnej znajduje się roztwór, którego stężenie maleje w miarę zbliżania się do warstwy wody. Tym samym współczynnik załamania ulega zmianie. Powoduje to zakrzywienie promienia światła.

Z opisem matematycznym biegu promienia świetlnego w ośrodku niejednorodnym można zapoznać się z analizy zadań: XXIV Olimpiada Fizyczna, stopień III – *Bieg promienia świetlnego po paraboli*, które zostało ostatnio przytoczone w *Fotonie* 127; VII Międzynarodowa Olimpiada Fizyczna – *Płytka o zmiennym współczynniku załamania* (bieg promienia świetlnego po okręgu). Zadania te zostały umieszczone na stronie internetowej Komitetu Okręgowego Olimpiady Fizycznej w Szczecinie: www.olimpiada.fizyka.szc.pl[1]

[1] http://of.szc.pl/pdf/24OF4T2_roz719.pdf; http://www.of.szc.pl/pdf/7OF0T3_roz277.pdf

Refrakcja, miraż górny

Rozważając zjawisko miraży, musimy pamiętać, w jaki sposób promień światła załamuje się, czyli że zawsze ugina się w kierunku gęstszego powietrza. Ogólniej mówiąc, światło przechodząc z jednego ośrodka do drugiego załamuje się bardziej na ośrodku optycznie gęstszym, czyli tym, który ma większy współczynnik załamania. Doświadczenie z takim zakrzywieniem wiązki światła przedstawia fot. 4. Zjawisko łagodnego zakrzywiania się promieni świetlnych w ośrodku optycznie niejednorodnym nazywa się czasem *refrakcją światła*. Zjawisko takie ma miejsce w atmosferze ziemskiej, gdyż jej gęstość maleje wraz ze wzrostem wysokości. Dlatego światło Słońca, Księżyca i gwiazd wchodzące w atmosferę ziemską systematycznie załamuje się przy przejściu z warstw rzadszych do gęstszych i w efekcie zmienia się kierunek rozchodzenia się światła w atmosferze. Wskutek tego zakrzywienia promieni świetlnych widzimy ciała niebieskie nie tam, gdzie znajdują się w rzeczywistości, lecz wyżej. Dzięki temu zjawisku, zwanemu *refrakcją astronomiczną*, długość dnia na równiku zwiększa się o ok. 5 minut, a w obszarach o pośredniej szerokości geograficznej – do 8 minut.

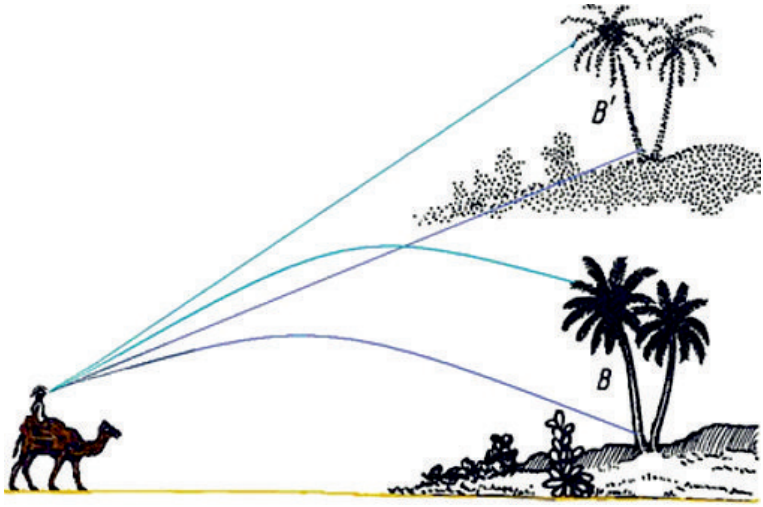
Jeśli przy określaniu położenia według gwiazd, szczególnie za kołem polarnym, nie będzie się uwzględniać zakrzywienia promieni dochodzących od gwiazd, to można popełnić błąd w granicach 8–9 km. Efekt ten jest największy w przypadku gwiazdy na horyzoncie i znika dla gwiazdy w zenicie.

Skutki *refrakcji atmosferycznej* widać zwłaszcza w jednym, bardzo łatwym do zaobserwowania gołym okiem, zjawisku. Kiedy Słońce znajduje się nisko nad horyzontem, refrakcja podnosi pozornie jego górny brzeg o ok. 28′, ale jeszcze bardziej podnosi jego dolną część – o około 34′. W rezultacie Słońce wydaje się spłaszczone o około 6′, co stanowi około 20% średnicy Słońca. Największe przesunięcie refrakcyjne jest mniej więcej równe kątowej średnicy Słońca. Kiedy więc widzimy Słońce na horyzoncie, może się ono już znajdować pod nim. To tak jakby zobaczyć coś, co znajduje się „za rogiem”. Zjawiska tego nie obserwuje się na Księżycu, gdyż tam praktycznie nie ma atmosfery.

Powstający obraz położony jest na przedłużeniu linii prostej stycznej do krzywej promienia świetlnego, które wpada do oka obserwatora. Przypominamy, że oko rozróżnia jedynie kierunek światła wpadającego do oka. Dla promienia na fot. 4 otrzymalibyśmy obraz znacznie powyżej źródła światła, które znajduje się z lewej strony, jednak nieco poniżej powierzchni wody. W sytuacji przedstawionej na rys. 4, jeżeli obserwator znajdzie się w miejscu, gdzie dochodzi światło rozproszone od palmy oznaczonej literą *B*, to na przedłużeniu promieni wpadających do jego oka zobaczy prosty obraz palmy – *B*′ na tle nieba.

Zjawisko przedstawione na rys. 4 powstaje jako skutek zakrzywienia promieni słonecznych w dolnych warstwach powietrza, cechujących się większą gęstością (niższą temperaturą). Obraz pozorny obiektu jest widoczny powyżej przedmiotu – mówimy wówczas o mirażu górnym.

Z tą grupą zjawisk mamy do czynienia wtedy, kiedy gorące powietrze przesuwa się nad chłodniejszą powierzchnią, np. jeziora, oceanu. Jego warstwa przylegająca do wody jest chłodzona i załamuje promienie w kierunku ziemi. Obserwowany przedmiot wydaje się wznosić ponad swoje rzeczywiste położenie. Najprostszy przykład takiego górnego mirażu przedstawia rys. 4. Jeśli nie występują inne zjawiska, to taki miraż na ogół trudno jest zauważyć. Żeglarze nazywali to zjawisko wynurzaniem. Jeśli warunki są sprzyjające, pozwala ono dojrzeć odległy statek, geometrycznie już schowany pod linią horyzontu, a tak-



Rys. 4. Schemat zakrzywienia promieni świetlnych przy mirażu górnym. Szerokość kątowa obrazów jest mocno zwiększona w celu poprawienia czytelności rysunku. Obraz palmy jest prosty

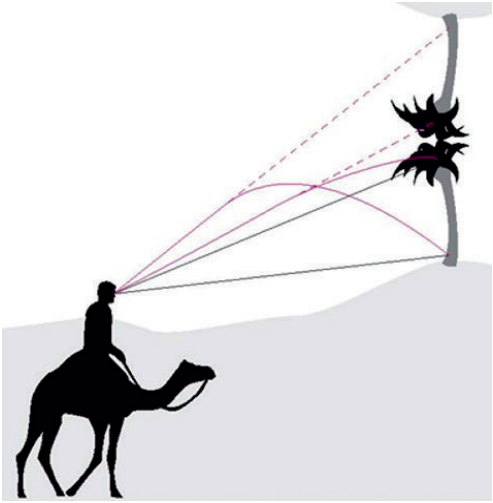
że obserwować Słońce po zachodzie. Ponieważ temperatura powietrza może się zmieniać z wysokością, to powoduje to inne, łatwiej zauważalne zjawiska niż górny miraż. Zdarza się, że obraz jest wydłużony lub skrócony w kierunku pionowym, co już wcześniej zostało zauważone przy refrakcji atmosferycznej. Odpowiednikiem tych zjawisk są wyszczuplone i pogrubione obrazy w wygiętym lustrze lub odbicia w gabinecie luster w wesołym miasteczku.

Miraże górne obserwuje się najczęściej w krajach północnych oraz w Arktyce i na Antarktydzie. Gdy wieją ciepłe wiatry od równika górne warstwy atmosfery ulegają nagrzaniu, a niskie – ochładzają się od mas wód oceanu, lodu, śniegu. Zjawisko mirażu górnego odegrało rolę w zbyt późnym zauważeniu góry lodowej przez załogę Titanica, co doprowadziło do zderzenia z nią. Na to złożyło się kilka rzadko spotykanych przyczyn pogodowych: wysokie ciśnienie powietrza (1035 hPa), położenie Titanica w centrum wyżu, a także bardzo duża przejrzystość powietrza połączona z bezchmurnym i bezksiężycowym niebem, na którym widoczne było bardzo dużo gwiazd oraz niska temperatura wody. Spowodowało to zakrzywienie promieni świetlnych –„podniesione" zza widnokręgu gwiazdy „zasłoniły" widok góry lodowej.

Miraże górne nazywane są też mirażami dalekiego zasięgu. To o nie przede wszystkim chodzi w poszukiwaniu Lądu Crockera czy „niesłychanym cudzie" opisanym przez Gogola.

Dla mirażu górnego możemy mieć też obraz odwrócony – jak na rys. 5[2]. Odwrócenie obrazu jest związane ze słabszym zakrzywieniem promieni znajdujących się wyżej nad powierzchnią.

[2] Rys. 5 pochodzi z artykułu *Fatamorgana w miniaturze*, M. Lisicki, Delta, nr 10, 2008, s. 12.



Rys. 5. Schemat zakrzywienia promieni świetlnych przy mirażu górnym. Szerokość kątowa obrazów jest mocno zwiększona w celu poprawienia czytelności rysunku. Obraz palmy jest odwrócony

O mirażach tzw. dolnych w następnym *Neutrinie*.

Tadeusz M. Molenda
Instytut Fizyki, Uniwersytet Szczeciński
E-mail: molenda@univ.szczecin.pl

Piękna i mądra – Hypatia z Aleksandrii (355?–415)

W 355 roku n.e. (niektóre biografie podają rok 370, a nawet 379 n.e.) w rodzinie matematyka, astronoma i filozofa Teona z Aleksandrii (ok. 335–405 n.e.) przyszła na świat Hypatia. Była dzieckiem szczególnie uzdolnionym, dlatego pod kierunkiem ojca uczyła się matematyki, ale studiowała również astronomię i filozofię. Jej ojciec Teon był nie tylko wszechstronnie wykształconym uczonym, ale był również naczelnikiem Muzejonu Aleksandryjskiego, interesował się filozofią, studiował dzieła swoich wybitnych przodków: Euklidesa i Ptolemeusza.

Aleksandria za czasów Hypatii

Hypatia całe swoje życie spędziła w Aleksandrii. Budząca podziw Aleksandria była jednym z trzech dużych miast cesarstwa rzymskiego (największe miasta ówczesnego cesarstwa to Rzym i Konstantynopol), swego rodzaju tyglem narodowościowym i religijnym, gdzie mieszkali Grecy,

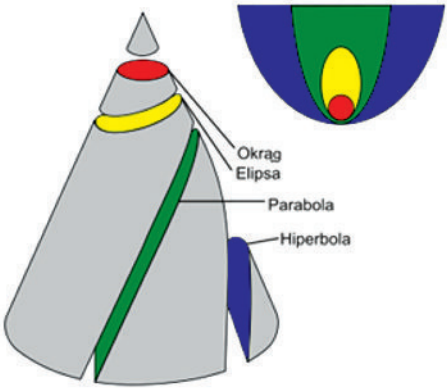
Egipcjanie, a także Żydzi. Była rezydencją prefekta, bezpośredniego przedstawiciela cesarskiego w Egipcie, a także miejscem urzędowania innych władz cesarskich i miejskich. W Aleksandrii mieli swoje siedziby patriarchowie kościołów Egiptu i Libii.

Wśród największych budowli aleksandryjskich wymienić należy Muzejon. Zgodnie z definicją *mouseion* to świątynia muz, miejsce przeznaczone muzom, greckim bóstwom poszczególnych gałęzi sztuki. Muzejon Aleksandryjski, założony około roku 280 p.n.e. przez Ptolemeusza I Sotera, pełnił nieco inną funkcję. Był ówczesnym odpowiednikiem instytutu naukowo-badawczego, w którym prowadzono badania i debaty naukowe w wielu dziedzinach, a także nauczanie, choć tryb i zasady tego nauczania nie są do końca znane. Muzejon to również sale teatralne, pracownie uczonych, jadłodajnia, ogród botaniczny i zoologiczny, ale przede wszystkim największa biblioteka świata starożytnego, tzw. Wielka Biblioteka (Bruchejon), w której przechowywano najcenniejsze pisma naukowe pozyskiwane przez zakup lub ich przepisywanie. Każdy, kto wjeżdżał do Aleksandrii z jakąś księgą, musiał zostawić ją w depozycie biblioteki, a odebrać mógł dopiero po jej skopiowaniu. Bruchejon stanowił klasyczny warsztat naukowy dla uczonych pracujących nad całością literatury greckiej. Niestety, zbiory Biblioteki nie dotrwały do naszych czasów. Część zbiorów spłonęła w 47 r. p.n.e. po zdobyciu Aleksandrii przez Juliusza Cezara, w roku 391 n.e. patriarcha Teofil doszczętnie spalił Serapejon i położył kres istnieniu księgozbioru helleńskiego, a w 642 r. kalif Omar kazał zużyć zwoje Biblioteki do opalania łaźni publicznych.

Egipcjanie przypominają cywilizacji współczesnej, że świat starożytny, którego wiedza skupiona była w Bibliotece Aleksandryjskiej, często pierwszy odkrywał to, co odkryto na nowo kilkanaście wieków później, by przypomnieć tylko, że 1800 lat przed Kopernikiem Arystarch z Samos mówił o tym, że Ziemia krąży wokół Słońca i własnej osi, a 1700 lat przed wyprawą Kolumba Eratostenes głosił, że Ziemia jest okrągła.

Działalność naukowa Hypatii

W pierwszym wieku naszej ery pojawił się specjalny typ książek, mianowicie komentarze do dzieł wybitnych uczonych, które pełniły rolę podręczników i ułatwiały studiowanie zarówno filozofii, matematyki jak i astronomii. Zawierały objaśnienia trudniejszych fragmentów tekstu, sprawozdania z polemik naukowych, opinie różnych szkół filozoficznych, a także informacje o postępie wiedzy dotyczącej prezentowanego zagadnienia. Autorem komentarzy do tekstów matematycznych był Teon, a do jego współpracowników należała Hypatia, która zdolnościami, zwłaszcza matematycznymi, przewyższała ojca. Prawdopodobnie ostateczna wersja *Almagestu* (jedna z ksiąg *Almagestu* zawierała informację: „Komentarz Teona z Aleksandrii do III księgi *Almagestu* Ptolemeusza; wydanie poprawione przez moją córkę Hypatię, filozofkę”) i *Tablic podręcznych* Ptolemeusza są dziełem Hypatii. Po śmierci ojca Hypatia samodzielnie opracowywała matematyczne i astronomiczne teksty uczonych aleksandryjskich, m.in. Apoloniusza z Pergi (III w. p.n.e.) i uchodzącego za najtrudniejszego matematyka starożytności Diofantosa. Przypuszcza się, że jego dzieło *Arytmetyka*, które zachowało się do czasów współczesnych, zostało przez Hypatię opatrzone notami krytycznymi i to właśnie ona nadała mu ostateczną formę edytorską. Innym dziełem skomentowanym przez Hypatię były *Stożkowe* Apoloniusza, gdzie uczony nazwał i w ośmiu księgach szczegółowo opisał, trzy znane krzywe stożkowe: elipsę, hiperbolę i parabolę. Znaczenie tego dzieła podkreśla fakt,



Krzywe stożkowe

że, jak zaobserwował Kepler, a udowodnił Newton, ciała niebieskie poruszają się po orbitach, które są właśnie krzywymi stożkowymi.

Hypatia znana była również jako wykładowca matematyki, astronomii i filozofii. Wykładała myśli Platona, Plotyna i Arystotelesa. Otaczał ją krąg oddanych uczniów, od których wymagała olbrzymiego wysiłku umysłowego i różnorakich wyrzeczeń. Równocześnie słynęła z tolerancji i odznaczała się otwartym spojrzeniem nie tylko na kwestie filozoficzne. Jej uczniowie wywodzili się z najwyższych klas społecznych, z bogatych i wpływowych domów; pochodzili z Aleksandrii, Egiptu, Syrii, Cyrenajki, a nawet z Konstantynopola; byli to zarówno chrześcijanie, jak i poganie. Hypatia była dla nich niekwestionowanym autorytetem moralnym i mistrzem, a oni odpłacali jej przywiązaniem i miłością długo po osiągnięciu samodzielności, a nawet po uzyskaniu wysokich godności kościelnych czy państwowych. Hypatia, „boska przewodniczka", przekazywała swoim uczniom nauki, które zwali „misteriami". Prowadziła również wykłady filozoficzne adresowane do szerokiego kręgu odbiorców. Odbywały się one przed domem uczonej, na miejskich placach lub w salach wykładowych Muzejonu i gromadziły całą ówczesną inteligencję mieszkającą w Aleksandrii i poza granicami miasta. Hypatii przypisuje się wynalezienie astrolabium[1] i areometru[2], ale być może, jest to tylko legenda. Bardziej prawdopodobne jest to, że astrolabium skonstruował Synezjusz, korzystając z wytycznych Hypatii.

Hypatię ceniono za jej rozwagę, dystynkcję w obejściu, prostotę ubioru, wstrzemięźliwość (do końca życia pozostała dziewicą), a także miłość do miasta rodzinnego, w którego sprawy angażowała się jako obywatelka. Korzystano z jej wiedzy i doświadczenia, ceniono intelektualną rozwagę i często konsultowano z nią istotne decyzje dotyczące funkcjonowania miasta. Jeden z jej przyjaciół pisze: *umiała mądrze występować także i wobec przedstawicieli władzy i nie potrzebowała się wstydzić, kiedy się pojawiła wśród mężów; wszyscy nie tylko szanowali ją dla nieprzeciętnej roztropności, ale nawet czuli się onieśmieleni.* Mimo że Hypatia była poganką, utrzymywała żywe kontakty z urzędnikami cesarskimi i miejskimi, i nie zważała na to, że większość z nich była chrześcijanami.

Tragiczna śmierć uczonej

W okresie, gdy biskupem Aleksandrii był Teofil, uczona cieszyła się powszechnym szacunkiem. Sytuacja zmieniła się w roku 412 n.e., gdy tron biskupi objął bratanek Teofila, późniejszy święty Cyryl z Aleksandrii. Zaczęły się jego

[1] Przyrząd astronomiczny używany w nawigacji, służący do wyznaczania położenia ciał niebieskich nad horyzontem..

[2] Przyrząd do mierzenia gęstości cieczy i gazów.

ortodoksyjne rządy, pełne religijnych demonstracji, konfliktów doktrynalnych i wtrącania się do spraw publicznych. Ostry konflikt Cyryla z prefektem rzymskim Orestesem, byłym uczniem i przyjacielem Hypatii, spowodował, że zwolennicy Cyryla, a także on sam, rozpoczęli długotrwałą kampanię oszczerstw przeciwko uczonej. Ludzie związani z Cyrylem rozpuszczali plotki o jej tajemnych mocach i satanicznym oddziaływaniu zarówno na Orestesa, jak i na całe miasto. Z jednej strony osobista zawiść Cyryla wobec Hypatii z powodu jej mądrości i bogatej wiedzy astronomicznej, z drugiej zdziczenie i awanturniczość mieszkańców Aleksandrii spowodowały, że ta znana i powszechnie szanowana kobieta została zamordowana w bestialski sposób. O zamordowanie uczonej obwiniani byli parabolanie, członkowie bractwa chrześcijańskiego wykorzystywani przez biskupów Aleksandrii do zwalczania oponentów politycznych i religijnych. Prawdopodobnie to właśnie oni, dowodzeni przez lektora Piotra, w marcu 415 roku n.e. wyciągnęli uczoną z powozu, zaciągnęli do Cesareum, pogańskiej świątyni niedawno zamienionej na kościół i brutalnie zamordowali. By dopełnić dzieła zemsty szczątki Hypatii wywlekli za miasto i spalili. Wprawdzie Cyryl nie wydał rozkazu zabicia Hypatii, ale był moralnie współodpowiedzialny za okrutny mord, który wywołał powszechne oburzenie w całym starożytnym świecie.

Hypatia inspiracją dla malarzy, poetów, pisarzy, astronomów i filmowców

Legenda Hypatii obecna była na europejskiej scenie literackiej już od XVIII wieku, a przez poetów romantycznych, którzy poświęcali jej swoje utwory i traktowali jak idolkę, otaczana była prawdziwym kultem. Była bohaterką poematów, utworów dramatycznych i powieści historycznych. W wierszu Czesława Miłosza *Traktat moralny* (1947) znajdujemy następujący fragment: *Biedna Hypatia, z której zdarli suknie na placu Aleksandrii...* Cytat ten jest również mottem książki Marii Dzielskiej *Hypatia z Aleksandrii*, najobszerniejszego opracowania naukowego poświęconego Hypatii, wspaniałej kobiecie i wybitnej uczonej. Praca Marii Dzielskiej wydana została po raz pierwszy w 1993 roku; do roku 2010 przetłumaczono ją na 8 języków, w tym tajski i koreański.

W Muzeach Watykanu znajduje się fresk *Szkoła Ateńska* namalowany w latach 1509–1510 przez Rafaela Santi. Artysta przedstawił na nim wielkich filozofów starożytności: Platona, Arystotelesa, Diogenesa, Heraklita, Pitagorasa, Sokratesa i Euklidesa. Wśród tych znakomitości znajdujemy także Hypatię z Aleksandrii. Również astronomowie uczcili pamięć Hypatii, nazywając jeden z kraterów na Księżycu jej imieniem, a rozciągającej się nieopodal krateru równinie nadano nazwę *Rimae Hypatia*.

W roku 2009 wszedł na ekrany film *Agora,* dramat historyczny mieszkającego w Hiszpanii chilijskiego reżysera Alejandro Amenábara. Ta wielka epicka produkcja opowiada historię Hypatii, w której postać wcieliła się wybitna aktorka Rachel Weisz, i zakochanego w niej niewolnika Dawosa. Tłem dla opowiadanej historii jest powolny zmierzch grecko-rzymskiej cywilizacji pod wpływem chrześcijaństwa. Hypatia stara się uratować od zapomnienia wiedzę starożytnego świata, a Dawos musi dokonać wyboru pomiędzy miłością do Hypatii a szansą na wolność, którą może mu zapewnić przejście na chrześcijaństwo. Mimo pewnych nieścisłości historycznych Maria Dzielska pozytywnie oceniła stronę wizualną filmu, pisząc, że reżyser *(...) pięknie oddał materialne i architektoniczne realia Aleksandrii w IV i na początku V wieku.*

Scena z filmu *Agora* Alejandro Amenábara. W roli Hypatii Rachel Weisz

Natomiast scenarzysta filmu Mateo Gil tworząc postać Hypatii zwrócił uwagę na jej niezwykłą osobowość: *Z jednej strony prezentowała grecki ideał: kult nauki, poszukiwanie prawdy, w czasach, gdy polityka i religia połączone w jeden węzeł odgrywały coraz większą rolę w codziennym życiu. Z drugiej strony była kobietą w opanowanym przez mężczyzn świecie. Chciała mieć swobodę wyboru i naukowej pracy jak jej ojciec, nie chciała rezygnować ze swej wolności, co było wielkim wyzwaniem.*

Zarówno książkę prof. Marii Dzielskiej, jak również film Alejandro Amenábara możemy polecić wszystkim tym, których zainteresowała postać Hypatii, a także tym, którzy chcieliby wzbogacić i uzupełnić swoją wiedzę dotyczącą historii nauki i kultury antycznej.

Maria Pawłowska
Biblioteka Wydziału FAIS UJ

Zadania

Polecamy uwadze czytelników zadania z Turnieju Młodych Fizyków 2015

Poduszkowiec

Prosty model poduszkowca można zbudować używając płyty CD połączonej za pomocą rurki z balonem wypełnionym powietrzem. Ulatujące powietrze może unieść takie urządzenie, umożliwiając jego ruch nad gładką powierzchnią z bardzo małym tarciem. Zbadaj jak istotne parametry wpływają na długość czasu, w którym poduszkowiec może przebywać w stanie „niskiego tarcia".

Gruba soczewka

Butelka wypełniona cieczą może działać jak soczewka. Niektórzy sądzą, że taka butelka może być niebezpieczna, jeśli zostanie pozostawiona w nasłonecznionym miejscu. Czy można użyć takiej „soczewki", by przypalić powierzchnię?

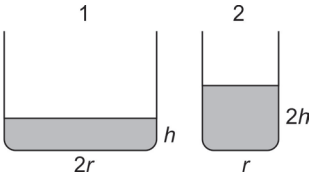
Cukier i sól
W przezroczystym pojemniku znajduje się warstwa słonej wody, a nad nią warstwa wody osłodzonej. Kierując na pojemnik z jednej strony wiązkę światła można na ekranie umieszczonym z drugiej strony zobaczyć wyraźne wzory przypominające palce. Zbadaj to zjawisko oraz jego zależność od istotnych parametrów.

Mokry i ciemny
Ubrania, gdy zostaną zmoczone, mogą wyglądać ciemniej lub zmienić kolor. Zbadaj to zjawisko.

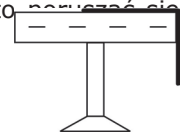
Zadania sprawdzające wiedzę

1. Jaką maksymalną wysokość może mieć kamienna kolumna? Wytrzymałość kamienia na ściskanie jest równa 5 MPa, a jego gęstość 5000 kg/m^3. Przyjmij g = 10 m/s^2.
A) 10 m
B) 50 m
C) 100 m
D) 500 m

2. W dwóch naczyniach znajduje się ta sama ciecz. Parcie cieczy na dno w drugim naczyniu ma wartość:
A) cztery razy mniejszą,
B) dwa razy mniejszą,
C) dwa razy większą,
D) taką samą, jak w pierwszym.



3. Sznur częściowo leży na stole, a częściowo z niego zwisa. Jeżeli na skutek lekkiego pchnięcia sznur zacznie się ze stołu ześlizgiwać, to poruszać się będzie ruchem:
A) jednostajnym,
B) jednostajnie przyspieszonym,
C) jednostajnie opóźnionym,
D) niejednostajnie przyspieszonym.



Zadania z The Physics Teacher Paula Hewitta

Piłeczka pingpongowa, prawo Archimedesa
Rozważamy piłeczkę pingpongową unoszoną na powierzchni wody w szklance przykrytej szczelnym kloszem (zamkniętej w szczelnym naczyniu). Kiedy do naczynia dopompowano powietrze piłeczka:
A) będzie się wynurzać;
B) będzie się zanurzać;
C) dopompowanie nie ma wpływu na położenie piłeczki;

Dwie świeczki, konwekcja

Krótka i długa świeczka palą się w wysokim otwartym słoiku. Przykrywamy słoik wieczkiem. Która ze świeczek zgaśnie pierwsza?:

A) krótka;
B) długa;
C) zależy od przypadku, raz jedna, raz druga.

Uzasadnij swoją odpowiedź.

Zadanie **Porównywanie energii i pędu poruszających się ciał**

W zderzeniach samochodu z przeszkodą, to co ma istotne znaczenie dla skutków zderzenia, to energia kinetyczna samochodu. Aby nabrać wyczucia w porównywaniu energii oraz w rozumieniu przepisów dotyczących ograniczenia prędkości samochodów proponujemy następujące zadanie.

Przypuśćmy, że mamy dwie jednakowych rozmiarów kule w dwóch kolorach – jedna o masie m, druga o masie $2m$. Mają one jednakowe energie kinetyczne. Która z nich ma większą szybkość? Jaki jest stosunek ich szybkości? Która z nich ma większą wartość pędu? Jeśli szybkość kul wzrośnie dwa razy, ile razy wzrośnie ich energia kinetyczna?

W mieszaninie gazów w stanie równowagi w danej temperaturze średnia energia cząsteczek jest ustalona. Cząsteczki którego gazu wchodzącego w skład mieszaniny: tlenu czy azotu mają średnio większe wartości prędkości?

Z.G-M

Obserwuj Międzynarodową Stację Kosmiczną!

Międzynarodowa Stacja Kosmiczna to największy sztuczny satelita Ziemi. Ma w przybliżeniu wymiary 100×110×30 metrów, co sprawia, że odbija mnóstwo światła słonecznego. To dzięki niemu świeci bardzo jasno – osiąga jasność nawet 3,3, tzn. więcej niż jakakolwiek gwiazda poza Słońcem. Jeśli tylko wiesz gdzie patrzeć, to łatwo ją znajdziesz, ponieważ jest trzecim co do jasności obiektem na niebie.

Serwis NASA „Spot the Station” (http://spotthestation.nasa.gov/) podaje listę możliwości obserwacji w najbliższej przyszłości w tysiącach lokalizacji na całym świecie oraz umożliwia korzystanie z usługi informacyjnej przesyłanej na adres e-mailowy lub na telefon komórkowy.

Stacja kosmiczna lata na wysokości około 400–430 km nad Ziemią z prędkością ponad 27 700 km/h. Na jej pokładzie zwykle znajduje się sześciu astro-

nautów. Na niebie wygląda jak szybko poruszający się samolot, ale obiekt ten jest wielokrotnie wyżej niż jakikolwiek samolot i porusza się tysiące kilometrów na godzinę szybciej. Aby dowiedzieć się więcej o stacji kosmicznej, jej międzynarodowej załodze, o tym jak żyją i pracują kosmonauci w Kosmosie, odwiedź stronę: http://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html.

Polecamy też polską stronę
http://www.crazynauka.pl/tag/miedzynarodowa-stacja-kosmiczna/

Maria Rutkowska

Odpowiedzi do zadań:

1. odpowiedź C)
2. odpowiedź B)
3. odpowiedź D)

Piłeczka pingpongowa, prawo Archimedesa

Piłeczka wynurzy się. Siła wyporu, która to spowoduje równa jest ciężarowi wyrtych płynów – zarówno wody jak i powietrza. Ponieważ odpompowano powietrze, ma ono większą gęstość, a zatem i ciśnienie; ciężar wyparłej masy powietrza jest większy, zatem większa siła wyporu, która unosi piłeczkę ku górze.

Gdyby tak gęstość odpompowanego powietrza przekroczyła gęstość piłeczki, to piłeczka byłaby unoszona ponad wodę.

Jeśli myślisz, że powietrze o większym ciśnieniu wciska bardziej piłeczkę do wody, to jednak zapominasz o tym, że woda przenosi to ciśnienie i ono daje w efekcie też większą siłę do góry przyłożoną do dolnej części piłeczki. A ponieważ spód piłeczki znajduje się niżej niż jej wierzchołek, ciśnienie od dołu jest większe niż z góry – stąd się bierze siła unoszenia.

Ponieważ woda jest praktycznie nieściśliwa dodatkowe ciśnienie powietrza nie zmienia jej gęstości – na gęstość powietrza ma wpływ jedynie ciśnienie; większe ciśnienie to „większa gęstość".

Dwie świeczki, konwekcja

Odpowiedź b), wyższa świeczka zgaśnie pierwsza. Dlaczego? Palące się świeczki zużywają tlen i wydzielają dwutlenek węgla CO_2. Wprawdzie CO_2 ma większą gęstość niż powietrze, zatem można by sądzić iż opada na dno stoją i zgasi niższą. Ale dwutlenek węgla jest gorący, ma wtedy mniejszą gęstość niż powietrze – zbierze się u góry stoją i zgasi górna świeczkę.
Czy można sobie wyobrazić większy słój, w którym zgaśnie najpierw krótsza świeczka?

Porównywanie energii i pędu poruszających się ciał

Kulka o masie m ma większą szybkość $v_1=\sqrt{2}v_2$. To oczywiste, skoro obie kulki mają tę samą energię kinetyczną, ta lżejsza musi „nadrobić" szybkością.
Pędy (ich wartości):
lżejsza ma $p_1 = v_1m$, cięższa $p_2 = 2\ mv_2$

$p_1 = \sqrt{2}\,mv_2$, a $p_2 = 2mv_2$

Widzimy, że pęd cięższej kulki jest większy, pomimo że jest wolniejsza.