



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Człowiek – najlepsza inwestycja

FENIKS

- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Pakiet nr 1:

Fizyka w domu

dr Dagmara SOKOŁOWSKA
Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego
Uniwersytet Jagielloński

Wersja UJ/1.0, luty 2009

Zawarte w tym opracowaniu materiały przeznaczone są do wspomaganie pracy nauczycieli i uczniów w czasie zajęć pozalekcyjnych w szkołach biorących udział w projekcie edukacyjnym FENIKS. Materiały do realizacji w czasie zajęć na uczelniach uczelnie przygotowują niezależnie.

<http://feniks.ujk.kielce.pl/>
feniks@th.if.uj.edu.pl



- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo - technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Plan zajęć

**Warsztaty z jednego tematu przewidziano na 45 minut.
Przy każdym punkcie podano orientacyjny czas aktywności.**

Co już wiemy

Zakładamy, że uczniowie przystępujący do warsztatów posiadają pewną wiedzę, bądź to z lekcji fizyki, bądź z poprzednich zajęć. W tym punkcie podajemy zagadnienia, które uczniowie powinni znać. Nauczyciel może ten fragment wiedzy przekazać na początku zajęć w formie 5 minutowego wykładu przypominającego.

Pytania wstępne




Zajęcia z właściwego tematu rozpoczynają się od pytań dotyczących omawianych później zagadnień. Są to najczęściej pytania związane z doświadczeniem, którego uczniowie nabierają w codziennym życiu lub z sytuacjami, które mogą znać z filmów, książek. Pytania należy skierować do całej grupy – nie należy w tym miejscu dawać gotowych odpowiedzi, jeśli uczniowie ich nie znają, ale pozostawić je otwarte. Jest to swojego rodzaju sondaż wiedzy i doświadczenia uczniów oraz sposób wprowadzenia do tematu warsztatów.

Dodatkowe pytania nauczyciela

W tym punkcie pozostawiamy Nauczycielowi miejsce na zadawanie dodatkowych lub pomocniczych pytań dotyczących danego tematu, a w szczególności fizyki w kontekście życia codziennego.

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Warsztaty oparte są na doświadczeniach, które uczniowie będą wykonywali indywidualnie lub w dwuosobowych grupach. Mogą także zostać zaproponowane eksperymenty, które wykona sam Nauczyciel. Do każdego doświadczenia zostanie podany szczegółowy opis wraz z rozróżnieniem typu aktywności:

- indywidualnie 
- w grupach dwuosobowych 
- przez Nauczyciela 

oraz komentarz dotyczący powiązania prezentowanych w eksperymencie zagadnień z życiem codziennym. Uczniowie powinni wykonać doświadczenia samodzielnie posługując się objaśnieniami (które trzeba w takim przypadku skopiować w odpowiedniej liczbie i rozdać uczniom) lub wykonać je zgodnie z instrukcjami Nauczyciela.

Aby maksymalnie móc wykorzystać czas przeznaczony na warsztaty, na początku każdego z zajęć przyrządy i materiały do eksperymentów powinny zostać przygotowane w odpowiedniej ilości i ułożone na ławkach. Przy każdej ławce powinna pracować para uczniów.

Doświadczenia, które nauczyciel będzie wykonywał samodzielnie powinny być także przygotowane w możliwie maksymalnym stopniu jeszcze przed warsztatami.

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki)

Tutaj Nauczyciel znajdzie podsumowanie tematu, ciekawostki itp. Tego dodatkowego komentarza do zajęć nie należy przedstawiać uczniom jako bloku informacji. Powinna to być kanwa do ponownej dyskusji, interakcji.

Pytania końcowe

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Pod koniec zajęć należy wrócić do pytań wstępnych i dodatkowych, upewniając się, że na wszystkie te pytania podczas warsztatów znaleziona została odpowiedź. Jest tu także miejsce na indywidualne impresje uczniów: co było zaskakujące, co im się w trakcie zajęć przypomniało w związku z tematem warsztatów.

Fizyka w domu

Komentarz dla Nauczyciela



Literatura dla Nauczyciela

Na końcu materiałów dotyczących danego tematu podajemy literaturę oraz linki w Internecie poszerzającą wiedzę w jego zakresie.

I. Eureka! - czyli dlaczego jedno pływa, a drugie tonie

Co już wiemy (3 min)

- Co to jest masa ciała?
- Co to jest objętość ciała?
- Jak obliczyć objętość prostopadłościanu, a jak walca?

Pytania wstępne (5 min)

- Czy drewniany fotel bujany wrzucony do wody będzie w niej pływał, czy utonie?
- Czy metalowy przedmiot może pływać po wodzie?
- Podaj przykłady metalowego przedmiotu pływającego po wodzie
- Czy stearyna, z której zrobione są świece pływa po wodzie, czy w niej tonie?
- Jak rozstrzygnąć, który przedmiot będzie pływał, a który utonie – w wodzie?
- Czy olej jest gęstszy od wody? Czy miód jest gęstszy od wody?
- Czy gęstość każdego kawałka długopisu jest taka sama? A co można na ten temat powiedzieć o statku pasażerskim lub kartce papieru?
- Dlaczego w wodzie czujemy się lżejsi?
- Jaka część góry lodowej znajduje się pod wodą?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Gęstość i gęstość średnia. (8 min)

Doświadczenie 2: Pływanie ciała. (8 min)

Doświadczenie 3: Kostka lodu w wodzie. (4 min)

Doświadczenie 4: Topienie jajka. (5 min)

Doświadczenie 5: Tańczące rodzyнки. (4 min)

Doświadczenie 6: Świeczka w wodzie. (2 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (1 min)

Siła wyporu jest bardzo użyteczna w wielu dziedzinach życia i wykorzystywana w różnych rozwiązaniach technicznych, w których człowiek niejednokrotnie naśladuje naturalne przystosowanie zwierząt do warunków, w jakich żyją. Korzystając z prawa Archimidesa od wieków konstruowano statki, łodzie, a także pojazdy powietrzne takie jak balony pasażerskie.

W dawnych czasach łodzie i statki budowano na całym świecie jedynie z drewna. Od końca XVIII w. do ich konstrukcji zaczęto wykorzystywać także metale. Prawidłowo zbudowany statek nie tonie, nawet po załadowaniu (o ile nie zostanie przekroczona tzw. nośność statku). Jeżeli jednak dojdzie do przerwania szczelności części kadłuba zanurzonej w wodzie, statek bardzo szybko idzie na dno, ponieważ wówczas średnia gęstość statku zaczyna gwałtownie wzrastać, szybko przekraczając gęstość otaczającej ją wody (patrz: katastrofa Titanica: http://pl.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic).

Pytania końcowe (3 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. NEUTRINO 2, Jesień 2008, „Igraszki z Archimedesem”
2. FOTON 75, Zima 2001, „Prawo Archimedes’a? Ależ to bardzo proste!”, A. Smólski:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/75/index.html>
3. Poglądowy film rysunkowy dotyczący wyporności oraz warunków pływania i tonięcia ciał (w j. angielskim): <http://www.youtube.com/watch?v=hkT3ulsGWyA>
4. Poglądowy film rysunkowy dotyczący objętości i gęstości ciał (w j. angielskim):
http://www.youtube.com/watch?v=rx_b6UANXqU
5. Poglądowy film krótkometrażowy dotyczący wyporności oraz warunków pływania i tonięcia ciał (w j. angielskim): <http://www.youtube.com/watch?v=VDSYXmviG6M>

Doświadczenie 1: Gęstość klocka



Przyrządy i materiały:

prostopadłościenna gumka do mazania (taka, która tonie w wodzie) i drewniany klocek (najlepiej, gdyby wszystkie grupy miały po dwa takie same przedmioty), linijka, waga

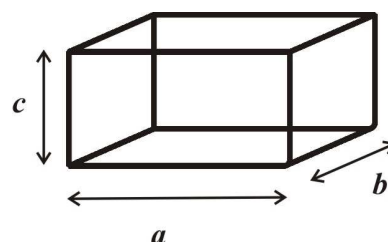
Przygotowanie.

Przed przystąpieniem do eksperymentu należy zmierzyć masę gumki i masę klocka w gramach. Jeżeli masa pojedynczego przedmiotu jest mała, można zważyć naraz wszystkie gumki i ich masę podzielić przez ich liczbę. Podobnie można zrobić z drewnianymi klockami. Przedmioty można zważyć przed warsztatami.

Eksperyment.

Uwaga: Objętość prostopadłościanu: $V = a \cdot b \cdot c$, gdzie a – długość, b – szerokość, c – wysokość prostopadłościanu.

Gęstość przedmiotu: $d = m/V$, gdzie m - masa, V - objętość przedmiotu.



- Zmierz długość, wysokość i szerokość gumki za pomocą linijki. Oblicz jej objętość i wyraż ją w cm^3 . Oblicz gęstość gumki.
- Zmierz długość, wysokość i szerokość drewnianego klocka za pomocą linijki. Oblicz jego objętość i wyraż ją w cm^3 . Oblicz gęstość drewna.

Przewidywanie. Jak sądzisz, czy gęstość gumki i drewnianego klocka jest większa, czy mniejsza od gęstości wody?

Komentarz.

Jeżeli przedmiot jest jednorodny (cała jego objętość jest wypełniona jedną substancją), to gęstość każdego przedmiotu jest taka sama, jak gęstość substancji, z której został wykonany. Jeżeli w przedmiocie można znaleźć wiele substancji (np. długopis, szklanka z wodą), to wzór: $d = m/V$ podaje **średnią gęstość** przedmiotu i nie jest równy gęstości żadnej substancji, z której został wykonany.

Gęstość wody jest równa $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ lub wyrażona w innych jednostkach: $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, albo $1 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$.

Oznacza to, że litr wody waży 1 kilogram. Zatem gęstość gumki jest większa niż gęstość wody, natomiast gęstość drewnianego klocka jest mniejsza od gęstości wody, podobnie zresztą gęstość oleju jest mniejsza niż gęstość wody, co może się wydawać zaskakujące. W potocznym języku bowiem „gęstość” utożsamiana jest z lepkością substancji lub jej twardością. W nauce gęstość jest zawsze ilorazem masy i objętości danej ilości substancji.



Doświadczenie 2: Pływanie ciał



Przyrządy i materiały:

gumka do mazania i drewniany klocek z doświadczenia 1, metalowa zakrętka od słoika o pojemności 1 l, aluminiowa osłonka z małej płaskiej świeczki lub metalowa zakrętka od butelki, miska o głębokości przynajmniej 10 cm, młotek, szklanka, trzy łyżki oleju, woda z kranu

Przygotowanie.

Nalej wody do miski tak, aby tafla wody znajdowała się przynajmniej 8 cm powyżej dna i przynajmniej 2cm od górnej krawędzi miski. Napełnij szklankę do połowy wodą.

Eksperyment.

- Wrzuć do miski z wodą gumkę do mazania oraz drewniany klocek.
- Włóż do miski z wodą zakrętkę od słoika tak, jakby była to łódeczka. Podobnie zrób z aluminiową osłonką od płaskiej świeczki lub zakrętką od butelki.
- Wyciągnij zakrętkę od słoika z wody, obróć ją do góry dnem, nieco pochyl w stosunku do tafli i włóż z powrotem do wody.
- Wyciągnij z wody osłonkę od świeczki (lub zakrętkę od butelki). Zgnieć ją starannie za pomocą młotka tak, aby pozbyć się powietrza z jej wnętrza. Wrzuć zgnieciony przedmiot pod pewnym kątem w stosunku do tafli wody (przebijając taflę krawędzią tego przedmiotu)
- Wlej olej do szklanki z wodą.

Obserwacja.

- Które przedmioty pływały w wodzie podczas eksperymentu, a które tonęły?
- Które przedmioty tonęły lub pływały w wodzie w zależności od zajmowanej przez nie objętości?
- Dlaczego zakrętka od słoika najpierw pływała w wodzie jak łódeczka, a obrócona do góry dnem – zatonała?
- Czy warunek tonięcia przedmiotu w wodzie można by sformułować następująco: „Przedmioty cięższe od wody toną w niej, a przedmioty lżejsze od wody płyną w niej”? Dlaczego?
- Na podstawie doświadczenia, spróbuj sformułować warunek pływania i tonięcia przedmiotów i substancji w wodzie.

Komentarz.

Już w starożytności pewien grecki uczyony, Archimedes z Syrakuz, zdał sobie sprawę z tego, że na przedmiot zanurzony w jakiegokolwiek cieczy działa od tej cieczy **siła wyporu**, dzięki czemu przedmiot ten traci część swojego ciężaru. Ciężaru, a nie masy! **Masa** jest niezmienną cechą przedmiotu – żeby się zmniejszyła, trzeba od przedmiotu oderwać jakiś jego kawałek. **Ciężar** natomiast jest siłą, z jaką przedmiot naciska na wagę sprężynową lub rozciąga siłomierz, wisząc pionowo w dół. Najczęściej ciężar ten jest równy co do wartości sile grawitacji, z jaką Ziemia przyciąga przedmiot. W szczególnych przypadkach jednak tak nie jest – np. na przedmiot wrzucony do wody działa zarówno siła grawitacji (skierowana pionowo w dół), jak i siła wyporu (skierowana pionowo w górę). Wynika stąd, że przedmiot zawieszony na siłomierzu i zanurzony w wodzie będzie rozciągał sprężynę siłomierza z mniejszą siłą niż wtedy, gdy byłby zawieszony na siłomierzu w powietrzu. Dlatego także człowiek czuje się w wodzie lżejszy niż w powietrzu.

Prawo Archimedesa, stwierdzające istnienie siły wyporu działającej na przedmiot jest prawdziwe zarówno w przypadku, gdy przedmiot ten jest zanurzony w dowolnej cieczy, jak i w dowolnym gazie. Zatem na przedmioty znajdujące się w powietrzu również działa siła wyporu. Siła wyporu jest zależna od gęstości cieczy lub gazu, w którym zanurzamy przedmiot oraz od wielkości zanurzonej części przedmiotu (tj. objętości zanurzonej) oraz od wartości przyspieszenia grawitacyjnego: $F_{\text{wyporu}} = d_{\text{cieczy}} \cdot g \cdot V_{\text{zanurzone w cieczy}}$

Warunek pływania i tonięcia przedmiotów w cieczy lub gazie nie mówi nic o lekkich (mających małą masę), czy ciężkich przedmiotach. Przedmiot tonie w cieczy lub gazie (opada na dno), jeśli **średnia gęstość** przedmiotu jest większa niż gęstość cieczy (gazu). Przedmiot pływa całkowicie

I. Eureka! - czyli dlaczego jedno pływa, a drugie tonie

zanurzony w cieczy lub gazie, jeśli średnia gęstość przedmiotu jest równa gęstości cieczy (gazu). Przedmiot wypływa na powierzchnię cieczy (lub unosi się w górę w gazie), jeżeli średnia gęstość przedmiotu jest mniejsza od gęstości cieczy (otaczającego go gazu).

Gęstość człowieka jest niewiele mniejsza od gęstości wody. Dlatego człowiek może się na wodzie unosić. Wielki tankowiec, zbudowany z metalu nie tonie, ponieważ jego średnia gęstość jest także mniejsza od gęstości wody. Jak to możliwe? Średnia gęstość statku to iloraz jego masy (masy blachy, ładunku i powietrza zawartego w statku) oraz dużej objętości statku.

Dzięki istnieniu pęcherza pławnego ryby mogą zmieniać swoją średnią gęstość i regulować w ten sposób zanurzenie się i wypływanie na powierzchnię wody.

Uwaga: Świecek pozostałą po wyjęciu z osłonki można użyć w doświadczeniu 6.

Jeśli chcesz się dowiedzieć więcej na temat Archimidesa i jego wynalazków oraz legendy związanej z odkryciem przez niego prawa nazwanego jego imieniem, zajrzyj do:

http://pl.wikipedia.org/wiki/Prawo_Archimidesa oraz <http://pl.wikipedia.org/wiki/Archimedes>

Pod adresem: <http://www.youtube.com/watch?v=VDSYXmvjg6M> znajdziesz poglądowy film krótkometrażowy dotyczący wyporności oraz warunków pływania i tonięcia ciał (w j. angielskim).

Doświadczenie 3: Kostka lodu w wodzie



Wymaga wstępnego przygotowania minimum 3 godzin przed eksperymentem



Niezbędny zamrażalnik

Przyrządy i materiały:

giętkie, plastikowe pudełko o prostych ściankach po margarynie, miska o głębokości co najmniej 8 cm, linijka, nożyczki, zamrażalnik, woda z kranu

Przygotowanie.

Wlej do pudełka wodę, wypełniając $\frac{3}{4}$ jego objętości. Wstaw pudełko z wodą do zamrażalnika, układając je na płasko.

Eksperyment.

Napełnij miskę wodą tak, aby tafla wody znajdowała się ok. 1-2 cm poniżej górnej krawędzi miski. Wyciągnij plastikowe pudełko z zamrażalnika. Wyciągnij kostkę lodu z pudełka. Zmierz grubość kostki lodu. Wrzuć kostkę lodu do miski z wodą. Zmierz za pomocą linijki grubość warstwy lodu zanurzonej w wodzie.

Obserwacja.

- Czy kostka lodu pływa, czy tonie w wodzie?
- Co możesz powiedzieć o gęstości lodu w porównaniu z gęstością wody?
- Jak sądzisz, jaka część góry lodowej znajduje się pod wodą?

Komentarz.

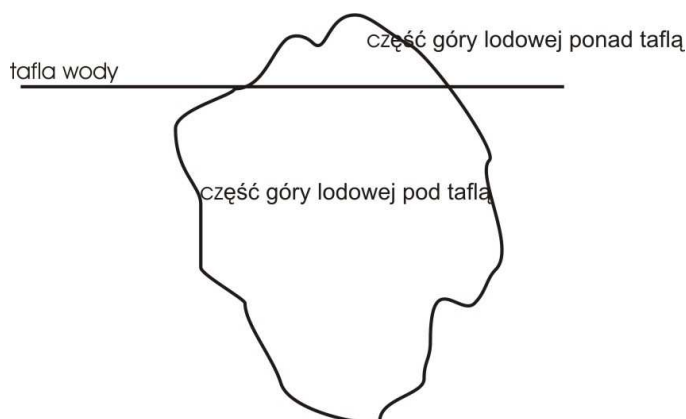
Cechą charakterystyczną H_2O jest to, że przechodząc w stan stały (lód) zwiększa ona swoją objętość. W przypadku zdecydowanej większości substancji jest dokładnie na odwrót.

Ze względu na zwiększoną objętość, przy stałej masie, gęstość bryłki lodu powstałej z wody jest mniejsza od gęstości tej wody jeszcze w stanie ciekłym. Zatem ogólnie – **gęstość lodu jest mniejsza niż gęstość wody**. Dlatego kostka lodu pływa w wodzie. Mierząc wysokość całej prostopadłościenną

I. Eureka! - czyli dlaczego jedno pływa, a drugie tonie

kostki lodu oraz głębokość jej zanurzonej części podczas dowodnego unoszenia się na wodzie, można obliczyć gęstość lodu: $d_{\text{lodu}} = d_{\text{wody}} \cdot \frac{h_{\text{zanurzone}}}{h_{\text{całej kostki}}}$. Gęstość lodu to około $0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Wynika stąd na przykład, że aż 90% góry lodowej znajduje się pod taflą wody!



Doświadczenie 4: Topienie jajka



Przyrządy i materiały:

stoik lub inne naczynie przezroczyste o pojemności większej niż pół litra, pół szklanki soli, łyżkę, 1 świeże jajko, woda z kranu

Przygotowanie.

Sparz skorupkę jajka wkładając je na 15 s do wrzącej wody.

Eksperyment.

- Do przezroczystego naczynia włóż jajko. Wlej tyle zimnej wody, żeby przykryła jajko, a poziom wody wznosił się około 2 cm nad jajkiem. Zapamiętaj położenie jajka w naczyniu. Wymij jajko. Wsyp do wody 3 łyżki soli. Dokładnie wymieszaj. Dosypuj po ćwierć łyżki soli i mieszaj za każdym razem dokładnie aż nie będziesz w stanie rozmieszać części soli, która zgromadzi się na dnie naczynia. W ten sposób otrzymujesz **nasycony roztwór** wody z solą. Sprawdź jajko do wody. Zapamiętaj położenie jajka w naczyniu.
- Powoli dolewaj zimnej wody do roztworu, wlewając wodę prosto na jajko (wlej około 1,5 szklanki czystej wody). Zapamiętaj położenie jajka w naczyniu.

Obserwacja.

1. Na jakiej głębokości ulokowało się jajko włożone do czystej zimnej wody (zanim wsypano do niej sól)?
2. Na jakiej głębokości ulokowało się jajko w roztworze nasyconym solą?
3. Na jakiej głębokości ulokowało się jajko po dolaniu zimnej wody do roztworu?

Komentarz.

Jajko tonie w czystej wodzie, ponieważ jest gęstsze od wody. To samo jajko wypływa ku powierzchni roztworu wody nasyconej solą, bo roztwór ten jest gęstszy od jajka. Kiedy do roztworu wody i soli doleje się ostrożnie czystej wody, woda ta nie wymiesza się z wodą słoną. Powstaną dwie warstwy: roztwór wody i soli na dnie i czysta woda u góry (nie można zobaczyć granicy tych warstw gołym okiem). Jajko lokuje się wtedy w środku słoika – ani nie opada na dno, ani nie wypływa na powierzchnię czystej wody.

I. Eureka! - czyli dlaczego jedno pływa, a drugie tonie

Doświadczenie 5: Tańczące rodzyнки



Przyrządy i materiały:

1 szklanka, kilka suchych rodzynek, jasny, przezroczysty, słodki napój gazowany (na przykład *Sprite*)

Eksperyment.

Napój wlej do szklanki i natychmiast wrzuć do niej także rodzyнки. Obserwuj rodzyнки przez pewien czas. Jeśli któraś rodzyнка nie opada na dno, obróć ją delikatnie „do góry nogami”

Komentarz.

Na samym początku rodzyнки opadają na dno, ponieważ siła grawitacji ciągnąca rodzyнкę w dół przewyższa siłę, którą woda wypiera rodzyнкę do góry. W każdym napoju gazowanym rozpuszczone są cząsteczki **dwutlenku węgla**. Rodzyнки leżące na dnie stopniowo otaczane są przez bąbelki dwutlenku węgla. Po krótkiej chwili „bąbelkowe rodzyнки” odrywają się od dna i wędrują ku górze (ponieważ wtedy siła wyporu przewyższa siłę ciężkości działającą na „bąbelkową rodzyнкę”). Po dotarciu do powierzchni napoju, rodzyнки tracą bąbelki dwutlenku węgla, które wydostają się do powietrza. Rodzyнки ponownie opadają na dno szklanki.

Wszystko powtarza się tak długo aż rodzyнки nasiąkną napojem lub napój nie wygazuje się.

Podobny mechanizm jest niekiedy stosowany do podnoszenia ciężkich, zatopionych przedmiotów (np. wraków statków). Przyczepia się do nich balony wypełnione gazem, które podobnie jak bąbelki dwutlenku węgla w tym doświadczeniu, wynoszą przedmiot na powierzchnię wody.

Doświadczenie 6: Śweczka w wodzie



Przyrządy i materiały:

mała świeczka (np. ta, która pozostała z doświadczenia 2), szklanka, mały nóż, woda z kranu

Przygotowanie.

Jeżeli na spodzie świeczki widoczny jest knot, wyciągnij go lub zetnij. Jeżeli spód świeczki jest nierówny, postaraj się zeszkrobać nierówności nożem. Spodnia powierzchnia świeczki nie musi być idealnie gładka, ale musi być na tyle płaska, aby po włożeniu jej do szklanki i dociśnięciu do jej dna oraz nalaniu wody, ani kropla cieczy nie przedostała się pomiędzy szklankę a świeczkę.

Nawet jeżeli po wyjęciu knotu w świeczce pozostała dziura na wylot, nie przeszkadza to w prawidłowym przebiegu doświadczenia.

Eksperyment.

Włóż świeczkę do szklanki i dociśnij ją płaską stroną do dna. Powoli dolewaj zimnej wody, wlewając ją prosto na świeczkę, aż do napełnienia $\frac{3}{4}$ objętości szklanki. Zapamiętaj położenie świeczki.

Lekko podważ świeczkę. Zapamiętaj położenie świeczki. Wyciągnij świeczkę z wody i ponownie wrzuć ją do wody. Zapamiętaj położenie świeczki.

Komentarz.

Stearyna, z której robione są świeczki jest mniej gęsta niż woda. Dlatego świeczka wrzucona do wody, pływa i jest tylko częściowo w niej zanurzona. Siła wyporu pochodząca od wody znajdującej się pod świeczką wypycha ją bowiem ku górze.

Jeżeli jednak świeczka zostanie przyciśnięta do dna szklanki tak, że pomiędzy szklanką a świeczką nie ma wody, nie wystąpi siła wyporu skierowana ku górze. Świeczka pozostanie na dnie szklanki tak długo, jak długo woda nie wedrze się pod jej spód.

II. Konwekcja

Co już wiemy (3 min)

- Co to jest gęstość substancji, ciała?
- Podać przykład ciała, którego gęstość średnia jest różna od gęstości jego poszczególnych elementów.
- Co to jest ciśnienie?
- O czym mówi (czego dotyczy) prawo Archimedesesa?

Pytania wstępne (3 min)

- Dlaczego w piwnicy jest zimno?
- Gdzie najczęściej znajdują się kaloryfery w pomieszczeniach?
- Gdzie znajdują się kotły grzewcze w domach?
- Dlaczego kaloryfery są przy podłodze, a kotły w piwnicach?
- Dlaczego klimatyzatory zawieszają się pod sufitem?
- Dlaczego garnki stawia się na płytach grzewczych, a nie odwrotnie?
- Dlaczego chmury znajdują się na pewnej wysokości i nie spadają na dół?
- Dlaczego kominiarz musi regularnie czyścić kominy?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Gęstość zimnego i ciepłego powietrza (4 min)

Doświadczenie 2: Wiatraczek na konwekcję (7 min)

Doświadczenie 3: Demonstracja prądów konwekcyjnych (film lub odtworzenie przebiegu eksperymentu podczas warsztatów) (4 min)

Doświadczenie 4: Film - Prądy konwekcyjne w przyrodzie (2 min)

Doświadczenie 5: Obieg ciepła w domu (4 min)

Doświadczenie 6: Zanieczyszczenia w kominie (10 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Zjawisko konwekcji jest powszechnie wykorzystywane w systemach grzewczych budynków. Kotły grzewcze montuje się w piwnicach domów, skąd odprowadza się system rur do wszystkich pomieszczeń na wyższych kondygnacjach. Jedną częścią systemu woda lub ogrzane powietrze płynie dzięki prądom konwekcyjnym ku górze. Na piętrach ochładza się, a następnie spływa drugą częścią systemu rur w dół.

Również w przyrodzie występują prądy konwekcyjne, powodując cyrkulację powietrza wokół Ziemi. Konwekcja w atmosferze i wodzie ma duże znaczenie w kształtowaniu klimatu i pogody na Ziemi.

Naturalna cyrkulacja jest wykorzystywana przez niektóre ptaki. Na przykład obserwując mewy, można zauważyć ich szybowanie w powietrzu, bez machania skrzydłami. Lot tych ptaków naśladowany jest przez pilotów szybowców, które nie posiadają silników, dlatego do przemieszczania się nimi wykorzystuje się właśnie prądy konwekcyjne.

Już pod koniec XVIII w. (czyli dużo wcześniej niż skonstruowano szybowce) ludzie zaczęli wykorzystywać konwekcję do transportowania ludzi. Powstały wówczas we Francji tzw. montgolfiery, czyli pierwsze pasażerskie balony na ogrzane powietrze. Były one zbudowane z papieru, płótna lub jedwabiu, a powietrze nagrzewano za pomocą paleniska znajdującego się w koszu balonu.

Zjawisko konwekcji bardzo trudno zobaczyć, ponieważ powietrze ciepłe i zimne, choć różnią się gęstością, różnica ta nie może zostać dostrzeżona gołym okiem. Aby można było zobaczyć prąd konwekcyjny, powietrze lub woda muszą zostać zabarwione. W warunkach domowych przykładem widocznego prądu konwekcyjnego jest dym wydobywający się z komina lub **śrężoga**, czyli drganie

II. Konwekcja

gorącego powietrza tuż nad powierzchnią drogi (np. asfaltowej jezdni), szczególnie wyraźne w upalny dzień.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

6. FOTON 92, Wiosna 2006, „Jak to działa? Komin”, D. Sokołowska:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/92/index.html>
1. FOTON 61, Zima 1999, „Kącik doświadczalny – Konwekcja”, T. Jaworska-Gołąb:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/61/>
2. „Doświadczenia Wojciecha Dindorfa” – cz. 5 (DVD lub VHS), doświadczenie 3; Wydawnictwo Zamkor
3. Poglądowy film rysunkowy dotyczący ogrzewania mieszkań i lotów balonem pasażerskim (w j. angielskim): <http://www.youtube.com/watch?v=5pG-tkbQgMo&hl=pl>
4. Poglądowy film demonstracyjny dotyczący prądów konwekcyjnych (w j. angielskim): <http://www.youtube.com/watch?v=7VcBOMn1LbY&hl=pl>
5. Poglądowe filmy dokumentalne dotyczące konwekcji w atmosferze: <http://www.youtube.com/watch?v=QpriSb6uN4A> oraz <http://www.youtube.com/watch?v=aLvk2cbsvzM>

Doświadczenie 1: Gęstość zimnego i ciepłego powietrza



Wymaga wstępnego przygotowania ok.30 min przed eksperymentem



Niezbędny zamrażalnik

Przyrządy i materiały:

balonik, flamaster lub pisak, metr krawiecki, zamrażalnik, zegarek lub stoper

Przygotowanie.

Nadmuchaj balonik. Zmierz obwód balonika w najszerszym miejscu (zaznacz flamastrem na baloniku linię pomiaru). Upewnij się, że z balonika nie uchodzi powietrze. Włóż balonik do zamrażalnika na ok.30-45 min.

Eksperyment.

Wyciągnij balonik z zamrażalnika i zmierz natychmiast jego obwód wzdłuż uprzednio zaznaczonej linii.

Obserwacja.

- Jak zmienił się obwód balonika?
- Czy objętość balonika zmalała, czy wzrosła w zamrażalniku?
- Czy objętość powietrza w baloniku zmalała, czy wzrosła?
- Jak sądzisz, co stało się z masą powietrza w baloniku (zmalą, wzrosła, pozostała bez zmian)?
- Jaka jest gęstość powietrza zimnego w porównaniu z gęstością powietrza ciepłego?

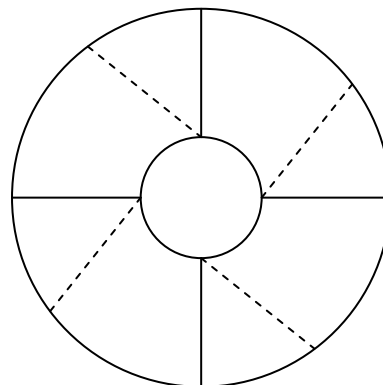
II. Konwekcja

Komentarz.

Ciśnienie powietrza wdmuchanego do balonika jest większe niż ciśnienie powietrza na zewnątrz, ponieważ musi ono zrównoważyć ciśnienie atmosferyczne i naprężenie samego balonika. Ciśnienie wewnątrz balonika właściwie się nie zmieni podczas jego chłodzenia.

Masa powietrza wdmuchanego do balonika nie zmienia się podczas chłodzenia, bo powietrze nie wydostaje się z balonika. Obwód balonika zmierzony przed włożeniem do zamrażalnika jest większy niż obwód balonika mierzony wzdłuż tej samej linii po wyciągnięciu z zamrażalnika. Oznacza to, że podczas chłodzenia balonika w zamrażalniku, objętość zawartego w nim powietrza zmalała.

Gęstość substancji to iloraz jej masy i objętości. Masy ciepłego i zimnego powietrza w baloniku są jednakowe, a objętość zajmowana przez ciepłe powietrze jest większa niż objętość zajmowana przez zimne powietrze. Oznacza to, że **gęstość ciepłego powietrza jest mniejsza niż gęstość zimnego powietrza.**



Doświadczenie 2: Wiatraczek na konwekcję

Eksperyment najlepiej wykonać w chłodnym, ale nieprzewodnym pomieszczeniu.

Przyrządy i materiały:

dobrze zaostriżony ołówek, kawałek plasteliny wielkości kciuka, nożyczki, wiatraczek wycięty z papieru według wzoru:

Przygotowanie.

Wytnij wiatraczek według szablonu. Przetnij go wzdłuż czterech odcinków zaznaczonych linią ciągłą i zagnij do dołu powstałe tak cztery łopatki wiatraczka (wzdłuż linii przerywanych).

Eksperyment.

Za pomocą plasteliny przymocuj ołówek do stołu pionowo, ostrzem w górę. Ostrożnie umieść wiatraczek na ostrzu ołówka. Uważaj, żeby nie przebić papieru!

- Z dala od wiatraczka potrzyj dłonie jedną o drugą. Powoli, nie wzbudzając uchu powietrza, umieść dłonie pod wiatraczkiem. Poczekaj około pół minuty w tej pozycji.
- Ponownie rozgrzej dłonie pocierając je o siebie z dala od wiatraczka. Powoli, nie wzbudzając ruchu powietrza umieść dłonie w odległości ok. 30 cm powyżej wiatraczka.

Obserwacja.

- Co się dzieje z wiatraczkiem, gdy umieszczasz pod nim rozgrzane tarcie dłonie?
- Do czego można by wykorzystać takie zjawisko?
- Co się dzieje z wiatraczkiem, gdy umieszczasz rozgrzane dłonie nad nim?

II. Konwekcja

Komentarz.

Podczas pocierania dłoni o siebie, wydziela się ciepło i wnętrza dłoni rozgrzewają się do wyższej temperatury, niż temperatura ciała człowieka. Powietrze tuż nad dłońmi ogrzewa się od nich. Staje się ono cieplejsze i jednocześnie mniej gęste niż otaczające je powietrze chłodnego pomieszczenia.

Zgodnie z prawem Archimedesesa, ogrzane powietrze zaczyna się unosić do góry, tworząc tak zwany **prąd konwekcyjny**. Sam proces przenoszenia (transportu) ciepła w związku z ruchem materii nazywa się **konwekcją**. Pionowy ruch ciepłego powietrza spod wiatraczka powoduje jego obracanie.

Gdy rozgrzane dłonie zostaną umieszczone ponad wiatraczkiem, prąd konwekcyjny ponownie spowoduje unoszenie się ciepłego powietrza, ale tym razem powietrze to nie napotka na swojej drodze wiatraczka, dlatego pozostanie ono w spoczynku.

Doświadczenie to należy wykonywać bardzo powoli. Można bowiem także wzbudzić ruch wiatraczka niechcący i bez udziału prądów konwekcyjnych.

Zjawisko konwekcji jest powszechnie wykorzystywane w systemach grzewczych budynków. Również w przyrodzie występuje ono, powodując cyrkulację powietrza wokół Ziemi.

Doświadczenie 3: Demonstracja prądów konwekcyjnych



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

W miarę możliwości można zamiast projekcji filmu odtworzyć przebieg doświadczenia podczas zajęć.

Poglądowy film demonstracyjny dotyczący prądów konwekcyjnych (w j. angielskim):
<http://www.youtube.com/watch?v=7VcBOMn1LbY&hl=pl> (czas trwania: 3 min 15 s)

Tłumaczenie.

0:00 Witajcie w klasie internetowej Pana Musselmana.

0:06 W dzisiejszym doświadczeniu będziemy obserwować prostokątną ramkę zrobioną z rurki, która jest szklanym pojemnikiem wypełnionym wodą

0:14 Pod jednym z narożników ramki postawiono świeczkę.

0:18 Świeczkę i rurkę umocowano za pomocą uchwytów zainstalowanych na statywie.

0:25 W górnej części ramki zrobiono małą dziurkę

0:29 Przez dziurkę wprowadzono dwie krople zielonego barwnika.

0:33 Powstaje pytanie: co by się stało z zielonym barwnikiem po jego przedostaniu się do wody w szklanej ramce?

0:42 Zatrzymaj film. Spróbuj zgadnąć i wróć do odtwarzania filmu, kiedy będziesz gotowy.

0:51 Czy spróbowałeś przewidzieć, co się stanie? Dobrze. Idźmy dalej.

1:26 Nasz barwnik zbliża się do świeczki. Jak sądzisz: zostanie on na dnie szklanej ramki, czy zacznie wędrować ku górze?

1:51 Ciekawe, że zielony barwnik, który początkowo był bardzo ciemny w lewym ramieniu rurki, teraz staje się przezroczysty, od kiedy płynie do prawego ramienia rurki. Dlaczego tak jest?

2:51 Jak teraz wygląda barwnik?

2:54 Jak to się stało, że całkowicie wypełnił szklaną ramkę?

3:11 Jeśli oczekujesz odpowiedzi ode mnie, to jej nie uzyskasz.

3:15 I tak kończy się kolejna internetowa lekcja Pana Musselmana. Szczególne podziękowania dla Nicky'ego i Ray'a za pomoc w realizacji tego filmu.

II. Konwekcja

Obserwacja.

- Czy to przypadek, że zielony barwnik zaczął wędrować w stronę lewego, a nie prawego ramienia rurki?
- Jaki byłby scenariusz eksperymentu, gdyby świeczka została umieszczona pod prawym dolnym rogiem ramki?

Komentarz.

Świeczka zapalona jeszcze przed wprowadzeniem barwnika i umieszczona pod ramką zaczęła ogrzewać wodę w prawym ramieniu rurki. Ogrzana woda ma mniejszą gęstość niż woda zimna (podobnie było w przypadku powietrza w doświadczeniach 1 i 2), dlatego zaczyna się unosić w rurce, ustępując miejsca wodzie zimnej. W ten sposób rozpoczyna się cyrkulacja wody przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. Wprowadzony do rurki barwnik miesza się z wodą i zaczyna uczestniczyć w tym samym ruchu okrężnym. Dzięki obecności barwnika możemy obserwować prąd konwekcyjny.

Jednocześnie barwnik rozpuszcza się w wodzie, dlatego po chwili cała woda zostaje zabarwiona na zielono, a jej kolor jest zdecydowanie mniej intensywny (bardziej przezroczysty) niż kolor samego barwnika na początku.

Doświadczenie 4: Prądy konwekcyjne w przyrodzie



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Poglądowe filmy dokumentalne dotyczące konwekcji w atmosferze:

<http://www.youtube.com/watch?v=QpriSb6uN4A> (czas trwania: 12 s)

<http://www.youtube.com/watch?v=aLvK2cbsvzM> (czas trwania: 22 s)

Obserwacja.

- Co powoduje „eksplozje chmur” ?
- Dlaczego chmury wiszą na pewnej wysokości nad Ziemią?

Komentarz.

Ziemia jest nieustannie nagrzewana promieniami słonecznymi. Częściowo jest także ogrzewana przez swoje wewnętrzne jądro. Ziemia ogrzewa powietrze znajdujące się w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Powietrze to zaczyna wędrować ku wyższym warstwom atmosfery, tworząc prądy konwekcyjne. Woda znajdująca się na Ziemi paruje przez cały czas i wraz z nagrzanym powietrzem unosi się w postaci pary wodnej do góry. W Wyższych partiach atmosfery para wodna napotyka na zimniejsze warstwy powietrza i kondensuje w postaci kropelek zawieszonych w powietrzu, tworząc chmurę. Samo powietrze również ochładza się w wyższych partiach atmosfery, dzięki czemu zaczyna opadać w dół. Tworzy się cyrkulacja powietrza w przyrodzie.

Chmury mogą ważyć wiele ton. Choć działają na nie siła grawitacji, na ogół nie spadają one jednak na Ziemię, gdyż są nieustannie podtrzymywane (wypychane ku górze) przez prądy konwekcyjne.

Podobne prądy tworzą się w wodach kuli ziemskiej.



II. Konwekcja

Doświadczenie 5: Obieg ciepła w domu

Przyrządy i materiały:

Pisaki lub kredki w dwóch różnych kolorach: czerwonym i niebieskim, schemat parterowego domu z przekrojem komina oraz z kaloryferem

Eksperyment.

Oznaczając zimne powietrze kolorem niebieskim, a ciepłe – kolorem czerwonym:

- na schemacie nr 1 narysuj prądy konwekcyjne w pokoju,
- na schemacie nr 2 dorysuj elementy systemu i narysuj prądy konwekcyjne w domowym systemie grzewczym,
- na schemacie nr 3 narysuj ruch wymianę powietrza w domu.

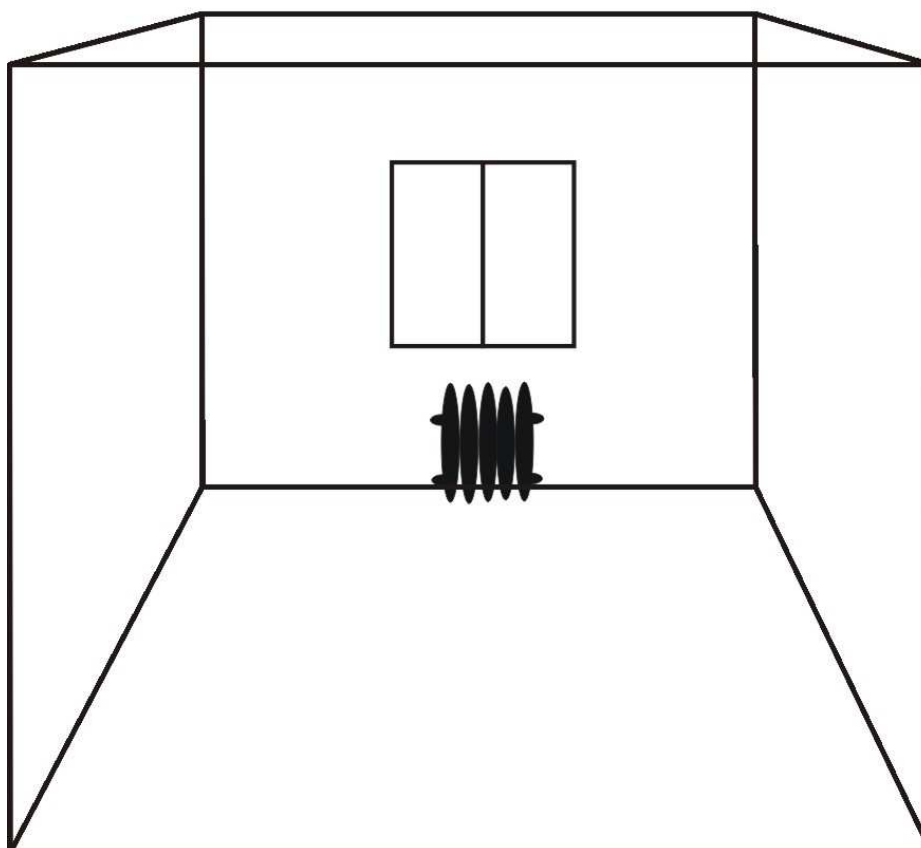
Schematy dołączono na następnych kartkach

Komentarz.

Przeczytaj w domu artykuł dotyczący zasady działania komina:

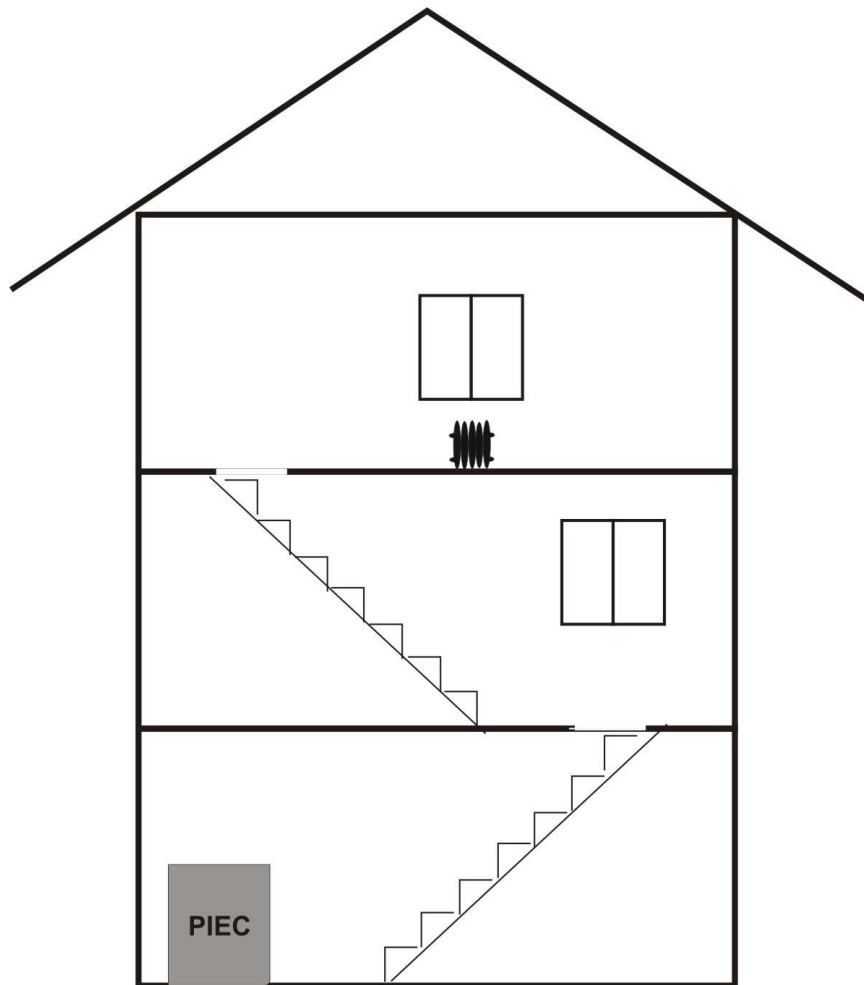
FOTON 92, Wiosna 2006, „Jak to działa? Komin”, D. Sokołowska (artykuł dostępny na stronie internetowej: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/92/index.html>)

Schemat nr 1 do doświadczenia 5

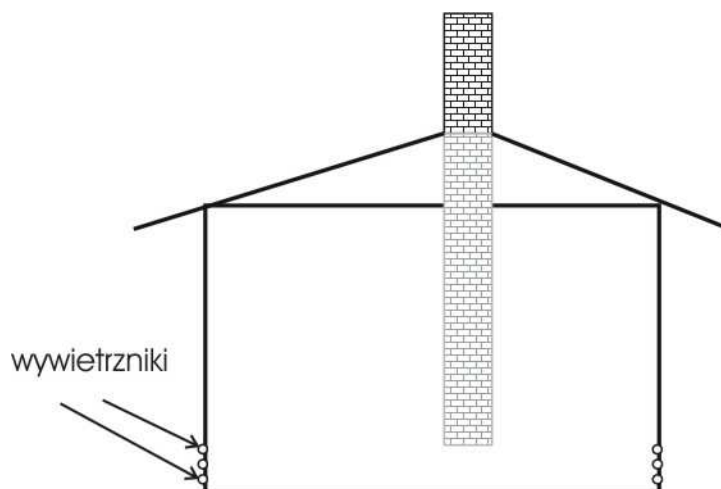


II. Konwekcja

Schemat nr 2 do doświadczenia 5



Schemat nr 3 do doświadczenia 5



II. Konwekcja

Doświadczenie 6: Zanieczyszczenia w kominie

Przyrządy i materiały:

mała świeczka, płaski talerzyk, długa (przynajmniej 45 cm) wąska szklana rurka obustronnie otwarta o polu podstawy większym niż pole podstawy świeczki, patyczek do szaszłyków, prostokątny pasek z folii aluminiowej 90 długości ok. 15 cm), nożyczki, 1/3 szklanki wody, zapalniczka, chusteczka higieniczna
Uwaga: rurkę można zastąpić na przykład butelką plastikową o objętości 15,-2 l, w której odetnie się dno na płasko

Przygotowanie.

Wytnij z folii aluminiowej pasek o szerokości nieco mniejszej niż średnica górnej części przezroczystego naczynia i o długości nieco mniejszej niż wysokość tego naczynia. Pasek umocuj na patyczku do szaszłyków, nawijając go kilkakrotnie.

Eksperyment.

- Ustaw świeczkę na talerzyku. Do talerzyka wlej wodę tak, aby pokrywała jego dno cienką warstwą. Zapal świeczkę.

Przewidywanie. Co się stanie po chwili, kiedy szklana rurka zostanie nałożona na świecę tak, aby ta znalazła się w jej wnętrzu, a dopływ powietrza do świecy był możliwy wyłącznie przez górny otwór rurki?

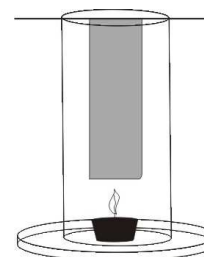
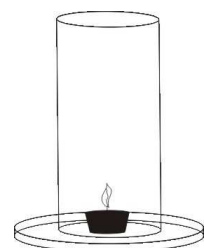
Nałóż przezroczyste naczynie na świeczkę. Sprawdź wynik tego doświadczenia. Zwróć uwagę na to, aby dolna krawędź rurki w żadnym miejscu nie wystawała ponad wodę!

- Usuń naczynie. Ponownie zapal świeczkę.

Przewidywanie. Co się stanie po chwili, kiedy szklana rurka zostanie ponownie nałożona na świeczkę, ale tym razem na szklanym naczyniu położyliśmy także patyczek, a pasek aluminium będzie swobodnie zwisał wewnątrz naczynia?

Nałóż przezroczyste naczynie na świeczkę. Sprawdź wynik tego doświadczenia. Aluminiowy pasek nie może dotykać płomienia świecy! Zwróć uwagę na to, aby dolna krawędź rurki w żadnym miejscu nie wystawała ponad wodę!

- Zwiń ciasno i zapal chusteczkę higieniczną, a następnie zdmuchnij płomień. Dymiącą chusteczkę przytknij do górnego otworu rurki raz z jednej, raz z drugiej strony przegrody. W ten sposób możesz zobaczyć prądy konwekcyjne w rurce.



Obserwacja.

- Co się stało z płomieniem świecy, gdy wewnątrz rurki nie było przegrody?
- Co się stało z płomieniem świecy, gdy wewnątrz rurki była przegroda?
- Jaka jest przyczyna takiego zachowania płomienia?

Komentarz.

Płomień świecy ogrzewa powietrze, które na skutek konwekcji wędruje pionowo w górę. Zimne powietrze mogłoby się dostać w dół do świeczki jedynie poprzez górny wlot rurki, ale prąd konwekcyjny ciepłego powietrza blokuje wlot zimnego do rurki. Cyrkulacja powietrza wewnątrz rurki nie jest możliwa. Świeczka szybko wypala tlen, który znajduje się w rurce. Bez dopływu świeżego powietrza zawierającego tlen, świeczka gaśnie.

Poprzez wstawienie przegrody do rurki umożliwiona zostaje cyrkulacja powietrza. Powietrze ciepłe płynie w górę korytarzem po jednej stronie przegrody, a powietrze zimne opada korytarzem po drugiej stronie przegrody. Stały dopływ świeżego powietrza (w tym – tlenu) nie pozwala świeczce zgasnąć.

Wszelkiego rodzaju przedmioty (przegrody), które wpadną do kominia stają się niebezpieczne dla mieszkańców budynku. Stwarzają bowiem możliwość utworzenia się cyrkulacji powietrza w kominie. Wraz z opadającym w dół kominia powietrzem z zewnątrz, może zostać włączony do domu tlenek węgla, powstały w wyniku niecałkowitego spalania. Dlatego kominarze często dokonują przeglądów i czyszczenia kominów.

III. Ciśnienie

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest ciśnienie?
- W jakich jednostkach mierzy się ciśnienie?

Pytania wstępne (4 min)

- Co to jest ciśnienie atmosferyczne?
- Przy okazji jakich informacji podaje się wartość ciśnienia atmosferycznego?
- Jaki jest orientacyjny przedział wartości ciśnienia atmosferycznego mierzonego w Polsce?
- Co to jest niż, co to jest wyż?
- Do czego służy barometr?
- Jaka jest orientacyjna wartość zalecanego ciśnienia w oponach samochodowych?
- Czy można by napić się przez słomkę do napojów na Księżycu?
- Jak działa przyssawka?
- Dlaczego wynurzający się z głębokości nurek musi regularnie oddychać?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Ciśnienie wywierane przez ciało stałe (3 min)

Doświadczenie 2: Ciśnienie hydrostatyczne w butelce (6 min)

Doświadczenie 3: Słomka do napojów (3 min)

Doświadczenie 4: Szklanka z widokówką (6 min)

Doświadczenie 5: Balonik w butelce (6 min)

Doświadczenie 6: Ciśnienie turgorowe (5 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (5 min)

Ciśnienie jest wielkością skalarną. W danym miejscu ciśnienie wywierane jest w każdym kierunku w taki sam sposób (ma taką samą wartość: w górę, w dół i na boki). W przyrodzie każde zaburzenie równowagi ciśnień jest niwelowane.

Ciśnienie hydrostatyczne wywierane przez ciecze i gazy jest równe iloczynowi ich gęstości, wartości przyspieszenia planety oraz wysokości słupa cieczy lub gazu ponad miejscem, w którym ciśnienie jest wyznaczane. Na przykład ciśnienia wody w szerokim wazonie i w wąskiej szklance są takie same, pod warunkiem, że poziomy wody w obu naczyniach są na jednakowej wysokości ponad ich dnami, a zatem ciśnienie hydrostatyczne wywierane na dno nie zależy od pól powierzchni den obu naczyń.

Ciśnienie atmosferyczne ma stosunkowo dużą wartość. Aby organizmy nie zostały zgniecione, wytwarzają one ciśnienie wewnętrzne, równoważące ciśnienie atmosferyczne. Dlatego, gdyby człowiek został wprowadzony do pomieszczenia, w którym znajduje się próżnia - eksplodowałby.

Przyssawka utrzymuje się na powierzchni, ponieważ zostaje wyciśnięta znaczna część powietrza, które początkowo znajdowało się pomiędzy przyssawką a powierzchnią. Zatem pod przyssawką wytwarza się podciśnienie w stosunku do ciśnienia atmosferycznego dociskającego ją z zewnątrz.

Ciśnienie wywierane z zewnątrz na nurka jest sumą ciśnienia atmosferycznego powietrza wznoszącego się ponad taflą wody oraz ciśnienia hydrostatycznego słupa wody ponad nurkiem. Na dużych głębokościach, na które schodzą nurkowie, ciśnienie to może bardzo różnić się od ciśnienia atmosferycznego, do którego przyzwyczajony jest ludzki organizm. Aby klatka piersiowa nie została zgnieciona, ciśnienie w płucach musi być równie duże (co zostaje zapewnione dzięki użyciu butli gazowych). Kiedy nurek wypływa na powierzchnię, musi intensywnie oddychać. Wraz z każdym oddechem ciśnienie w jego płucach jest coraz mniejsze i zbliża się do wartości ciśnienia atmosferycznego na powierzchni. Jeśli nurek nabrałby powietrza w płuca na dużej głębokości, a następnie wypłynąłby na powierzchnię bez oddychania, jego płuca zostałyby rozerwane.

III. Ciśnienie

Pytania końcowe (3 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Rakiety śnieżne: <http://www.napieraj.pl/xoops/modules/wfsection/article.php?articleid=260>
2. Barometr – zasada działania, przykłady: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Barometr>

Doświadczenie 1: Ciśnienie wywierane przez ciało stałe



Przyrządy i materiały:

jeden (np. prawy) but z płaskim, szerokim obcasem i jeden (np. lewy) but na wąskim obcasie (najlepiej but na szpilce) o podobnym rozmiarze, płaska miska o średnicy co najmniej 40 cm, piasek

Przygotowanie.

Nasyp piasku do miski, wypełniając ją do połowy wysokości. Wyrównaj powierzchnię piasku na płasko.

Eksperyment.

Jedna osoba obecna na zajęciach ubiera oba buty. Osoba ta najpierw staje na jednej nodze w misce z piaskiem, odciskając w nim ślad podeszwy jednego buta. Następnie ta sama osoba staje na drugiej nodze odciskając w tej samej misce ślad podeszwy drugiego buta.

Obserwacja.

- Który ślad jest głębszy?

Komentarz.

Stojąc na płaskiej powierzchni Ziemi człowiek (i każde inne ciało stałe) wywiera na podłoże nacisk równy co do wartości ciężarowi swojego ciała. Zatem w obu częściach naszego doświadczenia siła nacisku człowieka na piasek ma tę samą wartość. Ponieważ jednak ciśnienie wywierane przez człowieka jest odwrotnie proporcjonalne do pola powierzchni dociskającej, to im mniejsze pole, tym większe ciśnienie. Pole powierzchni szpica obcasa buta na szpilce jest znacznie mniejsze, niż pole powierzchni obcasa szerokiego i płaskiego, dlatego ciśnienie wywierane przez wąski obcas jest znacznie większe niż ciśnienie wywierane przez obcas szeroki. Okazuje się, że im większe ciśnienie (a nie siła nacisku!), tym głębiej obcas zapada się w piasek.

Równie trudnym, co piasek podłożem do poruszania się jest świeży śnieg. Już kilka tysięcy lat temu ludność zamieszkująca Kaukaz wynalazła prototypy rakiet śnieżnych - szerokich, lekkich elementów przywiązywanych do tradycyjnych butów, mających ułatwić maszerowanie po powierzchniach pokrytych grubymi warstwami śniegu. Zastosowanie rakiety śnieżnej zwiększa pole powierzchni styku człowieka ze śniegiem, a tym samym – kilkakrotnie zmniejsza ciśnienie wywierane na śnieg, co z kolei zapobiega nadmiernemu w nim zapadaniu się.

Więcej o dawnych i współczesnych rakietach śnieżnych można przeczytać na przykład na stronie:

<http://www.napieraj.pl/xoops/modules/wfsection/article.php?articleid=260>

Na identycznej zasadzie funkcjonują narty i deski snowboardowe.



Na zdjęciu: Charli Chaplin z tradycyjnymi rakietami śnieżnymi w 1931 roku w Kanadzie (źródło: www.bundesarchiv.de)

III. Ciśnienie

Doświadczenie 2: Ciśnienie hydrostatyczne w butelce



Eksperyment najlepiej wykonać w pomieszczeniu, w którym znajduje się zlew lub umywalka z kranem z bieżącą wodą

Przyrządy i materiały:

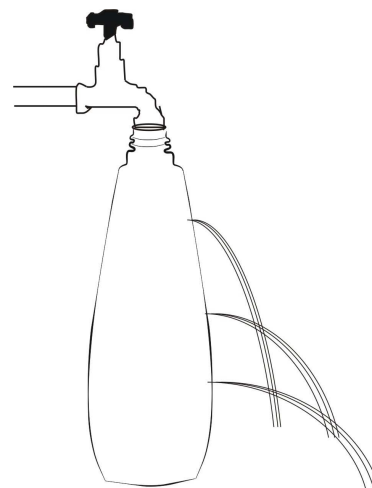
przezroczysta butelka plastikowa o pojemności 1,5 lub 2 litrów, gwóźdź, plastelina, kran z bieżącą wodą, umywalka lub zlew.

Przygotowanie.

Za pomocą gwóźdźa wytnij w butelce trzy otwory w jednej linii: jeden w $\frac{1}{4}$ wysokości butelki, drugi w połowie wysokości butelki, trzeci w odległości $\frac{3}{4}$ wysokości butelki (licząc od dna).

Eksperyment.

Postaw butelkę w zlewie. Umocuj otwór butelki i wylot kranu tak, aby woda wpływała do butelki i nie lała się po jej zewnętrznych ściankach (do uszczelnienia połączenia butelki z kranem użyj plasteliny). Otwórz kran tak, aby woda dużym strumieniem wlewała się do butelki; strumień musi być na tyle silny, aby już po chwili woda wypełniła całą butelkę. Zmniejsz nieco strumień wody wypływającej z kranu tak, aby butelka cały czas pozostawała wypełniona.



Uwaga: jeżeli w pomieszczeniu nie ma kranu z bieżącą wodą, to można zalepić otwory w butelce (np. plasteliną), napęlić butelkę całkowicie wodą w łazience szkolnej, a po przeniesieniu butelki do sali, w której odbywają się warsztaty, włożyć butelkę do odpowiednio dużej miski z wodą i odlepić jednocześnie wszystkie trzy otwory; w takiej wersji doświadczenia jednak widoczny jest słabszy efekt niż w wersji podstawowej

Obserwacja.

- Czy strumienie wody wypływające z różnych otworów mają taki sam kształt?
- Czy woda ze strumieni pochodzących z różnych otworów pada w to samo miejsce w umywalce (ma ten sam zasięg)?
- Jak sądzisz, w którym strumieniu woda ma największe, a w którym – najmniejsze ciśnienie? Po czym można to poznać?

Komentarz.

Zasięg strumienia cieczy jest tym większy im większe ciśnienie cieczy wypływającej z otworu. W doświadczeniu można zaobserwować prawidłowość: im wyżej położony otwór, tym zasięg cieczy jest mniejszy, a zatem tym mniejsze ciśnienie cieczy w otworze. Stąd wniosek: ciśnienie hydrostatyczne wody (a także każdej innej cieczy lub gazu) jest tym większe, im wyższy słup wody (cieczy lub gazu) ponad miejscem, w którym ciśnienie jest mierzone. Ciśnienie hydrostatyczne cieczy i gazów nie zależy od pola powierzchni przekroju poprzecznego tej cieczy lub gazu, a jedynie od gęstości tej cieczy lub gazu oraz wspomnianej już wysokości słupa!

Dosyć często (np. w codziennej prognozie pogody) możemy uzyskać informację na temat wartości szczególnego ciśnienia: **ciśnienia atmosferycznego**. Jest to ciśnienie hydrostatyczne słupa powietrza znajdującego się nad powierzchnią Ziemi (i przyciąganego do niej siłą grawitacji). W Polsce wartości tego ciśnienia oscylują wokół 1000 hPa. Jest to ogromna wartość odpowiadająca mniej więcej ciśnieniu, jakie wywierałby samochód osobowy położony na ludzkiej głowie. Ciśnienie atmosferyczne nie zgniata jednak ludzkiej głowy, ponieważ jednocześnie organizm wytwarza równoważące ciśnienie wewnętrzne. Ciśnienie to dostosowuje się do zmian zewnętrznego ciśnienia atmosferycznego.

III. Ciśnienie

Najwyższe jak do tej pory ciśnienie atmosferyczne w Polsce odnotowano 16 grudnia [1997](#) w Suwałkach (1054 hPa), a najniższe 1 marca [2008](#) roku w Białymstoku (962 hPa). Do pomiaru ciśnienia atmosferycznego służą barometry (<http://pl.wikipedia.org/wiki/Barometr>).

Wyż to taki obszar, w którym panuje wysokie ciśnienie atmosferyczne, zazwyczaj wyższe od 1000 hPa. Im dalej od centrum wyżu, tym ciśnienie niższe. Obszar, w którym panuje niskie ciśnienie (niższe od 1000 hPa) nazywa się **niżem**. Im dalej od centrum niżu, tym ciśnienie wyższe. Różnica ciśnień pomiędzy obszarami wyżu i niżu powoduje powstanie wiatru. Na naszych szerokościach geograficznych wiatry wieją od wyżu do niżu.

Doświadczenie 3: Słomka do napojów



Przyrządy i materiały:

szklanka, słomka do napojów, woda lub inny napój

Eksperyment.

Wlej napój do szklanki. Napij się napoju przy użyciu słomki.

Obserwacja.

- Co trzeba zrobić, aby napić się przez rurkę?

Komentarz.

Picie przez rurkę polega na wysysaniu powietrza z części rurki wystającej ponad powierzchnię napoju. Spada wówczas ciśnienie powietrza w tej części rurki (powstaje podciśnienie) i w rurce wytwarza się różnica ciśnień pomiędzy dolnym jej końcem, a górnym. Różnica ta musi zostać zniwelowana, dlatego napój wciągany jest do rurki. Słup napoju w rurce wznosi się ponad poziom napoju w szklance i w ten sposób w słomce wytwarza się dodatkowe ciśnienie hydrostatyczne. Jego wartość jest równa różnicy ciśnienia powietrza atmosferycznego i powietrza w rurce. Można powiedzieć, że ciśnienie atmosferyczne wywierane na powierzchnię napoju w szklance wypycha w ten sposób napój do rurki.

Z jak głębokiej studni można się napić w ten sposób wody za pomocą długiej rurki? Ze studni, w której lustro wody znajduje się najwyżej 10,3 m poniżej poziomu naszych ust. W tym granicznym przypadku musi zostać wciągnięte całe powietrze z górnej części rurki (czyli musi zostać wytworzona próżnia!). Wówczas różnica ciśnień jest równa dokładnie ciśnieniu atmosferycznemu, a z drugiej strony – ciśnieniu hydrostatycznemu słupa wody. Jeżeli chcemy wyciągnąć jakiś płyn (np. ropę naftową) z większej głębokości, nie wystarczy metoda zassania, ale muszą zostać użyte pompy tłoczące.

Czy można napić się przez słomkę na Księżycu? Pomijając nawet aspekt czysto techniczny (np. kwestię wyprowadzenia słomki ze skafandra astronauty, bez naruszenia jego szczelności) nie ma możliwości picia przez słomkę na Księżycu, ponieważ ciśnienie atmosferyczne na tym naturalnym satelicie Ziemi ma praktycznie wartość równą zero.



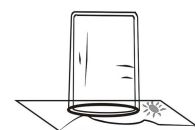
Doświadczenie 4: Szklanka z widokówką

Przyrządy i materiały:

szklanka, łyżeczka, widokówka, miska, woda w kranu

Eksperyment.

Szklankę napełnij wodą i wstaw do miski dnem w dół. Używając łyżeczki, powoli dolewaj wody do szklanki. Szklanka musi zostać wręcz przepięlna wodą. Przyjrzyj się kształtowi powierzchni wody powyżej brzegu szklanki. Na szklance połóż widokówkę zdjęciem w dół. Dociśnij widokówkę do szklanki. Na pewno trochę wody się wyleje! Przyciskając jedną ręką widokówkę do szklanki, drugą ręką obróć szklankę do góry dnem. Trzymając szklankę nad miską, puść widokówkę. Jeżeli widokówka odpadła, musisz powtórzyć eksperyment jeszcze raz. Być może w szklance było początkowo za mało wody lub widokówka była zbyt słabo dociśnięta do szklanki.



III. Ciśnienie

Obserwacja.

- Jaki kształt ma tafla wody w szklance przepelnionej wodą?
- Jak sądzisz, dlaczego widokówka nie spada?

Komentarz.

Przy powolnym dolewaniu wody do szklanki, można ją przepelnić. Woda nie wylewa się od razu po wypelnieniu szklanki po brzegi. Część wody może utworzyć tzw. **menisk wypukły** ponad brzegiem szklanki. Menisk może powstać, ponieważ cząsteczki wody w szklance silnie przyciągają cząsteczki wody znajdujące się powyżej szklanki.

W naszym otoczeniu znajduje się powietrze. Jest ono rzadkie, ale słupek powietrza ponad naszymi głowami jest bardzo wysoki. Powietrze to dociska nas oraz wszystkie inne przedmioty na Ziemi, wywierając na nas **ciśnienie**. Powietrze ciśnie nas z każdej strony, nie tylko pionowo od góry.

W szklance przepelnionej wodą nie ma w ogóle powietrza. Po dociśnięciu widokówki do szklanki, powietrze nie może się także samo do niej dostać. Kiedy obracamy szklankę do góry dnem i nie przytrzymujemy już widokówki palcem, od góry na widokówkę naciska słupek wody (wywierając ciśnienie hydrostatyczne), a od dołu – tylko powietrze dociska widokówkę. Wartość ciśnienia powietrza jest tak duża, że widokówka nie odpada od szklanki.

Kiedy widokówka odpadnie? Gdy pomiędzy widokówkę a wodę dostanie się powietrze. Wówczas od góry widokówkę dociskać będzie i woda i powietrze, a od dołu – tylko powietrze, dlatego widokówka cała odklei się od szklanki, a wraz z nią gwałtownie wyleje się woda.

Doświadczenie 5: Balonik w butelce

Przyrządy i materiały:

1 balonik, butelka o pojemności 1,5 -2 litra, słomka do napojów

Przygotowanie.

Nadmuchaj balonik i wypuść z niego powietrze kilka razy.

Eksperyment.

- Włóż balonik do butelki, trzymając jego wylot palcami tak, aby balonik nie wpadł do wnętrza. Spróbuj nadmuchać balonik. Wypuść powietrze z balonika.
- Wprowadź do butelki słomkę do napojów obok balonika, tak, aby nie wpadła do środka, a jej koniec wystawał ponad otwór butelki. Cały czas trzymaj i słomkę i balonik. Spróbuj nadmuchać balonik.

Obserwacja.

- Kiedy dmuchanie balonika było łatwiejsze: bez słomki czy z użyciem słomki?
- Ile miejsca w butelce zajął nadmuchiwany balonik w pierwszej, a ile w drugiej części eksperymentu?

Komentarz.

W naszym otoczeniu znajduje się powietrze atmosferyczne, które wywiera na nas ze wszystkich stron ciśnienie. Mimo, że tego nie odczuwamy, ciśnienie to jest bardzo duże, (mniej więcej takie, jak ciśnienie wywierane przez stojący kilogramowy słupek, którego podstawka jest kwadratem o boku 1 cm). Aby nadmuchać balonik musimy pokonać siłę pochodzącą z zewnątrz od nacisku powietrza na balonik oraz siłę sprężystości gumy balonika.

„Pustą” butelkę całkowicie wypełnia powietrze o takim samym ciśnieniu, jak powietrze atmosferyczne w naszym otoczeniu. Gdy do butelki wprowadzimy balonik i zaczynamy w niego dmuchać, to niemal natychmiast balonik wypełnia bardzo szczelnie wlot otworu butelki. Rozszerzający się balonik zajmuje miejsce powietrza wewnątrz butelki, dlatego samo powietrze musi być coraz bardziej ściskane, przez co wzrasta jego ciśnienie. Bardzo szybko dalsze nadmuchiwanie staje się niemożliwe, bo powietrze znajdujące się w butelce pod balonikiem wywiera na niego zbyt duże ciśnienie i nie pozwala mu się rozszerzyć.

Jeżeli jednak obok balonika wprowadzimy do butelki otwartą rurkę (np. słomkę do napojów), to podczas dmuchania balonika część powietrza z butelki będzie ulatywać przez rurkę. Pozostałe w butelce powietrze będzie miało cały czas ciśnienie zbliżone do atmosferycznego, dlatego bez kłopotu nadmuchaemy balonik.

III. Ciśnienie

Doświadczenie 6: Ciśnienie turgorowe



Przyrządy i materiały:

5 drewnianych zapałek, czysty kroplomierz (zakraplacz do oczu lub pipetę), woda z kranu, płaski talerzyk

Przygotowanie.

Zgnij każdą zapałkę dokładnie w połowie, ale tak, aby jej całkowicie nie złamać!

Eksperyment.

Ułóż wszystkie zapałki na talerzyku tak, aby się stykały punktami zgięć. Zapałki powinny utworzyć pięcioramienną figurę, jak na obrazku.

Użyj kroplomierza i umieść 4 krople wody w samym środku, pomiędzy punktami zgięć zapałek. Obserwuj zapałki przez minutę.



Obserwacja.

- Jaką figurę utworzyły zapałki po kilku minutach od wkroplenia wody?

Komentarz.

Zapałki są zrobione z drewna. Drewno jest zbudowane z komórek roślinnych. Podczas suszenia drewna, większość wody obecna pomiędzy komórkami wydostaje się na zewnątrz, pozostawiając puste przestrzenie (kanały) pomiędzy komórkami. Gdy wkrapiamy wodę pomiędzy zapałki, woda wciągana jest do tych bardzo wąskich, pustych kanałów dzięki tak zwanemu **efektowi kapilarnemu**. Efekt kapilarny polega na pełznięciu cieczy po ściankach kanałów. Im cieńszy kanał, tym silniejsza tendencja cieczy do pełznięcia. Między innymi dzięki temu efektowi rośliny transportują wodę z korzeni, poprzez łądygę do wszystkich swoich części (nawet na bardzo duże wysokości, jak w przypadku drzew).

Zginając zapałkę, zgniatamy komórki i kanały wewnątrz drewna. Po dostaniu się wody do wnętrza zapałki, ciśnienie wody stara się przywrócić początkowy kształt kanałom międzykomórkowym i komórkom. Takie ciśnienie cieczy przywracające pierwotny kształt nazywa się **ciśnieniem turgorowym**. W naszym doświadczeniu ciśnienie turgorowe było wystarczająco duże, aby nieco wyprostować zapałki, które dzięki temu utworzyły po krótkiej chwili kształt gwiazdy.

Żywe organizmy roślinne (zwłaszcza te małe) wykorzystują ciśnienie turgorowe do utrzymywania stale tego samego kształtu komórek i kanałów międzykomórkowych. Roślina, której nie jest dostarczana wystarczająca ilość wody, więdnie (mięknie), ponieważ ciśnienie wewnętrzne nie jest wystarczające do zachowania jej świeżego kształtu.

IV. W wodzie i w powietrzu

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest ciśnienie?
- Co to jest ciśnienie hydrostatyczne?
- Co to jest siła grawitacji? Jaki jest kierunek i zwrot tej siły?
- Do czego służy barometr?

Pytania wstępne (4 min)

- Jakich podnośników używa się do podnoszenia aut w warsztatach samochodowych?
- Jaki rodzaj hamulców dociska klocki tarczowe do kół samochodowych? Z jakich elementów składa się ten układ hamulcowy? Jak działa hamulec w samochodzie?
- Co to jest wieża ciśnień?
- Jak działa odkurzacz?
- Dlaczego helikopter może wznosić się pionowo w górę?
- Dlaczego samolot lata?
- W jaki sposób wylać benzynę z baku samochodu?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Podnośnik hydrauliczny (2 min)

Doświadczenie 2: Hydrauliczny układ hamulcowy (3 min)

Doświadczenie 3: U - rurka (5 min)

Doświadczenie 4: Akwedukty w starożytnym Rzymie (4 min)

Doświadczenie 5: Przeciąg (2 min)

Doświadczenie 6: Wiatr pod mostem (3 min)

Doświadczenie 7: Huragan i samoloty (5 min)

Doświadczenie 8: Rozpylacz (5 min)

Doświadczenie 9*: Barometr wodny (ok. 30 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (5 min)

Prawo Pascala i prawo naczyń połączonych dotyczą cieczy, natomiast prawo ciągłości i prawo Bernoulliego dotyczą zarówno cieczy jak i gazów. Wszystkie te prawa znajdują szerokie zastosowanie w urządzeniach i zjawiskach życia codziennego, związanych z hydrostatyką, hydrodynamiką i aerodynamiką.

Również fizjologia człowieka oparta jest częściowo na tych prawach. Gdy kaszлемy, wypuszczamy powietrze z dużą prędkością przez tchawicę i dochodzące do niej oskrzela, przy czym jednocześnie nie usuwany jest nadmiar śluzu zalegającego w drogach oddechowych. Mianowicie: bierzemy głęboki wdech, zatrzymujemy powietrze w płucach, zamykamy górną głośnię (mały otwór w krtani), ściskamy płuca (zwiększamy ciśnienie zawartego w nich powietrza), a jednocześnie częściowo zatykamy tchawicę i oskrzela, żeby zwęzić drogi oddechowe. Następnie gwałtownie otwieramy głośnię i wypuszczamy powietrze. Szybkość powietrza wydostającego się z naszych płuc podczas normalnego oddychania jest równa około 45 m/s, ale podczas kaszlu szybkość ta wzrasta do 330 m/s, czyli niemalże osiąga prędkość dźwięku w powietrzu!

Pytania końcowe (3 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

IV. W wodzie i w powietrzu

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Prawo Pascala: <http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/brake1.htm>
2. Hamulec hydrauliczny: <http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/brake3.htm>
3. Barometr – zasada działania, przykłady: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Barometr>
4. Jak powstaje studnia artezyjska? http://pl.wikipedia.org/wiki/Niecka_artezyjska
5. Wody artezyjskie: http://pl.wikipedia.org/wiki/Wody_artezyjskie
6. Akwedukt: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Akwedukt>
7. Lewar hydrauliczny: http://portalwiedzy.onet.pl/33129,,,lewar_hydrauliczny,haslo.html
8. O fizjologii kaszlu na podstawie: D. Halliday, R. Resnick, J. Walter „Podstawy fizyki”, t.2, str.91 (PWN, Warszawa 2005)
9. Jak działa odkurzacz? M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier „Fizyka dla gimnazjum”, t.2, str.156 (Zamkor, 2006)
10. Helikopter: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Helikopter>

Doświadczenie 1: Podnośnik hydrauliczny



Niezbędne bezpośrednie
połączenie z Internetem.

Przyrządy i materiały:

komputer podłączony do Internetu.

Eksperyment.

Otwórz stronę internetową:

<http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/brake1.htm>

na której znajdują się trzy demonstracje.

- Prosty układ hydrauliczny (Simple Hydraulic System)
- Złożony układ hydrauliczny (Master and Slave Hydraulic System)
- Prawo Pascala dla prasy hydraulicznej (Hydraulic Multiplication)

Każdą demonstrację można uruchomić za pomocą czerwonej strzałki „Apply Force”.

Komentarz.

- Prosty układ hydrauliczny

Podstawowa zasada działania prostego układu hydraulicznego jest oparta na **prawie Pascala**: Dodatkowe ciśnienie wywierane na **nieściśliwą ciecz**, (spowodowane siłą nacisku o dowolnym kierunku), jest w każdym miejscu jednakowe. W tym przykładzie widzimy najprostszą realizację tej zasady. Naciskając na lewy tłok w dół, wywieramy pewne **dotatkowe** ciśnienie na ciecz znajdująca się pod tłokiem. Ciśnienie to jest przenoszone do każdego punktu nieściśliwej cieczy i dodaje się do ciśnienia hydrostatycznego w dowolnym miejscu. Dzięki temu prawy tłok podnosi się do góry, gdyż od spodu działa na niego większe ciśnienie niż od góry. Ponieważ oba tłoki mają jednakowe pole powierzchni, prawy tłok zostanie podniesiony dokładnie o tyle, o ile został obniżony lewy tłok.

Sz szczególnie „mocną stroną” prawa Pascala jest fakt, iż w takim układzie system połączenia cylindrów może mieć dowolnych kształt i wielkość.

IV. W wodzie i w powietrzu

- Złożony układ hydrauliczny

Rury prowadzące od jednego cylindra do drugiego mogą się także rozdzielać, a prawo Pascala będzie w dalszym ciągu obowiązywać – jak to można zaobserwować w drugiej demonstracji. Jeżeli pola powierzchni tłoka naciskanego i tłoka podnoszącego się nie są jednakowe, siły działające na oba tłoki nie mają takich samych wartości.

- Prawo Pascala dla prasy hydraulicznej

Dobierając odpowiednio stosunek pól powierzchni obu tłoków, możemy odpowiednio zmniejszać lub zwiększać siłę nacisku na drugi tłok. Na tej zasadzie działają hydrauliczne: prasy, podnośniki oraz hamulce. Ponieważ ciśnienia działające na oba tłoki są zawsze takie same, to: $p_1 = p_2$, a zatem

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}, \text{ a stąd już wprost wynika, że } \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

Wartość siły podnoszącej prawy tłok jest tyle razy większa od wartości siły, którą naciskaliśmy na lewy tłok, ile razy pole powierzchni prawego tłoka jest większe od pola powierzchni lewego tłoka. (Zauważ, że w demonstracji średnica prawego tłoka jest trzy razy większa od średnicy lewego tłoka.)

Doświadczenie 2: Hydrauliczny układ hamulcowy



Niezbędne bezpośrednie połączenie z Internetem.

Przyrządy i materiały:

komputer podłączony do Internetu.

Eksperyment.

Otwórz stronę internetową:

<http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/brake3.htm>

na której znajduje się demonstracja zasady działania prostego hydraulicznego układu hamulcowego. Demonstrację można uruchomić za pomocą czerwonej strzałki „Apply Brake”.

Komentarz.

Najprostszy hydrauliczny układ hamulcowy składa się z pedała hamulca połączonego z ramieniem, cylindra z tłokiem, przewodu hamulcowego, drugiego cylindra z tłokiem, klocków hamulcowych oraz płynu hamulcowego (nieściśliwej cieczy), znajdującego się w cylindrach i łączącym je przewodzie.

Naciskając na pedał działamy siłą o wartości F . Pedał i tłok cylindra przyłączone są do tego samego ramienia obrotowego. Ponieważ pedał znajduje się od osi obrotu w odległości cztery razy większej niż tłok cylindra, wartość siły naciskającej na tłok pierwszego cylindra jest cztery razy większa niż wartość siły przyłożonej do pedała, czyli wynosi $4F$. Tłok w cylindrze pierwszym ma średnicę trzy razy mniejszą niż tłok w cylindrze drugim, dlatego zgodnie z prawem Pascala wartość siły działającej na tłok w cylindrze drugim jest $3^2=9$ razy większa niż wartość siły przyłożonej do tłoka pierwszego i wynosi $4F \cdot 9$. Ostatecznie w układzie pokazanym na schemacie siła działająca na klocki hamulcowe jest 36 razy większa od siły nacisku na pedał hamulca.



IV. W wodzie i w powietrzu

Doświadczenie 3: U - rurka

Przyrządy i materiały:

przezroczysty, giętki wężyk o długości ok. 1m, woda z kranu, olej

Eksperyment.

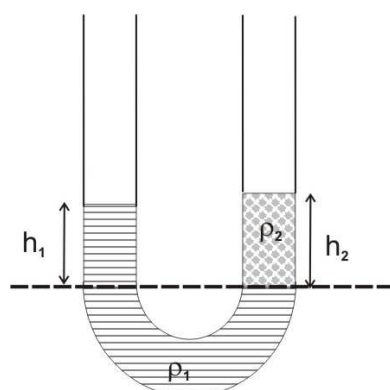
- Napełnij wężyk wodą mniej więcej w połowie. Wygnij wężyk w kształcie litery U i przytrzymaj otwarte końce wężyka na tej samej wysokości. Zaobserwuj wzajemne położenie poziomów wody w obu ramionach U – rurki. Następnie powoli pociągnij jeden koniec wężyka do góry, drugi pozostawiając w położeniu początkowym. Zaobserwuj wzajemne położenie poziomów wody w obu ramionach U – rurki.
- Do jednego z ramion wężyka wlej olej. Wygnij powrotem wężyk tworząc U – rurkę. Zaobserwuj wzajemne położenie: poziomu oleju w jednej części rurki i poziomu wody w drugiej części rurki.

Obserwacja.

- Jaka jest wzajemna wysokość słupa wody oraz słupa oleju powyżej poziomu, na którym obie te ciecze się stykają w jednym z ramion wężyka?

Komentarz.

Wzajemne ułożenie cieczy jest uwarunkowane prawem naczyń połączonych:

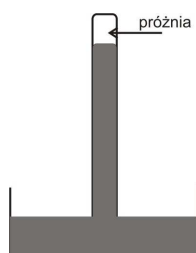
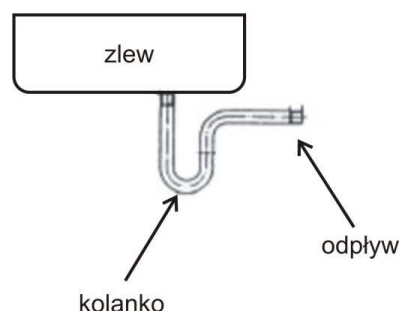


$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

Wysokości słupów cieczy są mierzone powyżej poziomu styku obu cieczy w jednym z ramion U – rurki. Im gęstsza ciecz, tym jej poziom w rurce wyższy.

Wiele urządzeń (system kanalizacyjny) i przedmiotów codziennego użytku (czajniki, imbryki) zostało zaprojektowanych z uwzględnieniem prawa naczyń połączonych. Na przykład: tuż pod zlewami i umywalkami znajdują się najczęściej rurki zagięte w charakterystyczny sposób, pokazany na rysunku.

Powstałe w ten sposób „kolanko” zatrzymuje najświeższą partię wody, która s płynie ze zlewu i po zakręceniu kranu nie zdąży wspiąć się do odpływu. Woda ta izoluje mieszkanie od przykrych zapachów, które mogłyby wydobywać się z rury odpływowej.



Prawo naczyń połączonych jest też podstawą działania najprostszego barometru rtęciowego, w którym jednym naczyniem jest rurka z rtęcią o długości około 1 m, a drugim – szerokie naczynie zawierające rtęć oraz słup powietrza ponad tym naczyniem. Rurkę całkowicie wypełniamy rtęcią, zatykamy od góry, obracamy do góry dnem i wstawiamy do naczynia z rtęcią. Z rurki wypłynie tyle rtęci, aby ciśnienie hydrostatyczne pozostałej w niej rtęci równoważyło ciśnienie atmosferyczne. Nad słupkiem rtęci w rurce powstaje próżnia.

Spróbuj znaleźć w domu inne przedmioty lub urządzenia, których zasada działania, bądź funkcja użytkowa opiera się na prawie naczyń połączonych.

IV. W wodzie i w powietrzu

Doświadczenie 4: Akwedukty w starożytnym Rzymie



Przyrządy i materiały:

butelka o pojemności 1,5-2 litra, wypełniona wodą w $\frac{3}{4}$ objętości, przezroczysty, giętki wężyk o długości 1 m, krzesło

Eksperyment.

- Butelkę postaw na krześle. Włóż do butelki jeden koniec wężyka, a drugi opuść swobodnie w dół.

Obserwacja.

Czy woda wypływa przez wężyk?

- Wciągnij nieco powietrza z rurki tak, aby poziom wody w rurce podniósł się powyżej górnego otworu butelki.

Obserwacja.

Czy teraz woda wypływa przez wężyk? Jak długo?

- Sprawdź, czy woda będzie wypływać niezależnie od tego, czy dolny koniec znajduje się poniżej, czy powyżej lustra wody w butelce.

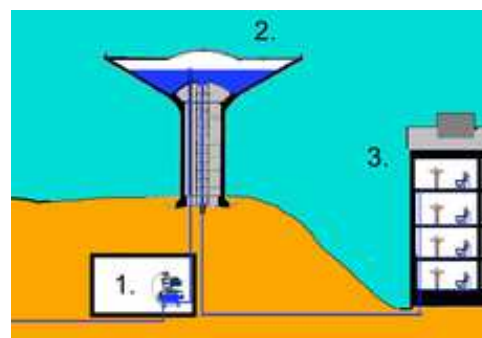
Komentarz.

Rurka całkowicie wypełniona cieczą łącząca dwa naczynia i biegnąca przynajmniej częściowo ponad lustrami wody w tych naczyniach nazywana jest lewarem hydraulicznym. Służy ona do przelewania cieczy z jednego naczynia do drugiego. Stosując lewar hydrauliczny można na przykład wylać benzynę z baku, co innymi sposobami jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe.

Prawo naczyń połączonych zastosowali z powodzeniem już starożytni Rzymianie, budując akwedukty – kanał wodociągowy, rurociąg podziemny lub nadziemny, doprowadzający wodę z odległych źródeł na ogół do miast przy wykorzystaniu siły ciężenia ziemskiego. Był on umieszczony na arkadach – ogromnych, malowniczych budowlach przeprowadzanych nad rzekami lub nierównościami terenu. Spadek wysokości kanałów w rzymskich akweduktach wynosił zaledwie kilkadziesiąt centymetrów na kilometr, dzięki czemu można było doprowadzać wodę nawet ze źródeł odległych od miasta o kilkadziesiąt kilometrów. Więcej o akweduktach można przeczytać na: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Akwedukt>.

Dzięki akweduktom woda była dostarczana m.in. do słynnych fontann rzymskich.

W nowoczesnych sieciach wodociągowych również korzysta się z prawa naczyń połączonych. Woda pobierana ze zbiornika słodkowodnego jest pompowana do wieży ciśnień, w której zbiornik zapasu wody znajduje się powyżej wszystkich odbiorców zasilanej przez system sieci wodociągowej. Wówczas woda z wieży ciśnień może swobodnie spływać w dół przewodami wodociągowymi i płynąć nawet kanałami prowadzonymi pod ziemią, albowiem zgodnie z prawem naczyń połączonych i tak w dowolnej pionowej rurze (na przykład rurach doprowadzających wodę do mieszkań na piętrach) będzie ona mogła osiągnąć poziom najwyższy, zgodnie z zasadą wyrównywania poziomów z poziomem wody w wieży ciśnień.



Schemat wieży ciśnień (źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Wieża_ciśnień)

1. Stacja pomp
2. Wieża ciśnień
3. Odbiorcy

IV. W wodzie i w powietrzu

Doświadczenie 5: Przeciąg



Przyrządy i materiały:

długa strzykawka, woda z kranu, zlew lub miska

Eksperyment.

Napełnij strzykawkę wodą. Powoli dociskając tłok strzykawki, obserwuj szybkość wody wypływającej z wąskiego otworu.

Obserwacja.

- Co się szybciej porusza: tłok strzykawki, czy woda wypływająca z wąskiego otworu strzykawki?

Komentarz.

Wzrost wartości prędkości wody w wąskim wylocie strzykawki jest zgodne z **prawem ciągłości**.

Inną zasadą wynikającą wprost z tego prawa jest zwiększenie prędkości cieczy lub gazu, w wąskim tunelu lub korycie. Na przykład, gdy rzeka płynie szerokim korytem, wartość jej prędkości jest mała, natomiast, gdy koryto tej rzeki się zwęża, wzrasta wartość prędkości nurtu rzeki.

Na tej samej zasadzie tworzą się przeciągi. Gdy otworzysz w pomieszczeniu okno i drzwi naprzeciwko siebie, tworzysz tunel. Wówczas nawet spokojny ruch powietrza na zewnątrz budynku przeradza się w odczuwalny wiatr wewnątrz pomieszczenia, ponieważ część szerokiej strugi powietrza napierającej na budynek gwałtownie zmniejsza swoją szerokość, chcąc przecisnąć się na drugą stronę budynku przez tunel wytworzony w mieszkaniu. Podobne zjawisko zachodzi w przejściach podziemnych, w przesmykach pod mostami itp.

Doświadczenie 6: Wiatr pod mostem



Przyrządy i materiały:

6 grubych książek, kartka papieru A4, stół, suszarka do włosów

Przygotowanie.

Ułóż książki poziomo w dwa stosy o jednakowej wysokości, znajdujące się w odległości ok. 15 cm od siebie. Połóż kartkę papieru jednocześnie na obu stosach, tworząc z niej „most”.

Eksperyment.

Włącz suszarkę do prądu. Skieruj suszarkę pod kartkę leżącą na książkach. Strumień powietrza z suszarki powinien przepływać mniej więcej w połowie odległości pomiędzy kartką a blatem stołu.

Obserwacja.

- Co się dzieje z kartką papieru?
- Jak sądzisz, gdzie ciśnienie jest wyższe: pod czy nad kartką?

Komentarz.

Ciśnienie w obszarze szybko płynącego powietrza (pod kartką) jest niższe niż ponad tym obszarem, gdzie powietrze się nie porusza lub ruch powietrza jest powolny (zgodnie z prawem Bernoulliego). Różnica ciśnień jest na tyle duża, że kartka wyraźnie zagina się do dołu.

Podobną zasadę wykorzystuje się w odkurzaczu. Silnik elektryczny napędza wentylator, który obracając się z dużą szybkością, obniża ciśnienie za zbiornikiem na śmieci (papierową torebką). Ciśnienie przed torebką papierową jest większe (i równe ciśnieniu atmosferycznemu) i to ono wypycha śmieci do wnętrza odkurzacza. Na tej samej zasadzie obracający się wirnik helikoptera obniża ciśnienie ponad nim, umożliwiając wznoszenie się helikoptera w pionie.

IV. W wodzie i w powietrzu

Doświadczenie 7: Huragan i samoloty



Przyrządy i materiały:

Elementy, z których można skonstruować pionowe ściany budynku (np. dwa pudełka po DVD albo dwie grube książki, albo zestaw klocków plastikowych lub drewnianych), kartka z bloku technicznego wielkości A4, suszarka do włosów

Przygotowanie.

Ustaw pionową konstrukcję ścian budynku. Ściany nie muszą być ze sobą połączone, ale muszą stać na tyle stabilnie, aby się nie wywracały pod wpływem strumienia powietrza z suszarki. Zegnij kartkę papieru na pół, tworząc w ten sposób dach. Połóż dach na konstrukcji budynku.

Eksperyment.

Włącz suszarkę i skieruj strumień powietrza powyżej dachu. Dostosuj położenie suszarki, prędkość strumienia oraz kierunek strumienia tak, aby po chwili dach oderwał się od konstrukcji ścian.

Obserwacja.

- Z której strony najpierw podniósł się dach do góry: od strony strumienia suszarki, czy od przeciwnej?

Komentarz.

Struga wiatru opływającego budynek zwięza się w pobliżu jego dachu i zgodnie z prawem ciągłości nabiera większej prędkości. Jeśli wiatr sam z siebie jest już huraganowy, jego prędkość w górnej części budynku jest bardzo duża. Zgodnie z prawem Bernoulliego w szybko poruszającym się strumieniu cieczy lub gazu panuje niższe ciśnienie niż w strumieniu poruszającym się wolniej. Tuż ponad dachem panuje zatem znacznie niższe ciśnienie niż na poziomie pod dachem. Wytworzona różnica ciśnień powoduje powstanie siły skierowanej pionowo w górę, zwanej **siłą nośną**. W przypadku wiatrów silnych z natury (takich jak huragany), siła ta jest na tyle duża, że może oderwać dach od budynku.

Siła nośna jest jednak na ogół siłą bardzo pożyteczną, wykorzystywaną na przykład w locie przez ptaki i samoloty. Skrzydło ptaka i samolotu jest tak wyprofilowane, że od spodu jego powierzchnia jest płaska, a od góry – wypukła. Struga powietrza opływająca skrzydło musi pokonać znacznie większą drogę powyżej niż poniżej tego skrzydła. Dlatego prędkość strugi nad skrzydłem jest większa niż pod nim. Powstaje różnica ciśnień i wynikająca z niej siła nośna skierowana do góry. Siła nośna jest tym większa im większa wartość prędkości względnej powietrza i samolotu. Dlatego samolot, żeby w ogóle oderwać się od pasa startowego, musi się najpierw na nim rozpędzić do znacznej prędkości.

Doświadczenie 8: Rozpylacz



Przyrządy i materiały:

słomka do napojów, szklanka z wodą pitną, nożyczki

Przygotowanie.

Słomkę do napojów natnij w około 1/3 długości i zegnij pod kątem prostym.

Eksperyment.

Krótszy koniec pionowo ustawionej części rurki umieść w wodzie. W poziomo ustawioną (dłuższą) część rurki dmuchaj tak, aby szybkość strugi powietrza przepływającej przez rurkę była jak największa.

Obserwacja.

- Co się dzieje z wodą w pionowej części rurki?

IV. W wodzie i w powietrzu

Komentarz.

Struga powietrza o dużej szybkości obniża ciśnienie nad otworem powstałym po przecięciu rurki. Na skutek tego podnosi się poziom wody w krótkiej rurce. Jeśli szybkość strugi jest odpowiednio duża, woda może nawet wytrysnąć przez otwór, dostając się w obszar strugi. Wówczas jest ona rozpylana na drobne kropelki.

Doświadczenie jest demonstracją zasady działania najprostszego rozpylacza.

Doświadczenie 9*: Barometr wodny



Eksperyment należy wykonać w budynku o wysokości co najmniej 12 m z klatką schodową

Przyrządy i materiały:

przezroczysty, giętki wężyk z tworzywa o długości około 11 m, 3 litry wody mineralnej, wąskie wiadro o pojemności co najmniej 3 l, klatka schodowa w budynku o wysokości co najmniej 12 m.

Przygotowanie.

Znajdź takie miejsce w budynku, z którego będzie można poprowadzić wężyk pionowo w dół z kondygnacji wznoszącej się ok. 11 metrów nad poziomem parteru – na parter.

Uwaga: jeżeli warunki w budynku nie pozwalają na poprowadzenie wężyka dokładnie pionowo w dół, to wężyk musi być odpowiednio dłuższy.

Ustaw wiadro w najniższym punkcie klatki schodowej. Nalej wody mineralnej do wiadra.

Jedna osoba wychodzi na kondygnację leżącą około 11 m nad poziomem parteru i trzymając jeden koniec wężyka spuszcza drugi koniec pionowo w dół na parter. Osoba ta będzie potrzebowała asystenta na najwyższej kondygnacji. Trzecia osoba umieszcza dolny koniec wężyka w wiadrze z wodą i musi pilnować, aby ten koniec podczas całego doświadczenia pozostał zanurzony w wodzie. Pozostałe osoby powinny zostać rozstawione mniej więcej w równych odstępach na klatce schodowej pomiędzy parterem a kondygnacją, na której znajduje się górny koniec wężyka.

Eksperyment.

Na umówiony sygnał osoba stojąca na najwyższej kondygnacji zaczyna wysysać powietrze z rurki tak, jakby chciała się napić przez słomkę. Za każdym razem, gdy będzie chciała odpocząć, musi szczelnie zatkać koniec rurki palcem. Może także wymieniać się przy tej czynności z asystentem. W miarę wciągania powietrza z wężyka osoby stojące wzdłuż klatki schodowej powinny głośno raportować fakt dotarcia poziomu wody w wężyku do ich stanowiska.

Obserwacja.

- Na jaką maksymalną wysokość wzniósł się poziom wody w wężyku?

Komentarz.

Wężyk, wiadro i słup powietrza ponad wiadrem to układ naczyń połączonych. Stosuje się zatem do nich prawo naczyń połączonych.

Podobnie jak podczas picia wody przez słomkę, wciągając powietrze przez wężyk, zmniejszamy ciśnienie powietrza na jednym końcu wężyka, podczas, gdy na drugi koniec wężyka wywierane jest ciśnienie atmosferyczne (plus ciśnienie hydrostatyczne pochodzące od słupa wody znajdującego się powyżej tej części wężyka, która zanurzona jest w cieczy). Wyrównanie ciśnień pomiędzy dwoma końcami wężyka następuje dzięki wznoszeniu się wody wewnątrz wężyka, zgodnie z równaniem:

ciśnienie powietrza w górnej części wężyka + ciśnienie hydrostatyczne słupa wody w wężyku (powyżej tafli wody w wiadrze) = ciśnienie atmosferyczne

Ciśnienie atmosferyczne nie zmienia się podczas doświadczenia. Wartości ciśnień występujących po lewej stronie równania zmieniają się w miarę wysysania powietrza z wężyka: ciśnienie powietrza w górnej części wężyka maleje i jednocześnie ciśnienie hydrostatyczne słupa wody w wężyku rośnie, bo poziom wody podnosi się. Maksymalna wysokość tafli wody w wężyku

IV. W wodzie i w powietrzu

zostanie osiągnięta, gdy w górnej części wężyka praktycznie nie będzie już powietrza. Wówczas ciśnienie atmosferyczne będzie równe ciśnieniu hydrostatycznemu słupa wody:

$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{wody}} \cdot g \cdot h, \text{ skąd można obliczyć wysokość tego słupa: } h = \frac{P_{\text{atm}}}{\rho_{\text{wody}} \cdot g}.$$

W zależności od wartości ciśnienia atmosferycznego podczas doświadczenia wysokość słupa może się nieznacznie wahać, ale w Polsce będzie to zawsze w granicach: 9,8 - 10,7m. Od sprawności osoby wysysającej powietrze zależy, czy uda się podczas tego doświadczenia osiągnąć wartość z tego przedziału.

Jeżeli istnieje możliwość pozostawienia tego barometru wodnego w budynku na dłużej, można go użyć do wyznaczania ciśnienia przez kilka kolejnych dni lub tygodni. Wówczas po wysaniu powietrza z górnej części wężyka, należy go szczelnie zakleić plasteliną oraz wyskalować.

V. Ciecze

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest siła grawitacji? Jaki jest kierunek i zwrot tej siły?
- Która substancja ma większą gęstość: olej jadalny czy woda?

Pytania wstępne (3 min)

- Czy olej miesza się z wodą?
- Jak wysoko jest transportowana woda w roślinach?
- Dlaczego najwyższe rośliny mogą w swoim wnętrzu transportować wodę nawet na wysokość stu metrów?
- Podaj przykłady detergentów.
- Dlaczego łatwiej sprząć brud z ubrań po dodaniu do wody detergentu?
- Z czego robimy bańki mydlane?
- Co to jest emulsja i jak powstaje?
- Jak działa termometr (np. termometr okienny ze słupkiem cieczy)?
- Jakich cieczy używa się w termometrach cieczowych?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Kropla (2 min)

Doświadczenie 2: Wędrowka wody w roślinie (6 min)

Doświadczenie 3: Karta na wodzie (6 min)

Doświadczenie 4: Bańki mydlane (5 min)

Doświadczenie 5: Ketchup (2 min)

Doświadczenie 6: Skrobia w zimnej (5 min)

Doświadczenie 7: Emulsje (6 min)

Doświadczenie 8*: Domowy termometr (25 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Siły przylegania i spójności to dwa typy sił oddziaływań pomiędzy cząsteczkami cieczy i ciał stałych. Są to siły o naturze elektromagnetycznej. Siły działające na cząsteczki wewnątrz cieczy się równoważą, natomiast na cząsteczki leżące na powierzchni działa siła wypadkowa do środka cieczy (siła prostopadła do powierzchni cieczy). Siła ta stara się wciągnąć cząsteczki do wnętrza cieczy, ale we wnętrzu jest już bardzo tłoczno. Dlatego na powierzchni powstaje siła równoległa powierzchni cieczy zwana siłą napięcia powierzchniowego. Można to sobie wyobrazić jako powstanie na tafli cieczy „błonki” lub „skórki” z cząsteczek, które mają trudności, aby przesunąć się do wnętrza cieczy. W nieobecności sił zewnętrznych powoduje to przybieranie przez ciecz kulistego kształtu (ze wszystkich brył o takiej samej objętości, kula ma najmniejszą powierzchnię). Tak się dzieje na przykład na stacji kosmicznej, w warunkach mikrogravitacji. Na Ziemi na ciecz działa dodatkowa siła zewnętrzna (siła grawitacji) skierowana do wnętrza Ziemi, dlatego powierzchnia cieczy w równowadze jest płaska.

Używane w języku potocznym pojęcie „twardości” wody odzwierciedla wartość współczynnika napięcia powierzchniowego wody. Im twardsza woda, tym trudniej prać w niej ubrania. Aby „zmiękczyć” wodę dodaje się do niej detergenty, które zmniejszają napięcie powierzchniowe.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

V. Ciecze

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. K. Ernest „Einstein na huśtawce”, Prószyński i S-ka, 2002
2. M. Fiałkowska, K. Fiałkowski, B. Sagnowska „Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych, Zamkor 2005 (rozdział 4.2.2)
3. „Fizyka z astronomią dla każdego”, pod red. B. Sagnowskiej, Zamkor 2007 (rozdział 5.2)
4. Karta n wodzie: Foton 96, Wiosna 2007:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/96/pdf/09%20karta%20na%20wodzie.pdf>
5. Strona internetowa poświęcona fizyce (LO Turek):
http://www.fizyka.net.pl/index.html?menu_file=ciekawostki%2Fm_ciekawostki.html&former_url=http%3A%2F%2Fwww.fizyka.net.pl%2Fciekawostki%2Fciekawostki_wn5.html
6. Sz. Szczeniowski „Fizyka doświadczalna, t.II – Ciepło i fizyka cząsteczkowa” (PWN, 1976), rozdział 80.
7. Pokaz dużych baniek mydlanych: <http://www.youtube.com/watch?v=ZyJABJlubSk>
8. Pokaz tworzenia dużych baniek mydlanych plenerze oraz zabaw z bańkami:
<http://www.youtube.com/watch?v=HlsoHgPbswg>
9. Sfera wody w warunkach mikrogravitacji: <http://www.youtube.com/watch?v=PxG4iv8>
10. Picie wody chińskimi pałeczkami w warunkach mikrogravitacji:
<http://www.youtube.com/watch?v=7obLT4s2-HA>
11. Neutrino 3, Zima 2008, „Mikrogravitacja”.

Doświadczenie 1: Kropla.



Przyrządy i materiały:

dwie zakrętki od słoika typu twist (lub płaski talerzyk), kroplomierz (zakraplacz do oczu lub pipeta), słomka do napojów, olej, woda, chusteczka higieniczna.

Uwaga! Jeśli nie masz kroplomierza, możesz użyć dodatkowej słomki do napojów.

Przygotowanie.

Wytrzyj dokładnie wewnątrz jednej zakrętki chusteczką i rozprowadź na jej dnie palcem cieniutką warstwę wody. Rozsmaruj także cienką warstwę oleju na denku drugiej zakrętki od strony wewnętrznej.

Eksperyment.

Za pomocą słomki do napojów wprowadź po jednej kropli wody na posmarowane powierzchnie obu zakrętek. Za pomocą kroplomierza lub drugiej słomki do napojów wprowadź po jednej kropli oleju na posmarowane powierzchnie obu zakrętek.

Obserwacja.

- Jaki kształt przyjmuje kropla wody na tłustej powierzchni, a jaki kropla oleju?
- Jaki kształt przyjmuje kropla oleju na powierzchni zwilżonej wodą, a jaki kropla wody?

Komentarz.

Cząsteczki jednej substancji przyciągają się wzajemnie siłami, które określamy jako **siły spójności**. Cząsteczki różnych substancji przyciągają się wzajemnie siłami, które określamy **siłami przylegania**. To siły spójności powodują, że pojedyncze krople cieczy przyjmują kształt o najmniejszej powierzchni, w stosunku do objętości, czyli kształt kuli. (Wyobraź sobie kulę i sześcian o tej samej objętości. Która z tych brył ma większą powierzchnię?) Gdyby nie było grawitacji, to dowolna objętość wody przyjmowałaby kształt kuli; grawitacja „wypłaszcza” powierzchnie cieczy (zobacz w domu film na temat picia wody chińskimi pałeczkami w warunkach mikrogravitacji: <http://www.youtube.com/watch?v=7obLT4s2-HA>).

Siły spójności zarówno w oleju jak i wodzie są znacznie większe niż siły wzajemnego przylegania tych dwóch substancji, dlatego na olejowej powierzchni kropla oleju rozlewa się, a kropla wody – nie. Podobnie na powierzchni zwilżonej wodą rozlewa się kropla wody, a olej tworzy kropelki.

Jeśli siły przylegania przeważają nad siłami spójności, to ciała przylepiają się do siebie. Na przykład: na szklanych naczyniach wyjętych z wody znajduje się warstwa tej cieczy, klej i farba drukarska przylepiają się do papieru, mokre włosy zlepiają się ze sobą cienkimi warstwami wody itp., ponieważ siły przylegania wymienionych cieczy do wymienionych ciał stałych są większe niż siły

V. Ciecze

spójności samej cieczy. Kreda zostawia ślad na tablicy, bo siły spójności w kredzie są mniejsze niż siły przylegania kredy do tablicy.



Doświadczenie 2: Wędrówka wody w roślinie

Przyrządy i materiały:

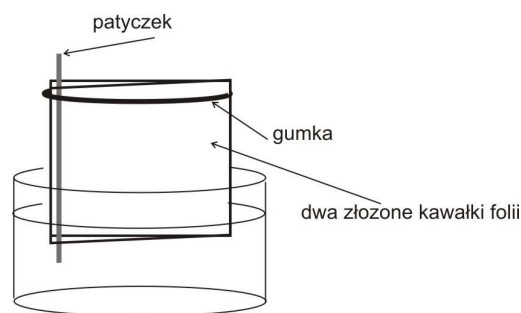
dwa jednakowej wielkości kawałki sztywnej, bezbarwnej, przezroczystej folii (np. do transparentności) o wymiarach ok. 10 cmx10cm, przezroczysty pojemnik o szerokości nieco większej od szerokości jednego kawałka folii, woda z kranu, kilka kropli oleju spożywczego, wykałaczkę lub patyczek do szaszłyków, gumka recepturka, nożyczki, jeden atramentowy nabój lub kilkanaście kropli atramentu (niekonieczne).

Przygotowanie.

Przytnij oba kawałki folii do szerokości ok. 0,5 cm dłuższej niż średnica okręgu otworzonego przez gumkę recepturkę. Złóż kawałki folii ze sobą. Włóż wykałaczkę lub patyczek do szaszłyków pomiędzy kawałki folii (wzdłuż jednego z brzegów). Całość zepnij gumką recepturką prostopadle do patyczka.

Eksperyment.

- Nalej wodę do pojemnika. Włóż konstrukcję z folii pionowo do wody, jak pokazano na rysunku. Odczekaj około 30 s. Zaobserwuj, w jaki sposób woda została wciągnięta pomiędzy kawałki folii
- Rozłóż kawałki folii. Posmaruj każdy kawałek folii z jednej strony olejem. Złóż kawałki folii natłuszczonymi powierzchniami do siebie. Posmaruj wykałaczkę olejem i włóż ją pomiędzy kawałki folii (wzdłuż jednego z brzegów). Całość zepnij gumką recepturką prostopadle do patyczka. Ponownie włóż folie pionowo do wody. Odczekaj około 30 s. Zaobserwuj, w jaki sposób woda została wciągnięta pomiędzy kawałki folii.

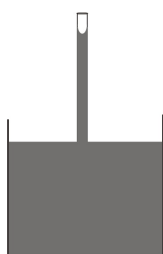


Uwaga! Podczas wkładania konstrukcji z folii do wody, przyciskaj palcami brzoje folii.

Komentarz.

Konstrukcja z folii i patyczka jest w istocie wąskim korytarzem, którego szerokość maleje wraz z oddaleniem od miejsca umocowania patyczka. Woda wciągana jest do konstrukcji i wznosi się w korytarzu dzięki zjawisku **włoskowatości**. Występuje ono w wąskich rurkach o średnicy mniejszej niż 1 mm, zwanych **naczyniami włoskowatymi** lub kapilarami. Nasz korytarz można potraktować jako zbiór bardzo wielu równoległych do siebie, pionowych naczyń włoskowatych.

Gdyby korytarz był szeroki, woda wzniosłaby się w nim na wysokość równą wysokości położenia tafli wody w całym naczyniu. Ponieważ korytarz jest bardzo wąski, istotne stają się nie tylko siły występujące pomiędzy cząsteczkami wewnątrz cieczy (**siły spójności** cieczy), ale także siły oddziaływania pomiędzy cząsteczkami cieczy, a cząsteczkami naczynia (folii), czyli **siły przylegania** cieczy do naczynia.



Jeśli siły spójności cieczy są mniejsze niż siły przylegania, to mówimy, że **ciecz zwilża** ścianki naczynia; wówczas ciecz tworzy w naczyniu menisk wklęsły, a jeśli naczynie jest kapilarą – poziom cieczy w kapilarze podnosi się powyżej poziomu cieczy w naczyniu, z którego czerpana jest ciecz. Ciecz pełnie w kapilarze w górę. Tak się stało w pierwszej części naszego doświadczenia – woda wspięła się do wnętrza korytarza i to tym wyżej, im węższy był korytarz – najwyżej woda wspięła się w części najbardziej oddalonej od patyczka.

Jeśli siły spójności cieczy są większe niż siły przylegania, to mówimy, że **ciecz nie zwilża** ścianek naczynia; wówczas ciecz tworzy w naczyniu menisk wypukły, a jeśli naczynie jest kapilarą – poziom cieczy w kapilarze spada poniżej poziomu cieczy w naczyniu, z którego czerpana jest ciecz. Tak się stało w drugiej części naszego doświadczenia – woda wspięła się do wnętrza korytarza właściwie tylko w pobliżu patyczka.



Transport wody w roślinach odbywa się także dzięki zjawisku włoskowatości. Rośliny składają się z wielu długich i bardzo cienkich cząsteczek celulozowych. Woda zwilża ścianki cząsteczek

V. Ciecze

celulozowych. Są to więc naczynia włoskowate, a woda podnosi się w nich do góry na znaczną wysokość.

Doświadczenie 3: Karta na wodzie



Przyrządy i materiały:

1 karta plastikowa lub laminowana (telefoniczna, komunikacyjna lub inna), 10 monet o nominale 1gr, duża prostokątna miska (można wykorzystać zlew lub umywalkę), czysta woda z kranu, linijka, mydło w płynie lub płyn do mycia naczyń, łyżka, 1 paczka chusteczek higienicznych lub sucha szmatka.

Eksperyment.

- Nalej do miski tyle wody, aby jej głębokość wynosiła około 5 cm. Przeprowadź eksperyment 1 opisany poniżej.
- Rozpuść w wodzie w misce 4-6 łyżek mydła w płynie lub płynu do mycia naczyń. Przeprowadź jeszcze raz eksperyment 1 opisany poniżej.

Eksperyment 1:

- Ostrożnie połóż plastikową kartę na wodzie, tak, żeby nie zatonała i nie poruszała się po tafli.
- Układaj na powierzchni karty po kolei monety do momentu, aż karta zatonie. Policz, ile monet potrzeba było do zatopienia karty.
- Wyciągnij kartę, wytrzyj do sucha.

Zadanie w punktach 1-3 z powtórz kilka razy. Staraj się tak układać monety, aby było ich jak najwięcej.

- Wylej wodę z miski. Nalej do miski tyle wody, aby jej głębokość wynosiła około 5 cm. Posmaruj część powierzchni karty mydłem, jak na rysunku. Ostrożnie połóż kartę na wodzie namydloną stroną do dołu. Obserwuj, co się stanie z kartą.



Obserwacja.

- Ile monet jednogroszowych potrzeba było do zatopienia karty w czystej wodzie?
- Ile monet jednogroszowych potrzeba było do zatopienia karty w wodzie z mydłem lub płynem do mycia naczyń?
- Jak zachowała się karta położona na wodzie w trzeciej części doświadczenia?

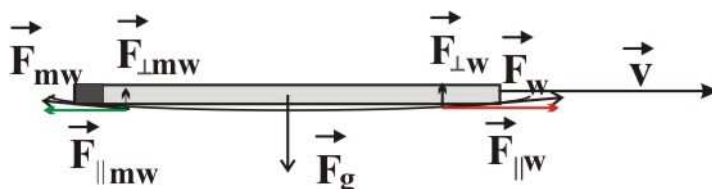
Komentarz.

Cienkie przedmioty o dużej powierzchni mogą unosić się na powierzchni wody, mimo, że są tak ciężkie, że gdy je tylko zanurzymy głębiej w wodzie – natychmiast toną. Kiedy kładziemy je ostrożnie na tafli wody, to nie pozwala im zatonać siła **napięcia powierzchniowego** wody.

Siła napięcia powierzchniowego jest równoległa do powierzchni wody i ciągnie przedmiot w każdą stronę tak samo. Dlatego karta ostrożnie położona na wodzie nie tonie, ale także nie porusza się. Tafelę wody można tu sobie wyobrazić jako prześcieradło. Gdybyśmy położyli kartę na prześcieradle i wiele osób ciągnęłoby brzegi prześcieradła tak samo silnie, każda w swoją stronę, to karta nie ugiąłaby prześcieradła, ale także nie przesunęłaby się z nim w żadną stronę.

Mydło, płyn do mycia naczyń lub proszek do prania, (które nazywamy **detergentami**) zmniejszają napięcie powierzchniowe wody. Kiedy siły spójności pomiędzy cząsteczkami wody stają się porównywalne z siłami przylegania roztworu wody do tłuszczu, możliwe staje się łączenie roztworu wody z tłustym brudem. Dlatego w wodzie z detergentem brud łatwiej się zatapia i wypłukuje z zabrudzonych tkanin. Detergenty ułatwiają pranie.

Pod namydlonym brzegiem karty siła napięcia powierzchniowego jest mniejsza niż pod brzegiem karty naprzeciwko. Jeśli teraz tafelę wody wyobrazilibyśmy sobie jako rozciągnięte przez wielu ludzi prześcieradło, to należałoby powiedzieć, że od strony namydlonej jakiś człowiek ciągnie słabiej, niż inny człowiek stojący naprzeciwko. Dlatego częściowo namydlona karta zaczyna płynąć tak, że namydlony brzeg staje się jej „ogonem” (składowa $F_{\parallel mw}$ jest mniejsza od składowej $F_{\parallel w}$).





V. Ciecze

Doświadczenie 4: Bańki mydlane

Przyrządy i materiały:

1 litr wody z kranu, 2-3 łyżki płynu do mycia naczyń lub mydła w płynie, 1 łyżeczka gliceryny (glicerynę można kupić w małych pojemnikach w aptece), miska o pojemności 1 – 2 litrów, drut (najlepiej miedziany) o długości około 50-100 cm, słomka do napojów, nożyczki, stół.

Przygotowanie.

- Natnij jeden koniec słomki do napojów tak, aby powstało 6-8 pasków o długości około 1,5 cm. Zagnij paski na zewnątrz słomki.
- Przygotuj roztwór do robienia baniek mydlanych: do miski wlej wodę, dodaj płyn do mycia naczyń i glicerynę, a następnie dokładnie wymieszaj.
- Wykonaj dowolną ramkę z drutu np. w kształcie koła, kwadratu, sześcianu itp. zaopatrzoną w niewielki uchwyt (rączkę).

Eksperyment.

- Zanurz ramkę z drutu w roztworze. Wyciągnij ją, formując bańkę mydlaną. Zwróć uwagę na kształt i wygląd powierzchni. Spróbuj przesunąć ramkę z bańką w przestrzeni w kierunku prostopadłym do jednej z jej powierzchni. Zaobserwuj, co się dzieje z tą powierzchnią.
- Przy pomocy naciętej słomki zrób kilka baniek mydlanych i wypuść je obok siebie na stół. Staraj się, aby bańki były jak największe. Dla dwóch baniek o niejednakowej wielkości połączonych ze sobą, zbadaj, w którą stronę wygięta jest ich powierzchnia graniczna: w stronę bańki o większej, czy o mniejszej średnicy.
- Spróbuj skonstruować na stole grupę 2-4 baniek jedna w drugiej.

Obserwacja.

- Spróbuj opisać wygląd baniek mydlanych kształtowanych na konstrukcjach z drutu – zarówno własnych, jak i kolegów oraz własności ich powierzchni.
- Jak długo utrzymują się bańki na konstrukcji z drutu?
- Czy ruch powietrza niszczy bańkę?
- W którą stronę wygięta jest ich powierzchnia graniczna dwóch połączonych baniek: w stronę bańki o większej, czy o mniejszej średnicy?

Komentarz.

Bańki mydlane to błony. Bardzo często mają kształt sfer wypełnionych powietrzem lub innym gazem. Powstają z roztworu wody z detergentem (płynem do mycia naczyń, mydłem w płynie). Detergent ma tutaj podwójną rolę: po pierwsze zmniejsza napięcie powierzchniowe wody, dzięki czemu umożliwia rozciągnięcie błony o dużej powierzchni. Po drugie – wytwarza on cienką warstwę po obu stronach powierzchni wody – dzięki czemu powstaje cienka trójwarstwowa błona.

Powszechnie wiadomo, że bańki dosyć szybko pękają. Dzieje się tak na skutek parowania wody z powierzchni baniek, przez co błona bańki mydlanej staje się coraz cieńsza, aż w końcu się rozrywa. Aby przedłużyć żywotność baniek, do roztworu wody z detergentem dodaje się gliceryny, która spowalnia proces parowania wody z błony.

Aby nadmuchać bańkę musimy dostarczyć powietrza o ciśnieniu większym niż ciśnienie atmosferyczne, gdyż nadwyżka ciśnienia musi zrównoważyć dodatkowe ciśnienie błony bańki. Ciśnienie to jest tym większe, im mniejszy promień bańki. Dlatego powierzchnia graniczna pomiędzy dwoma przyległymi bańkami jest zawsze wygięta w stronę bańki o większej średnicy. Jeśli bańki mają jednakowe rozmiary, powierzchnia graniczna jest płaska.

Pokaz baniek mydlanych można oglądać na: www.youtube.com/watch?v=HlsoHgPbswg.

V. Ciecze



Doświadczenie 5: Ketchup

Przyrządy i materiały:

ketchup w przezroczystej, plastikowej (giętkiej) butelce (butelka powinna być wypełniona ketchupem najwyżej do połowy); olej lub miód w przezroczystej, giętkiej butelce (butelka powinna być wypełniona cieczą najwyżej do połowy).

Uwaga: najlepiej gdyby obie butelki były zrobione z podobnego tworzywa.

Eksperyment.

Obróć butelkę z miodem lub olejem tak, aby ciecz znalazła się u góry. Zaobserwuj zachowanie cieczy. Następnie obróć butelkę z ketchupem tak, aby ketchup znalazł się u góry. Zaobserwuj zachowanie cieczy.

Obserwacja.

- Czy olej lub miód natychmiast zaczyna spływać w dół po obróceniu butelki do góry dnem?
- Czy ketchup natychmiast zaczyna spływać w dół po obróceniu butelki do góry dnem?

Komentarz.

Głównym źródłem sił oporu pojawiających się przy ruchu ciał stałych w cieczach jest **lepkość**, charakteryzowana przez współczynnik lepkości. Im większy współczynnik lepkości cieczy, tym trudniej na przykład wylać ją z naczynia. Nie należy mylić współczynnika lepkości cieczy z gęstością cieczy. Olej jest bardziej lepki od wody, ale ma jednocześnie mniejszą niż woda gęstość.

Współczynnik lepkości wielu cieczy zmienia się jedynie pod wpływem zmian ich temperatury. (a nie zależy np. od szybkości ciała poruszającego się w tej cieczy). Ze względu na tę własność ciecze takie nazywane są ogólnie **cieczami newtonowskimi** (czytaj: niutonowskimi), od nazwiska słynnego fizyka, Izaaka Newtona, który zajmował ich badaniem. Do cieczy newtonowskich należą na przykład: woda, olej i miód.

Ketchup należy do tych cieczy, których współczynnik lepkości zależy zarówno od temperatury jak i od szybkości. Ciecze takie nazywamy **cieczami nienewtonowskimi** (czytaj: nieniuonowskimi). W przypadku ketchupu, jego lepkość zależy od szybkości: im większa szybkość ketchupu wypływającego z butelki, tym lepkość ketchupu mniejsza, czyli np. tym mniejsza siła równoległa do ścianek butelki, hamująca ruch ketchupu po ściankach w dół. W ketchupie zatem **opór lepki maleje wraz ze wzrostem szybkości** poruszającego się w nim ciała.

Doświadczenie 6: Skrobia w zimnej wodzie



Przyrządy i materiały:

1 szklanka wypełniona zimną wodą, 1 szklanka wypełniona skrobią ziemniaczaną (np. mąką ziemniaczaną), talerz lub miska, łyżka.

Eksperyment.

Wlej do miski pół szklanki wody. Powoli wsypuj mąkę do wody w misce, ciągle mieszając cały roztwór łyżką. Gdy mieszanie stanie się bardzo trudne, przestań mieszać i odłóż łyżkę. Bardzo powoli zamieszaj palcem roztwór w misce. Następnie uderz bardzo gwałtownie całą pięścią w powierzchnię mieszaniny.

Uwaga: Jeżeli mieszanina rozprysła się na boki, należy dosypać jeszcze trochę mąki, wymieszać i uderzyć pięścią jeszcze raz.

Obserwacja

- Jak zachowywała się substancja podczas dodawania skrobi do miski?
- Po zaprzestaniu mieszania – co się działo z substancją podczas powolnego mieszania jej palcami?
- Jak zachowywała się substancja, gdy została mocno uderzona pięścią?
- Kiedy mieszanina nie przylepiła się do palców: wtedy, gdy była powoli mieszana palcem, czy, gdy uderzono ją mocno i gwałtownie?

V. Ciecze

Komentarz.

Podstawowym składnikiem proszku do robienia budyniu jest **skrobia ziemniaczana**.

Kiedy robimy sobie budyń, najpierw musimy wymieszać skrobię z zimną wodą. W tym czasie cząsteczki wody otulają cząsteczki skrobi ziemniaczanej, tworząc dla nich jakby „kołderki”. (Takie kołderki nie tworzą się w ciepłej wodzie, dlatego budyń przed i po ugotowaniu wygląda zupełnie inaczej).

Gdy w zimnej wodzie znajduje się mało skrobi, łatwo jest nam ją mieszać zarówno szybko, jak i powoli, podobnie, jak łatwo jest mieszać wodę o dowolnej temperaturze. Kiedy jednak dosypiemy wystarczająco dużo maki ziemniaczanej, mieszanina zaczyna zachowywać się inaczej. Kiedy mieszamy ją powoli, to właściwie nie stawia oporu (lepkiego) i oblepia nam palce. Natomiast, gdy miesza się ją gwałtownie lub w nią uderza, to mieszanina stawia bardzo duży opór i nie oblepia dłoni. Przy gwałtownym mieszaniu skrobia staje się twarda i prawie „sucha”. To dlatego, że mocne, szybkie uderzenie wyciska wodę spomiędzy cząsteczek skrobi, czyli pozbawia je na chwilę „kołderki”, a to, co pozostaje pod dłonią, to prawie czysta, „sucha” skrobia.

Skrobia z zimną wodą jest kolejnym przykładem **cieczy nienewtonowskiej**. Jednak w przeciwieństwie do ketchupu, skrobia z zimną wodą jest typem cieczy, w której **opór lepki rośnie wraz ze wzrostem szybkości ciała** poruszającego się w tej cieczy (np. naszej łyżki) lub ze wzrostem wartości siły przyłożonej do cieczy prostopadle do jej warstw (np. siły wywieranej przez dłoń uderzającą w taflę cieczy).

Doświadczenie 7: Emulsje



Przyrządy i materiały:

3 przezroczyste szklanki, pół szklanki oleju jadalnego, 1 nabój atramentowy do pióra, pół litra wody z kranu, 2 łyżki płynu do mycia naczyń, czystą łyżkę, zegarek.

Eksperyment.

Uwaga! Po wykonaniu każdej z podanych niżej czynności, obserwuj zachowanie wszystkich cieczy w szklance.

- Napełnij wszystkie szklanki do połowy wodą.
- Wciśnij 2 krople atramentu do pierwszej szklanki. Zamieszaj wodę czystą łyżką.
- Wlej 3 łyżki oleju do drugiej szklanki. Odczekaj aż cały olej zgromadzi się na powierzchni wody. Zamieszaj ciecz w drugiej szklance i ponownie odczekaj aż olej wypłynie na powierzchnię wody.
- Wlej pozostały olej do trzeciej szklanki. Odczekaj aż olej wypłynie na powierzchnię wody. Wciśnij 8 kropli atramentu do trzeciej szklanki. Odczekaj 2 minuty. Dokładnie wymieszaj ciecz w trzeciej szklance. Odczekaj 5-10 minut.
- Dodaj do trzeciej szklanki 2 łyżki płynu do mycia naczyń i dokładnie wymieszaj. Odczekaj 10 minut.

Obserwacja.

- Co dzieje się z atramentem w czystej wodzie?
- Co się dzieje z olejem wlanym do wody?
- Czy używając łyżki można na trwałe wymieszać olej z wodą?

Komentarz.

Ciecze po zmieszaniu z innymi cieczami mogą się zachowywać w różny sposób. Atrament wlan do wody przemieszcza się w niej w postaci smug i samoczynnie rozpuszcza się w niej częściowo, a gdy wodę z atramentem zamieszamy łyżką – utworzy się ciecz o jednolitym kolorze. Atrament tworzy **jednorodną** mieszaninę z wodą, ponieważ jest produkowany na bazie wody. Mówimy, że atrament jest **hydrofilowy** („lubi wodę”). Z kolei olej wlan do wody w ogóle się z nią nie miesza i po krótkim czasie wypływa na jej powierzchnię. Olej i woda **separują się** (oddzielają od siebie). Olej wypływa na powierzchnię wody, ponieważ jest od niej mniej gęsty, co oznacza, że 1 litr oleju waży mniej niż 1 litr wody. Olej i inne tłuste substancje nie rozpuszczają się w wodzie, ponieważ są **hydrofobowe** („mają *fobię* przed wodą”, czyli „boją się wody”).

Można jednak stworzyć mieszaninę, w której rozbije się olej i wodę na tak małe krople, że nie będą one w stanie z powrotem połączyć się w dwie różne, separujące się substancje. Taką

V. Ciecze

mieszanie nazywamy **emulsją**. Emulsją jest na przykład mleko homogenizowane, które kupujemy w sklepie. Mleko krowie zawiera w sobie dużo tłuszczu, który w naturalny sposób separuje się w formie śmietanki na powierzchni tego mleka już po kilku godzinach. Zatem, aby zatrzymać tłuszcz w mleku, silny strumień mleka przeciska się przez wąskie sita, rozbijając w ten sposób cząsteczki tłuszczu na małe kropelki, które nie łączą się już z powrotem i pozostają zawieszona w mleku.

Emulsjami są także niektóre farby produkowane na bazie oleju, a także lekarstwa i kosmetyki. Aby otrzymać szczególnie gładką emulsję i zapewnić jej trwałość, w produktach tych stosuje się specjalne substancje zwane **emulgatorami**. Jednym z nich jest żółtko jajka. Dodając żółtko do odpowiedniej proporcji oliwy z oliwek i wody można wyprodukować **majonez**. Innym emulgatorem jest płyn do mycia naczyń. Mieszanka, która wytwarza się pod koniec naszego doświadczenia w górnej części trzeciej szklanki jest emulsją.



Doświadczenie 8*: Domowy termometr

Przyrządy i materiały:

pusta, przezroczysta plastikowa butelka z zakrętką po keczupie, 1 słomka do napoju (najlepiej przezroczysta), letnia woda z kranu, drucik lub patyczek do szaszłyków, kroplomierz (pipeta, zakraplacz lub podłużna miarka do lekarstw w płynie), kawałek plasteliny, dwa naboje do pióra lub jedną farbkę plakatową ciemnego koloru, 1 pisak (najlepiej pisak do płyt CD, ale może też być zwykły), lodówka lub zimne miejsce, ciepłe miejsce (np. w pobliżu kaloryfera), linijka, zegarek.

Uwaga! Zamiast butelki po keczupie możesz użyć pustą, przezroczystą litrową butelkę z zakrętką po napoju lub mleku i śrubokręt krzyżakowy.

Przygotowanie.

1. Jeżeli używasz butelki, która nie ma dziurki w zakrętce, połóż zakrętkę na deseczce lub innej podkładce i zrób w niej dziurkę śrubokrętem krzyżakowym (dziurka powinna być tak duża, żeby można było umieścić w niej słomkę).
2. Postaw butelkę na stole. Napełnij butelkę wodą do połowy. Włóż słomkę do dziurki w zakrętce butelki i nałóż zakrętkę ze słomką na butelkę. Podciągnij słomkę tak wysoko, aby wystawała około 12 cm powyżej nakrętki. Drugi koniec słomki powinien być zanurzony około 1 cm w wodzie. Zdejmij nakrętkę. Odpowiednio dostosuj ilość wody w butelce.
3. Wyciśnij do butelki atrament z dwóch nabołów do pióra lub rozprowadź w wodzie tyle farby plakatowej, aby woda wewnątrz butelki zabarwiła się na ciemny kolor.
4. Z powrotem umieść nakrętkę na butelce, bardzo mocno ją zakręcając. Zaklej plasteliną miejsce wokół umocowania słomki w zakrętce oraz dokładnie przyklej plasteliną samą zakrętkę do butelki.
5. Dmuchnij do butelki przez słomkę tak, aby poziom wody w słomce podniósł się powyżej zakrętki. Jeśli dmuchnąłeś za słabo, spróbuj jeszcze raz. Nie dmuchaj za mocno, bo wtedy woda wyskoczy przez słomkę z butelki. Jeśli po dmuchnięciu poziom wody się podnosi, a potem opada, oznacza to, że do butelki dostaje się powietrze – trzeba poprawić uszczelnienia przy nakrętce.
6. Jeżeli po dmuchnięciu słupek wody w słomce jest poprzedzielany bąblami powietrza, włóż drucik lub patyczek do szaszłyków do słomki i zamieszaj.
7. Doprowadź do takiego stanu, aby poziom wody w słomce leżał około 5 cm powyżej nakrętki. Możesz: dolewać wody kroplomierzem do słomki lub nieco obracać butelkę tak, aby dolny koniec słomki na chwilę stracił kontakt z wodą.

Eksperyment.

Zaznacz pisakiem poziom wody w rurce. W ten sposób twój termometr został **wykalibrowany** do temperatury pokojowej.

- Ostrożnie przenieś swój termometr w zimne miejsce. Przenosząc staraj się nie ścisnąć butelki – jeśli to możliwe, nieś trzymając za zakrętkę.
- Po 5 minutach sprawdź poziom wody w słomce. Zaznacz ten poziom pisakiem. Zabierz butelkę z zimnego miejsca.
- Postaw w pokoju w miejscu, w którym ją kalibrowałeś. Obserwuj przez 5 minut, co się dzieje z poziomem wody w słomce. Umieść butelkę w ciepłym miejscu na tyle daleko od źródła ciepła, aby butelki nie stopić. Przenosząc staraj się nie ścisnąć butelki – jeśli to możliwe, nieś trzymając za zakrętkę. Obserwuj przez 5 minut, co się dzieje z poziomem wody w słomce. Zaznacz końcowy poziom pisakiem.

V. Ciecze

Obserwacja.

1. Co się dzieje z poziomem wody, gdy temperatura powietrza wokół butelki rośnie?
2. Co się dzieje z poziomem wody, gdy temperatura powietrza wokół butelki maleje?

Komentarz.

Większość substancji rozszerza się (czyli zwiększa swoją objętość) podczas ogrzewania, a kurczy się (zmniejsza swoją objętość) podczas chłodzenia. Efekt ten nazywamy zjawiskiem **rozszerzalności temperaturowej**. Niektóre spośród substancji są bardzo wrażliwe na zmiany temperatury – rozszerzają się lub kurczą o wiele bardziej niż inne.

Kiedy podgrzewasz jakikolwiek gaz (np. powietrze), cząsteczki tego gazu ogrzewają się i zaczynają szybciej się poruszać – gaz ma tendencję do rozszerzania się. Jeśli jednak gaz zamkniemy w szczelnej butelce, nie może on się rozszerzyć, dlatego zaczyna rosnać jego ciśnienie. Natomiast, gdy ochładzasz gaz w zamkniętym pojemniku – ciśnienie gazu maleje.

W naszym doświadczeniu, gdy przeniosłeś butelkę w ciepłe miejsce, zarówno woda, jak i powietrze w butelce ogrzewały się. Ponieważ pomiędzy miejscami, w których stawiałeś butelkę różnica temperatur była około 10-20°C, woda zmieniała swoją objętość tak nieznacznie, że było to niezauważalne. Efekt, który zauważyłeś to nie rozszerzanie wody, a wypychanie jej przez ogrzane powietrze. Podgrzewane powietrze z wnętrza butelki nie mogło wydostać się na zewnątrz, dlatego jego ciśnienie wzrastało. Tym samym powietrze naciskało na wodę i wypychało ją przez słomkę.

Natomiast kiedy ochładzaliśmy butelkę – ochładzała się zarówno woda jak i powietrze. Woda kurczyła się tak mało, że efektu tego nie można było zauważyć. To co było widoczne, to opadanie słupka wody w słomce, czyli wciąganie wody do wnętrza butelki, spowodowane obniżeniem się ciśnienia powietrza wewnątrz butelki.

W tym domowym termometrze wysokość poziom wody zależy także od ciśnienia (atmosferycznego). To jak wysoko podniesie się woda w rurce jest uwarunkowane różnicą ciśnień powietrza wewnątrz butelki i powietrza na zewnątrz butelki (atmosferycznego). Dlatego taki termometr trzeba kalibrować codziennie.

Proste termometry działają na zasadzie rozszerzania się cieczy. W termometrach okiennych lub lekarskich nie możemy używać zwykłej, zabarwionej wody, ponieważ woda rozszerza się bardzo słabo pod wpływem temperatury. Małe wahania temperatur, jakich codziennie doświadczamy spowodowałyby niezauważalne gołym okiem różnice poziomu słupka wody. Dlatego w termometrach używa się innych cieczy – takich jak barwiony alkohol lub rtęć, w których niewielka zmiana temperatury powoduje widoczne rozszerzenie lub skurczenie cieczy. Jest jeszcze jedna zaleta – ani alkohol, ani rtęć nie zamarzają poniżej 0°C, dlatego z pomocą termometrów alkoholowych i rtęciowych można mierzyć temperatury podczas mroźnych dni. Woda zupełnie by się do tego nie nadawała.

VI. Woda w różnych postaciach

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest ciśnienie atmosferyczne?
- W jakiej temperaturze wrze woda pod ciśnieniem atmosferycznym?
- Jaka jest różnica pomiędzy wrzeniem a parowaniem cieczy?

Pytania wstępne (4 min)

- Czy tempa ostygnięcia wody gorącej i wody letniej są jednakowe?
- Czy woda może wrzeć w temperaturze pokojowej?
- W jakich warunkach woda może pozostać w stanie ciekłym w temperaturze 120°C?
- Czy para wodna jest widoczna?
- Jak powstają chmury?
- Co to jest mgła?
- Co znaczy termin: kondensacja?
- Czy para wodna może zamienić się w lód, nie przechodząc przez ciekły stan skupienia?
 - Dlaczego możliwa jest jazda na łyżwach na lodzie?
 - W jaki sposób służby drogowe dbają o przejezdność dróg w zimie? Jakie metody stosują? Jakie substancje wykorzystują?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Jak szybko stygnie woda? (3 min)

Doświadczenie 2: Gotowanie w zimnej wodzie (3 min)

Doświadczenie 3: Para wodna, chmury i mgła (5 min)

Doświadczenie 4: Chmura w butelce (6 min)

Doświadczenie 5: Przemiany pary wodnej (3 min)

Doświadczenie 6: Regelacja (8 min)

Doświadczenie 7: Bezpieczeństwo na drodze zimą (3 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Zawartość pary wodnej (czyli H_2O w postaci gazowej) w powietrzu może być różna, ale nie może przekroczyć pewnej wartości progowej (nasylenia), ponieważ wówczas para wodna natychmiast się skrapla. Im wyższa temperatura powietrza, tym próg nasylenia jest wyższy, czyli tym więcej pary wodnej może znajdować się w otoczeniu.

Zimą, gdy temperatura powietrza jest niska już niewielka ilość pary nasyca powietrze, zatem wydaje nam się ono wilgotne, chociaż masa pary wodnej w nim obecnej jest niewielka. Latem w powietrzu, które wydaje się suche, może być więcej pary wodnej, a powietrze ciągle jeszcze nie będzie nią nasycone. Także w nagrzanym pomieszczeniu zwykle znajduje się znacznie więcej pary wodnej niż w powietrzu na zewnątrz, dlatego otwarcie okna w chłodny dzień zmniejszy ilość pary wodnej w mieszkaniu. Po zamknięciu okna i ponownym ogrzaniu powietrza przez kaloryfery, wilgotność będzie niższa niż poprzednio.

Gdy w zamkniętej kuchni gotujemy przez dłuższy czas dużo wody naraz, do powietrza może przedostać się znaczna ilość pary wodnej. Zwykle w takiej kuchni jest też bardzo ciepło, dlatego woda nie skrapla się na zwykłych przedmiotach, ale może się ona pojawić w postaci mgiełki na szybie, której temperatura zwykle jest niższa od temperatury panującej w kuchni, z racji chłodzenia szyby powietrzem na zewnątrz budynku.

Podobnie dzieje się, gdy w chłodny, deszczowy lub wilgotny dzień wsiądziemy o zimnego samochodu, możemy zaobserwować powstanie mgiełki na szybach, błędnie określane jako „zaparowywanie” szyb. Bierze się ono z faktu, że człowiek wydycha pewną ilość pary wodnej o

VI. Woda w różnych postaciach

temperaturze około 36,6°C. Para ta szybko nasyca powietrze w aucie w niskiej temperaturze i wkrótce skrapla się na szybach. Aby oczyścić szyby z mgiełki, należy je niezwłocznie ogrzać.

Okazuje się, że organizm ludzki nie jest wyczulony na samą zawartość pary wodnej w powietrzu, ale wyłącznie na tak zwaną wilgotność względną, która informuje nas, jaka ilość pary wodnej znajduje się aktualnie w powietrzu w odniesieniu do ilości, która nasyciłaby powietrze w tej samej temperaturze. Błona śluzowa nosa i gardła (nasz naturalny higrometr) funkcjonuje prawidłowo, to znaczy efektywnie wyłapuje i zatapia w śluzie drobnoustroje i zanieczyszczenia, gdy wilgotność względna wynosi 40–60%. Poniżej wilgotności 40% śluzówka wysusza się i przepuszcza znacznie więcej wirusów i bakterii do wnętrza organizmu.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Sz. Szczeniowski „Fizyka doświadczalna, t.II – Ciepło i fizyka cząsteczkowa” (PWN, 1976), rozdział 21 oraz 33 (parowanie, wrzenie, wilgotność).
2. M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier „Fizyka dla gimnazjum”, t.2, str.157 (Zamkor, 2006).
3. S. Brzezowski, „Fizyka i astronomia”, t.2, str.272-279 (Operon 2003).
4. Higrometr i wilgotność: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/103/pdf/09%20higrometr.pdf>

Doświadczenie 1: Jak szybko stygnie woda?



Przyrządy i materiały:

3 jednakowe szklanki (lub filizanki), wrząca woda, bardzo zimna woda, łyżeczka, zegarek

Przygotowanie.

Postaw szklanki na stole. Do dwóch z nich wlej po około ćwierć szklanki wrzącej wody. Poziomy wody w obu szklankach powinny być jednakowe. Napełnij trzecią szklankę zimną wodą.

Eksperyment.

- Do pierwszej szklanki dolej od razu zimnej wody tak, aby szklanka była prawie pełna. Wymieszaj wodę. **Odczekaj 20-30 minut.** W tym czasie możesz robić kolejne doświadczenia i wrócić do tego na samym końcu.
- Po upływie 20-30 minut do drugiej szklanki wlej tyle zimnej wody, aby w obu szklankach poziom wody był jednakowy. Wymieszaj wodę w drugiej szklance. Sprawdź natychmiast (np. wkładając palce do obu szklanek), w którym naczyniu woda jest cieplejsza.
- Jeśli jest to możliwe, po ok. 2 godzinach sprawdź ponownie, w którym naczyniu woda jest cieplejsza.

Obserwacja.

- W której szklance woda jest cieplejsza po 20 minutach od rozpoczęcia eksperymentu?
- W której szklance woda jest cieplejsza po 2 godzinach od rozpoczęcia eksperymentu?

Komentarz.

Na początku eksperymentu temperatura wody w obu naczyniach jest wyższa niż temperatura otoczenia (na przykład powietrza). Dlatego temperatura wody w obu naczyniach zaczyna maleć (woda studzi się), ale w różny sposób.

Po dodaniu zimnej wody do gorącej, temperatura wody w szklance pierwszej maleje gwałtownie i woda staje się ledwie ciepła. W drugiej szklance woda jest bardzo gorąca. **Gorąca woda stygnie znacznie szybciej, niż ciepła (tempo stygnięcia nie jest jednakowe).** Oznacza to, że w tym samym czasie temperatura gorącej wody obniża się o więcej stopni niż temperatura wody ciepłej. Dlatego w szklance z wrzątkiem temperatura zmaleje o więcej stopni niż w szklance z ciepłą wodą. Po 20 minutach ciągle jeszcze woda w szklance drugiej jest cieplejsza niż w szklance pierwszej, ale ich

VI. Woda w różnych postaciach

temperatury różnią się już niewiele. Jeśli teraz dodamy dużo zimnej wody do drugiej szklanki, temperatura wody gwałtownie zmaleje i stanie się niższa od temperatury wody w pierwszej szklance.

Po dłuższym czasie (na przykład 2 godzin) temperatura wody w obu szklankach wyrówna się z temperaturą otaczającego powietrza, dlatego obie wody będą jednakowo chłodne.

Doświadczenie 2: Gotowanie w zimnej wodzie



Przyrządy i materiały:

strzykawka napełniona do 1/3 objętości chłodną wodą z kranu

Eksperyment.

Sprawdź, czy pod tłokiem strzykawki nie ma powietrza. Przyłóż kciuk do wylotu strzykawki, zatykając go bardzo szczelnie. Pociągnij gwałtownie tłok strzykawki, uważając jednocześnie, aby powietrze nie dostało się przez wlot strzykawki do jej wnętrza.

Obserwacja.

- Co pojawia się w wodzie w strzykawce?
- Jak sądzisz, co znajduje się w przestrzeni pomiędzy wodą a wylotem strzykawki?
- Czy woda w strzykawce podgrzała się?

Komentarz.

W warunkach normalnych, czyli pod ciśnieniem atmosferycznym woda wrze w temperaturze 100°C. Wówczas w całej objętości cieczy pojawiają się pęcherzyki pary wodnej, a następnie wędrują ku powierzchni cieczy i wydostają się z niej na zewnątrz. Wrzenie możemy wywołać w niższej temperaturze, np. w temperaturze pokojowej, odpowiednio obniżając ciśnienie. Podobnie zresztą, zwiększając ciśnienie gazu znajdującego się ponad taflą wody możemy doprowadzić do stanu, w którym mimo, iż temperatura wody znacznie przekroczy temperaturę 100°C, woda nie będzie wrzała.

Temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia panującego nad jej powierzchnią.

Początkowo w naszym doświadczeniu pod tłokiem strzykawki znajduje się tylko woda. Przesunięcie tłoka, powoduje powstanie przestrzeni pomiędzy wodą a wylotem strzykawki. W przestrzeni tej albo panuje próżnia (mało prawdopodobne przy użyciu zwykłej strzykawki) albo znajduje się rozrzedzone powietrze. Ponieważ ilość gazu znajdującego się nad powierzchnią wody w strzykawce jest niewielka, powiększając odpowiednio przestrzeń komory pod tłokiem możemy doprowadzić do stanu, w którym ciśnienie tego gazu będzie na tyle małe, aby pęcherzyki pary wodnej pojawiły się w całej objętości cieczy już w temperaturze pokojowej. Woda zacznie wrzeć, a przestrzeń ponad lustrem wody zacznie się wypełniać parą wodną.

Wrzenie cieczy pod zwiększonym ciśnieniem wykorzystuje się w szybkowarach.

Doświadczenie 3: Para wodna, chmury i mgła



Przyrządy i materiały:

napełniony do połowy wodą metalowy czajnik, garnek (bez pokrywki) z zimną wodą i kuchenkę.

Eksperyment.

Zagotuj wodę w garnku i wodę w czajniku. Podczas podgrzewania obserwuj wodę w garnku. Podczas podgrzewania obserwuj i słuchaj, co się dzieje w czajniku i naokoło niego.

Obserwacja.

- Jak zachowuje się woda w garnku podczas jej podgrzewania?
- Kiedy zaczyna parować intensywnie?
- Gdzie pojawiają się bąbelki w garnku? Czy w miarę ogrzewania pojawiają się coraz większe bąbelki?
- Jak się zachowują bąbelki w miarę jak woda się podgrzewa?
- Kiedy woda wyraźnie szumi w garnku?
- Kiedy woda bulgocze w garnku?

VI. Woda w różnych postaciach

- Kiedy woda wyraźnie szumi w czajniku?
- Kiedy woda bulgocze w czajniku?
- Co wydobywa się z czajnika podczas gotowania?
- W jakiej odległości od wylotu czajnika pojawia się mgiełka?

Komentarz.

Woda paruje w każdej temperaturze, ale wrze tylko w temperaturze 100°C. Podczas parowania cząsteczki wody w postaci gazu (czyli pary wodnej) uciekają z powierzchni wody do powietrza. Im cieplejsza woda, tym więcej cząsteczek pary wodnej wydostaje się z wody. Jeszcze poniżej temperatury 100°C na dnie naczynia (tam, gdzie jest najgoręcej) pojawiają się bardzo małe pęcherzyki pary wodnej. W miarę ogrzewania zaczynają się one odrywać od dna. Wędrują do góry, gdzie napotykać na nieco chłodniejszą wodę. Wówczas para zawarta w pęcherzykach skrapla się i pęcherzyki gwałtownie się zapadają. To zjawisko można usłyszeć jako **szum wody** jeszcze przed jej zagotowaniem. Czasem wędrówka pęcherzyków jest bardzo krótka i wygląda raczej jak migotanie (pojawianie się i znikanie) pęcherzyków na dnie garnka.

Podczas wrzenia na dnie pojawiają się duże bąble pary wodnej, które wypływając ku powierzchni wody nie rozpadają się, a wręcz - powiększają. Szum staje się coraz słabszy, a pojawia się **bulgotanie** towarzyszące wydobywaniu się bąbli pary wodnej z wody.

Para wodna, czyli pojedyncze cząsteczki wody, nie jest w powietrzu widzialna. Możemy natomiast zaobserwować małe kropelki wody, tworzące się w miarę jak para wodna się chłodzi i skrapla. Tuż nad wylotem z czajnika jest bardzo gorąco, dlatego nie może tam powstać mgiełka. Nieco powyżej wylotu para wodna się oziębia i skrapla – dlatego mgiełka jest widoczna dopiero w pewnej odległości od czajnika.

Chmury to zawieszona w powietrzu kropelki wody. Mogą być bardzo ciężkie (mogą ważyć wiele ton), a jednak nie opadają na Ziemię. Utrzymują się one wysoko w górze, ponieważ unoszą je prądy ciepłego powietrza wznoszące się nad Ziemię. Czasami prądy te są zbyt słabe i wówczas chmura opada na Ziemię w postaci **mgły**.

Doświadczenie 4: Chmura w butelce



Przyrządy i materiały:

1 butelka o pojemności 2 litry z zakrętką, bardzo ciepła woda z kranu (ale nie wrząca!), 2 zapalniczki i puste pudełko od zapalek.

Eksperyment.

- Nalej tyle ciepłej wody do butelki, aby woda tylko przykryła dno. Nie zakręcaj butelki! Oglądaj butelkę zaraz po nalaniu do niej ciepłej wody. Zajrzyj do środka butelki przez górny otwór. Postaw butelkę pionowo na stole.

Obserwacja.

- Co się stało ze ściankami butelki od środka?
 - Skąd wzięła się mgiełka, która osiadła na ściankach butelki?
 - Czy mgiełkę widać także w powietrzu wewnątrz butelki?
- Niech jedna osoba z pary zapali zapalniczkę i potrzyma ją tak długo, aż spali się do połowy – wtedy należy zdmuchnąć zapalniczkę. Trzeba natychmiast wsunąć zgaszoną zapalniczkę przez otwór do butelki i przytrzymać ją w butelce. Palce trzymające zapalniczkę powinny jednocześnie zatykać wylot butelki, aby dym się z niej nie wydostawał. Poczekać około 5 sekund aż dym z zapalniczki rozejdzie się po butelce. Wyciągnijcie zapalniczkę i szybko zakręćcie butelkę. Poczekać około 10 sekund. Otwórzcie butelkę, zajrzyjcie przez otwór do jej środka. Kilka razy naciśnijcie otwartą butelkę, jakbyście chcieli wycisnąć z niej powietrze.

Obserwacja.

- Czy zaglądając do wnętrza butelki widzisz w powietrzu dym lub mgiełkę?
- Czy naciskając otwartą butelkę widzisz wydobywający się z niej dym lub mgiełkę?

Uwaga: najłatwiej wpuścić dym do środka butelki, jeśli trzymamy butelkę poziomo.

- Niech jedna osoba z pary zapali zapalniczkę i potrzyma ją tak długo, aż spali się do połowy – wtedy należy zdmuchnąć zapalniczkę. Trzeba natychmiast wsunąć zgaszoną zapalniczkę przez

VI. Woda w różnych postaciach

otwór do butelki i przytrzymać ją w butelce. Palce trzymające zapałkę powinny jednocześnie zatykać wylot butelki, aby dym się z niej nie wydostawał. Poczekać około 5 sekund aż dym z zapałki rozejdzie się po butelce. Wyciągnijcie zapałkę i szybko zakręćcie butelkę. Niech jedna osoba trzymając butelkę obiema rękami w okolicy jej środka, ściśnie mocno butelkę i szybko puści siedem razy pod rząd. Oczekajcie 5 sekund i ściśnijcie mocno butelkę przez kolejne 4 sekundy, a następnie szybko ją puśćcie. Otwórzcie butelkę, zajrzyjcie przez otwór do jej środka. Naciśnijcie otwartą butelkę kilka razy tak, jakbyście chcieli z niej wypuścić powietrze.

Obserwacja.

- Czy po otwarciu butelki widzisz w jej wnętrzu mgiełkę?
- Co wydobywa się z otwartej butelki, gdy ją naciskasz?

Uwaga: jeśli nic się nie wydobywa, należy powtórzyć trzecią część doświadczenia jeszcze raz.

Komentarz.

Chmura, która pojawiła się w butelce w trzeciej części doświadczenia jest prawdopodobnie dość rzadka, ale widoczna. Chmura ta nie chce sama wypływać z butelki. Nie należy tej chmury mylić z dymem. Jak można się przekonać w drugiej części doświadczenia, mała ilość dymu, którą wprowadziliśmy do butelki rozrzedza się i przestaje być widoczna.

W powietrzu zwykle jest dużo pary wodnej, czyli wody w postaci gazu, ale cząsteczki pary wodnej nie łączą się ze sobą. Chmury powstają wtedy, gdy niewidzialne cząsteczki pary wodnej łączą się i **kondensują** (czyli zamieniają się w drobne kropelki wody). Mgła to chmura, która opada na ziemię. Żeby powstała chmura muszą być spełnione dwa warunki:

- W powietrzu musi pojawić się coś, co będzie „zlepiać” cząsteczki pary wodnej. Na przykład muszą być w nim dodatkowo obecne pyły lub inne zanieczyszczenia. W naszym doświadczeniu rolę tę spełniały cząsteczki dymu z zapałki. Im więcej tych zanieczyszczeń, tym łatwiej cząsteczki wody osadzają się na nich i kondensują. Dodatkowo w naszym doświadczeniu ściskaliśmy zamkniętą butelkę, przez co sprawialiśmy, że cząsteczki pary wodnej łatwiej łączyły się ze sobą.
- Powietrze musi zostać ochłodzone. Puszczając ściśniętą butelkę zmniejszaliśmy w niej ciśnienie, a tym samym nieco obniżaliśmy temperaturę.

Doświadczenie 5: Przemiany pary wodnej



Wymaga wstępnego przynajmniej 6 h przed eksperymentem



Niezbędna lodówka z zamrażalnikiem

Przyrządy i materiały:

dwa szklane słoiki bez etykietek, zakrętka do jednego z tych słoików, ręcznik papierowy lub ściereczka

Przygotowanie.

Dokładnie umyj oba słoiki i osusz. Jeden słoik napełnij do połowy wodą z kranu i włóż go do zamrażalnika na 6 lub więcej godzin. Drugi słoik napełnij zimną wodą z kranu i wstaw do lodówki na 6 godzin lub więcej.

Eksperyment.

- Wyciągnij słoik z zimną wodą z lodówki i obserwuj go przez 5 minut. Po upływie tego czasu dotknij jego ścianki palcami.
- Wyciągnij drugi słoik z zamrażalnika. Oglądaj jego ścianki. Spróbuj zeszkobać z nich nalot paznokciem. Zmyj nalot ze słoika pod bieżącą wodą. Szybko wytrzyj ścianki słoika do sucha. Postaw go na stole i znowu obserwuj jego ścianki przez 2 minuty.

Obserwacja.

- Co osadziło się na ściankach słoika z zimną wodą?
- Dlaczego powstał ten nalot, skoro wcześniej ścianki słoika zostały wytarte do sucha?

VI. Woda w różnych postaciach

- Co osadziło się na ściankach słoika z lodem?
- Skąd się wziął ten nalot?
- Jak szybko powstaje nalot na słoiku z lodem?

Komentarz.

W otaczającym nas powietrzu znajduje się między innymi para wodna, czyli cząsteczki wody w stanie gazowym. Zawartość pary wodnej w powietrzu nazywana jest **wilgotnością**. Im wyższa temperatura, tym więcej pary wodnej może się w nim znajdować, ale dla każdej temperatury istnieje pewna wilgotność maksymalna. Jeżeli ilość pary wodnej przekroczy tę maksymalną wartość, to część pary wodnej **skropli się**, czyli zamieni w kropelki wody.

W taki sposób powstaje na przykład **rosa**. Gdy wieczorem jest ciepło, w powietrzu może znajdować się bardzo dużo pary wodnej. Gdy powietrze ochłodzi się nad ranem, to ta duża ilość pary wodnej przekracza wilgotność maksymalną dla niskiej temperatury. Wtedy część pary wodnej się skrapla, osiadając na trawach, liściach, dachach w formie kropli rosy.

W powietrzu wydychanym przez człowieka także znajduje się para wodna. Jej wilgotność jest zawsze mniej więcej taka sama. W wysokich temperaturach wilgotność tej pary nie przekracza wartości maksymalnych dla tych temperatur. Ale poniżej 10°C wilgotność ta jest większa niż dopuszczalna wartość maksymalna, dlatego, gdy oddychasz w takiej temperaturze – widać mgiełkę wydobywającą się z Twoich ust. Ta **mgiełka** to bardzo drobne kropelki wody zawieszony w powietrzu.

Czasami podczas chłodzenia para wodna nie skrapla się, ale od razu zamienia się w kryształki lodu. Dzieje się tak na przykład podczas bardzo mroźnych poranków. Powstają wtedy na gałęziach, kablach, a nawet na śniegu igiełki lodu i mówimy, że tworzy się **szron**. Podobnie, gdy wystawiasz z zamrażalnika słoik z lodem, to para wodna z powietrza osadza się na ściankach słoika, natychmiast zamarza i pokrywa ścianki szronem.

Doświadczenie 6: Regelacja



Wymaga wstępnego przygotowania przynajmniej 3 h przed eksperymentem



Niezbędny zamrażalnik

Przyrządy i materiały:

cienki drucik bez izolacji, 1 puste plastikowe, prostokątne pudełko po margarynie lub serku, 2 siatki – jednorazówki, 4 puste butelki plastikowe o objętości 1litra każda (lub 2 butelki o pojemności 2 litry każda), dwa krzesła kuchenne lub inne meble tej wysokości, linijkę, nożyczki, zegarek

Przygotowanie.

Nalej do pudełka tyle wody, aby jej głębokość wynosiła około 2 cm. Włóż pudełko z wodą do zamrażalnika i odczekaj 3 godziny, aby woda całkowicie zamarzła (sprawdź to naciskając powierzchnię lodu i zaobserwuj, czy widać pod powierzchnią ciecz - jeśli tak, to włóż pudełko do zamrażalnika na kolejną godzinę). Napełnij wszystkie butelki wodą z kranu. Do każdej siatki jednorazówki włóż 2 litrowe butelki wody (lub po jednej butelce dwulitrowej). Odmierz i utnij kawałek drutu o długości około 35 cm. Połącz obie siatki drutem tak, aby po między nimi pozostał kawałek drutu o długości 7-10 cm. Chwyając za drucik, delikatnie podnieś siatki i sprawdź, czy połączenie nie zrywa się.

Eksperyment.

- Wyciągnij bryłę lodu z pudełka i połóż na krzesłach tak, aby lód tworzył „most” pomiędzy nimi. Ostrożnie podnieś obie połączone siatki i zawieś je na bryle lodu tak, aby drut leżał na lodzie, a siatki z ładunkiem swobodnie zwisały po obu stronach lodowego mostu, każda około 5-10 cm nad ziemią. Siatki nie powinny się o nic opierać. Przez następne 10-20 minut obserwuj, co się dzieje z drucikiem i lodem. W tym czasie możesz wykonać jednocześnie kolejne doświadczenie

VI. Woda w różnych postaciach

Obserwacja.

7. Czy drucik zagłębił się w bryle lodu, czy pozostał na jej powierzchni?
8. Co się działo z drucikiem podczas eksperymentu?
9. Dlaczego lód topniał?

Komentarz.

Lód topnieje w normalnych warunkach (pod ciśnieniem atmosferycznym) w temperaturze 0°C .

W temperaturze poniżej 0°C bryła lodu nie topnieje, ale może się rozmrozić w pewnych miejscach pod wpływem **podwyższonego ciśnienia** (czyli dużego nacisku w tym miejscu na małą powierzchnię lodu). Wysokie ciśnienie wywierane na lód powoduje bowiem obniżenie temperatury topnienia lodu. Takie topnienie pod wpływem wysokiego ciśnienia nazywa się **regelacją**.

Lód pod drucikiem topnieje, bo drucik wywiera duże ciśnienie (ma małą powierzchnię i są do niego przyłączone ciężary w siatkach). Na skutek regelacji drucik zatapia się w lodzie. Jednakże tuż nad drucikiem woda z powrotem zamraża, bo tam nie działa już na nią zwiększone ciśnienie, a temperatura w tym miejscu (temperatura lodu) wciąż jest mniejsza od zera.

Naukowcy od dawna przypuszczali, że zjawisko regelacji można zaobserwować także na lodowisku. Łyżwiarz wywiera duże ciśnienie na lód, bo krawędź łyżwy jest bardzo cienka, a łyżwiarz dużo waży. Ciśnienie to powoduje topnienie cienkiej warstwy lodu pod łyżwą. Istotnie pod łyżwą powstaje cienka warstwa wody, ale naukowcy są obecnie już prawie pewni, że nie jest ona spowodowana zjawiskiem regelacji, a tarcieniem łyżew o lód lub że zjawisko regelacji i tarcia powodują jej powstanie łącznie.

Dzięki cienkiej warstwie wody łyżwa stabilnie porusza się po lodzie. Warstwa ta ponownie zamraża, natychmiast, gdy łyżwiarz się oddali, tworząc śnieżne ślady na lodzie.

Doświadczenie 7: Bezpieczeństwo na drodze zimą



Wymaga wstępnego przygotowania przynajmniej 30 min przed



Niezbędny zamrażalnik

Przyrządy i materiały:

cztery duże pokrywki od słoików lub małe, płaskie talerzyki, pół łyżeczki soli, pół łyżeczki cukru, pół łyżeczki mąki i pół łyżeczki piasku, pół szklanki wody z kranu, łyżkę, zegarek

Przygotowanie.

Odmierz i wlej do każdej pokrywki po jednej łyżce wody tak, aby zajmowała jak największą powierzchnię. Włóż pokrywki do zamrażalnika. Odczekaj przynajmniej 30 minut. Wyciągnij na raz wszystkie pokrywki z zamrażalnika. Na powierzchnię lodu w pierwszej z nich wsyp pół łyżeczki soli, na powierzchnię drugiej – pół łyżeczki cukru, na powierzchnię trzeciej – pół łyżeczki mąki, a na powierzchnię ostatniej – pół łyżeczki piasku.

Eksperyment.

Wyciągnij na raz wszystkie pokrywki z zamrażalnika. Na powierzchnię lodu w pierwszej z nich wsyp pół łyżeczki soli, na powierzchnię drugiej – pół łyżeczki cukru, na powierzchnię trzeciej – pół łyżeczki mąki, a na powierzchnię ostatniej – pół łyżeczki piasku.

Obserwacja.

- W której pokrywce lód roztopi się najwcześniej?

Komentarz.

Czysta woda zamraża pod ciśnieniem atmosferycznym w temperaturze 0°C . Woda z solą zamraża w znacznie niższej temperaturze. Gdy na lód wysypiemy sól, na powierzchni lodu sól zaczyna łączyć się z lodem i powstaje mieszanina, która jest cieczą (musielibyśmy ją umieścić w bardzo niskiej temperaturze, żeby zamrażła ponownie).

VI. Woda w różnych postaciach

Gdy w pobliżu mokrej jezdni temperatura spadnie nieco poniżej zera, na drodze tworzy się cienka warstwa lodu, na której pojazdy łatwo mogą wpaść w poślizg. Wówczas na trasę wyjeżdżają solarki, które posypują jezdnię solą, dzięki czemu zmniejsza się ryzyko wypadków.

VII. Co dziś na obiad? - czyli termodynamika w kuchni

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest ciśnienie atmosferyczne?
- W jakiej temperaturze wrze woda pod ciśnieniem atmosferycznym?
- Jaki pierwiastek (gaz) jest potrzebny, aby mógł się palić płomień (np. zapałki, świece)?
- Co zajmuje większą objętość: woda czy powstały z niej lód?

Pytania wstępne (5 min)

- Co to jest podciśnienie?
- Gdzie w kuchni wykorzystuje się podciśnienie?
- W jaki sposób można zwiększyć ciśnienie gazu?
- Gdzie w kuchni wykorzystuje się podwyższone ciśnienie?
- Gdzie w kuchni wykorzystuje się wysokie i niskie temperatury? Czemu ma to służyć?
- Co to znaczy, że napój jest gazowany?
- Czego dodajemy do ciasta aby dobrze wyrosło?
- Jaki gaz wytwarzają drożdże?
- Co robisz, żeby ogrzać palce swoim oddechem, a co, żeby je ochłodzić?
- W jaki sposób gasimy zapałki, a w jaki rozniecamy ognisko?
- Jak długo może człowiek przeżyć w zimnej wodzie?
- Dlaczego przebywanie w zimnej wodzie jest niebezpieczne dla człowieka?
- Do czego służy termos?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Jajko w butelce (4 min)

Doświadczenie 2: Balonik i gorąca woda (5 min)

Doświadczenie 3: Pusta butelka (3 min)

Doświadczenie 4: Nadmuchiwanie balonika CO₂ (3 min)

Doświadczenie 5: Marznięcie (5 min)

Doświadczenie 6: Zapałki, świeczka i ognisko (3 min)

Doświadczenie 7: Gaszenie pożaru w kuchni (3 min)

Doświadczenie 8: Klimatyzator i lodówka (4 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Ciśnienie gazu można zmieniać na różne sposoby. W zamkniętym pojemniku, ciśnienie gazu wzrasta, gdy go podgrzewamy, a maleje, gdy go ochładzamy. Możemy także zwiększyć ciśnienie wprowadzając do pojemnika dodatkową porcję gazu lub zmniejszyć ciśnienie – wypuszczając z pojemnika pewną część gazu. Jeżeli pojemnik wypełniony gazem możemy połączyć z innym, pustym pojemnikiem, to część gazu może przepłynąć do drugiego pojemnika – wówczas objętość gazu wzrasta (gaz się rozpręża), a zatem jego ciśnienie obniża się. Zjawiska te mają powszechne zastosowanie w kuchni podczas gotowania tradycyjnego, gotowania w szybkowarze, pasteryzacji i wekowania, są podstawą działania termosu, lodówek, klimatyzatorów itd.

Wielkie szerszenie z gatunku *Vespa mandarinia Japonia* żywia się japońskimi pszczołami. Kiedy jednak jeden z szerszeni próbuje się dostać do wnętrza ula, natychmiast zwartą warstwą otacza go kilkaset pszczoł. Po mniej więcej 20 minutach szerszeń jest już martwy, mimo że pszczoły go nie żądła, nie gryzą, nie zgniatają i nie duszą. Pszczoły potrafią w krótkim czasie podnieść swą temperaturę z 35°C do 47-48°C. Tak wysoka temperatura jest zabójcza dla szerszenia, ale nie dla pszczoł.



Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Jak działa ekspres do kawy:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/96/pdf/10%20ekspres%20do%20kawy.pdf>
2. Otwieranie szampana i napojów gazowanych: D. Halliday, R. Resnick, J. Walker „Podstawy fizyki” t. II, str. 249 (PWN 2005).
3. Płomień: <http://pl.wikipedia.org/wiki/P%C5%82omie%C5%84>
4. Ogień: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Ogie%C5%84>
5. Pożar w kuchni - <http://www.youtube.com/watch?v=JOvdIVEN6wY>
6. Animacja działania klimatyzacji: <http://www.youtube.com/watch?v=1MiQCBlx1mM>
7. Cykl chłodziarki: <http://home.howstuffworks.com/refrigerator4.htm> (rysunek + opis w j. angielskim)
8. Lodówki i chłodziarki: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Ch%C5%82odziarka>
9. O szerszeniach i pszczołach japońskich: D. Halliday, R. Resnick, J. Walker „Podstawy fizyki” t. II, str. 187 i (PWN 2005).

Doświadczenie 1: Jajko w butelce



Przyrządy i materiały:

jajko, butelka z otworem o średnicy mniejszej niż szerokość jajka (najlepsza jest do tego celu półlitrowa szklana butelka po śmietanie lub kefirze starego typu), czajnik lub garnek, woda z kranu, zegarek, kuchenna rękawica lub ścierka

Przygotowanie.

Ugotuj jajko na twardo i obierz je ze skorupki. Pamiętaj, ze względu na niebezpieczeństwo zakażenia salmonellą, zawsze myj ręce, ilekroć dotykasz surowych jajek. Zagotuj pół litra wody.

Eksperyment.

Napełnij $\frac{3}{4}$ butelki wrzątkiem. Odczekaj około 1 min. Używając rękawicy lub ścierki, chwyć butelkę i wylej z niej wodę. Natychmiast zatkać jajkiem wylot butelki. Odczekaj ok. 3-5 min, cały czas obserwując, co dzieje się z jajkiem.

Obserwacja.

- Co działo się z jajkiem w miarę ochładzania butelki?
- Dlaczego jajko wpadło do butelki?

Komentarz.

Po wylaniu wody butelka stała się gorąca. Bardzo nagrzało się także powietrze wewnątrz butelki. Ponieważ wylot butelki był otwarty, ciśnienie powietrza wewnątrz butelki było równe ciśnieniu atmosferycznemu. Po zatknięciu wylotu butelki jajkiem, wewnątrz została zamknięta pewna ilość powietrza. Powietrze to w miarę upływu czasu ochładzało się. **Jeśli w zamkniętym pojemniku maleje temperatura gazu, to jego ciśnienie również spada i odwrotnie – jeśli temperatura gazu w zamkniętym pojemniku rośnie, to wzrasta również jego ciśnienie.** Wewnątrz butelki wytworzyło się zatem podciśnienie, czyli ciśnienie niższe od atmosferycznego. Różnica ciśnień na zewnątrz i wewnątrz butelki była na tyle duża, że jajko zostało wepchnięte do butelki.

Na tej samej zasadzie oparte jest wekowanie w słoikach z zakrętką typu twist. Aby weki się nie psuły, należy uniemożliwić dostęp do ich wnętrza świeżego powietrza. Weki zakręca się na zimno, następnie **pasteryzuje** w wodzie, czyli podgrzewa do 100°C w celu zniszczenia drobnoustrojów. Po wyciągnięciu gorących słoików z wody – dokręca się ich wieczka i pozostawia w chłodnym miejscu. Podczas ochładzania, maleje temperatura i ciśnienie powietrza znajdującego się ponad warstwą produktu spożywczego wewnątrz słoika. W ten sposób powstaje podciśnienie, dzięki któremu

VII. Co dziś na obiad? - czyli termodynamika w kuchni

następuje trwałe uszczelnienie pojemnika, zapobiegające dostaniu się do środka nowych drobnoustrojów.

Doświadczenie 2: Balonik i gorąca woda



Przyrządy i materiały:

balonik, plastikowa butelka, wysokie, wąskie naczynie, w którym zmieści się stojąca butelka, czajnik elektryczny, woda z kranu, rękawica kuchenna

Przygotowanie.

Kilkakrotnie nadmucharaj balonik i wypuść z niego powietrze (aby rozciągnąć gumę, z której jest zrobiony)

Eksperyment.

- Zagotuj wodę. Naciągnij balonik na szyjkę butelki. Wstaw butelkę z balonikiem do pojemnika i napełnij go wrzątkiem tak, aby poziom wody sięgnął przynajmniej do połowy wysokości butelki.. Przytrzymaj butelkę w wodzie w pozycji pionowej (użyj rękawic, żeby się nie poparzyć). Po upływie 1 min, wyciągnij butelkę z wody.

Obserwacja.

- Co się stało z balonikiem przymocowanym do wylotu butelki po wstawieniu jej do wrzątku?
- Co się stało z balonikiem przymocowanym do wylotu butelki po wyciągnięciu jej z gorącej wody?
- Zagotuj wodę. Wstaw otwartą butelkę do pojemnika i napełnij go wrzątkiem tak, aby poziom wody sięgnął przynajmniej do połowy wysokości butelki. Przytrzymaj butelkę w wodzie w pozycji pionowej (użyj rękawic, żeby się nie poparzyć). Po upływie 2 min naciągnij balonik na szyjkę butelki i wyciągnij butelkę z gorącej wody. Odczekaj 1 minutę.

Obserwacja.

- Co się stało z balonikiem przymocowanym do wylotu butelki po wyjęciu jej z wrzątku?

Komentarz.

W pierwszej części eksperymentu:

We wnętrzu butelki zamkniętej balonem znajduje się tylko powietrze. W baloniku jest niewiele powietrza. Ciśnienie powietrza w butelce i w baloniku jest równe ciśnieniu atmosferycznemu.

W wyniku ogrzania butelki, powietrze w jej wnętrzu również się ogrzewa i jednocześnie rozpręża, czyli zwiększa swoją objętość (gdyż ma na to miejsce), wpływając do balonika. Balonik napętnia się. Gdy gaz o pewnym ciśnieniu rozpręża się, jego ciśnienie spada. Ostatecznie ciśnienie wewnątrz butelki i balonika jest tylko nieznacznie większe od ciśnienia atmosferycznego, dlatego balonik nie rośnie tak bardzo, jak przy tradycyjnym nadmuchiowaniu.

W drugiej części eksperymentu:

Podczas ogrzewania otwartej butelki, ciśnienie powietrza w jej wnętrzu cały czas jest równe ciśnieniu atmosferycznemu (co prawda powietrze ogrzewa się, ale jednocześnie jego część ucieka z wnętrza butelki). Po zamknięciu butelki balonikiem, powietrze nie może już ani uciekać, ani dopływać do butelki. Jeśli następnie ochłodzimy butelkę, spadek temperatury spowoduje spadek ciśnienia wewnątrz butelki. Powstała w ten sposób różnica ciśnień pomiędzy zewnętrzem i wnętrzem butelki powoduje wepchnięcie balonika do jej wnętrza (czyli nadmuchiwanie balonika do środka), podobnie jak to się działo w przypadku doświadczenia z jajkiem w butelce.

Możesz przeczytać artykuł dotyczący działania przelewowego ekspresu do kawy na: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/96/pdf/10%20ekspres%20do%20kawy.pdf>

Doświadczenie 3: Pusta butelka



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

W miarę możliwości można zamiast projekcji filmu odtworzyć przebieg doświadczenia podczas zajęć.

Film (w j. angielskim): http://www.youtube.com/watch?v=AM_GAbvacbE (czas trwania: 1 min 29 s)

Tłumaczenie.

0:01 OK. Sprawdźmy.

0:08 (Butelka) została ochłodzona. Jest zimna i pusta.

0:15 Popatrzcie na to.

Obserwacja.

- Wyjaśnij zachowanie się zakrętki od butelki.

Komentarz.

Siła parcia hydrostatycznego jest równa iloczynowi ciśnienia oraz pola powierzchni, na którą to ciśnienie jest wywierane (w naszym doświadczeniu jest to pole powierzchni dna zakrętki).

W lodówce panuje temperatura ok. 0-2°C, natomiast w pokoju – ok. 20-25°C. Po wyjęciu butelki z lodówki, jej temperatura oraz temperatura zamkniętego w niej powietrza zaczynają rosnąć. Butelka jest zamknięta, więc jednocześnie wzrasta ciśnienie w butelce. Zakrętka luźno spoczywa na otworze butelki. Gdy różnica ciśnień pomiędzy wnętrzem i zewnątrz butelki wzrośnie na tyle, aby wypadkowa siła parcia, skierowana od ciśnienia większego do mniejszego (czyli w górę) przewyższyła ciężar zakrętki, zakrętka zostaje uniesiona w górę. Jednocześnie z butelki ucieka pewna porcja powietrza, a ciśnienie w butelce spada do wartości ciśnienia atmosferycznego. Tym samym siły parcia wywierane z zewnątrz i od wewnątrz równoważą się, a jedyną niezrównoważoną siłą działającą na zakrętkę staje się siła grawitacji, dlatego zakrętka opada w dół. Proces ten powtarza się kilkakrotnie do chwili, gdy temperatura powietrza w butelce wyrówna się z temperaturą otoczenia.

Doświadczenie 4: Nadmuchiwanie balonika CO₂



Przyrządy i materiały:

1 łyżeczka proszku do pieczenia, 2 łyżeczki octu, szklanka, 30 ml ciepłej wody z kranu, balonik, łyżeczka, butelka gazowanego napoju

Eksperyment.

- Wymieszaj wodę z proszkiem do pieczenia w szklance. Wlej mieszaninę do butelki. Dodaj ocet i natychmiast naciągnij balonik na szyjkę butelki. Odczekaj ok. 1 min.

Obserwacja.

- Co się stało z balonikiem?
- Otwórz butelkę gazowanego napoju i zaobserwuj towarzyszące temu zjawiska.

Komentarz.

W pustej, otwartej butelce znajduje się powietrze o ciśnieniu równym ciśnieniu atmosferycznemu. W wyniku reakcji mieszaniny wody i proszku do pieczenia (zasady) z octem (kwasem), z roztworu wydobywa się **dwutlenek węgla** (CO₂) i miesza się z powietrzem. Zgodnie z

prawem Daltona – ciśnienie w butelce jest sumą ciśnień obu tych gazów. Ponieważ na szyjce butelki zamocowano balonik, w którym jest niewiele powietrza, mieszanina gazów z butelki może się rozprężyć, czyli zwiększyć swoją objętość – balonik napełnia się. Jednocześnie spada ciśnienie obu gazów, a zatem także ciśnienie w całej butelce. Ostatecznie ciśnienie wewnątrz butelki i balonika jest tylko nieznacznie większe od ciśnienia atmosferycznego, dlatego balonik nie rośnie tak bardzo, jak przy tradycyjnym nadmuchiwanie.

Dodanie proszku do pieczenia do ciasta powoduje jego spulchnienie i wyrastanie podczas pieczenia. Podobną funkcję pełnią drożdże piekarskie. W obu tych przypadkach wyrastanie ciasta jest związane z uwalnianiem się dwutlenku węgla.

Dwutlenek węgla wchodzi także w skład wszystkich napojów gazowanych, ponieważ bardzo łatwo rozpuszcza się w wodzie (np. w danej objętości wody można go rozpuścić 30 razy więcej niż tlenu). Gaz ten wtłaczany jest do napojów pod wysokim ciśnieniem i ulatnia się z nich stosunkowo powoli. Jeśli butelka jest szczelnie zamknięta, nad taflą napoju powstaje warstwa gazu (głównie dwutlenku węgla i pary wodnej) o ciśnieniu większym od atmosferycznego. Napój i gaz szybko osiągają stan równowagi, który zapobiega dalszemu uwalnianiu się CO_2 . W trakcie otwierania takiej butelki słyszymy charakterystyczny syk, towarzyszący gwałtownemu rozprężaniu się tego gazu. Jednocześnie dwutlenek węgla zaczyna się wydobywać z całej objętości napoju. Dodatkowo podczas otwierania butelki można zaobserwować powstanie mgiełki wokół jej wylotu. Gwałtownemu rozprężaniu się gazu towarzyszy bowiem spadek jego ciśnienia, a zatem – spadek temperatury, który sprawia, że para wodna w wydobywającym się gazie ulega kondensacji, tworząc małe kropelki.

Doświadczenie 5: Marznięcie



Wymaga wstępnego przygotowania przynajmniej 3 h przed eksperymentem



Niezbędna lodówka z zamrażalnikiem

Przyrządy i materiały:

dwie szklanki, woda z kranu, woreczek lub tacka do robienia kostek lodu, miska (wystarczająco duża, aby zmieściła się w niej dłoń i zostało jeszcze trochę miejsca), 1 gumowa rękawica gospodarcza (kuchenna), zamrażalnik, zegarek z sekundnikiem, kawałek ręcznika papierowego

Przygotowanie.

Wlej wodę z kranu do woreczka do robienia kostek lodu lub napełnij wodą segmenty specjalnej tacki do robienia kostek lodu. Wstaw woreczek lub tackę do zamrażalnika na około 3 godziny.

Na ok. 15-30 minut przed eksperymentem wstaw do lodówki pustą szklankę i szklankę napełnioną letnią wodą z kranu.

Eksperyment.

- Wymij szklanki z lodówki. Dotknij każdej z nich.

Obserwacja.

- Która szklanka wydaje się cieplejsza?
- Wypełnij miskę do połowy zimną wodą z kranu. Wrzuć do miski przygotowane wcześniej kostki lodu. Poczekaj około 10 minut aż lód się roztopi, a woda - schłodzi.

Uwaga: W tym czasie możesz wykonać kolejne eksperymenty.

- Po upływie ok. 10 min. Zanurz jedną dłoń w wodzie z lodem. Odmierz 5 sekund i wyjmij rękę.

Uwaga: Nie trzymaj dłoni w lodowatej wodzie dłużej niż 5 sekund!

Wytrzyj dłoń kawałkiem ręcznika papierowego. Przyjrzyj się wyciągniętej z wody dłoni. Dotknij nią policzka. Na drugą dłoń ubierz gumową rękawicę. Zanurz dłoń w rękawicy w wodzie z lodem tak, aby woda nie dostała się do rękawicy. Odczekaj 10 sekund i wyjmij rękę. Ściągnij rękawiczkę i przyjrzyj się tej dłoni. Dotknij nią policzka.

VII. Co dziś na obiad? - czyli termodynamika w kuchni

Obserwacja.

- Czym różnią się obie dłonie po wyciągnięciu ich z lodowatej wody?

Komentarz.

Pojemność cieplna danego ciała informuje nas o tym, ile musimy dostarczyć ciepła temu ciału, aby je ogrzać o 1°C . Pojemność cieplna zależy od: rodzaju i ilości substancji. Substancje o dużej pojemności cieplnej (takie jak woda) powoli się ogrzewają, ale także powoli tracą ciepło. Substancje o małej pojemności cieplnej (takie jak powietrze) szybciej wymieniają ciepło z otoczeniem. Pojemność cieplna wody jest ok. 3 tysiące razy większa od pojemności cieplnej tej samej objętości powietrza. Dlatego pusta szklanka wyciągnięta z lodówki ma niższą temperaturę niż szklanka z wodą.

Człowiek jest **organizmem stałocieplnym**. Oznacza to, że do życia potrzebuje umiarkowanego ciepła i w miarę stałej temperatury. Ponieważ temperatura otoczenia jest zwykle mniejsza niż normalna temperatura ludzkiego ciała, ciepło przepływa od człowieka do otoczenia. Żeby się nie wychłodzić, organizm musi cały czas produkować energię, która uzupełni oddane ciepło. Pożywienie, które zjadasz, jest w twoim organizmie przetwarzane i częściowo zamieniane w energię niezbędną do ogrzania twojego ciała.

Gdy twoja dłoń znajduje się w zimnej wodzie, znajdujące się w niej naczynia krwionośne (czyli rurki, które transportują w dłoni krew) kurczą się i zwężają, przez co mniej krwi dociera do końcówek twoich palców. Organizm broni się w ten sposób i zmniejsza ilość ciepła oddawanego otoczeniu. Zimne palce stają się wówczas zeszywniałe i trudno nimi manipulować.

Pływając w górskim jeziorze o temperaturze ok. 15°C człowiek może przeżyć około sześciu godzin. Ale gdy temperatura wody spada do 12°C , można w niej umrzeć w ciągu jednej godziny, ponieważ ciało ludzkie nie może nadążyć z uzupełnianiem traconego ciepła.

W ręce wystawionej na mróz naczynia krwionośne zwężają się i kurczą podobnie jak w ręce włożonej do lodowatej wody. Jeśli jednak ręka (lub dowolna inna część ciała) pozostanie w takim stanie zbyt długo, może dojść do **odmrożenia**. Wtedy powrót naczyń krwionośnych do normalnego kształtu w odmrożonym miejscu jest utrudniony, co może mieć bardzo poważne konsekwencje.

W naszym doświadczeniu użyliśmy gumowych rękawic, ponieważ chcieliśmy się odizolować od lodowatej wody. Ta izolacja była na tyle skuteczna, że nawet po 10 sekundach trzymania dłoni w rękawicze w bardzo zimnej wodzie, ręka ochłodziła się nam znacznie mniej niż po 5 sekundach zanurzenia dłoni bez izolacji. Pamiętaj, aby podczas mrozów ubierać rękawiczki, szalik i czapkę!

Aby nadmiernie nie wychładzać naszych organizmów, ubieramy się w odzież, która jest warstwą chroniącą przed utratą ciepła. Jedną z lepszych warstw ochronnych jest nieruchome powietrze. Futra zwierząt, pióra ptaków i ubrania z gęstych materiałów zrobionych przez ludzi są bardzo dobrymi pułapkami dla powietrza. To warstwa powietrza ogrzana ciepłem ludzkiego ciała i zatrzymana pod swetrem **izoluje** nas od zimnego otoczenia. Sam sweter nas nie ogrzewa.

Na podobnej zasadzie działa **termos** – naczynie służące do przechowywania substancji o temperaturze znacznie różniącej się od temperatury otoczenia. W naczyniu tym znajdują się dwie ścianki, przedzielone szczelną warstwą, w której panuje bardzo niskie ciśnienie.

Gruba warstwa śniegu jest mieszaniną lodu i powietrza. Działa ona jak warstwa izolująca dla ziemi. Lekki i puszysty śnieg utrzymuje temperaturę gruntu od około -2°C do około 0°C i zapobiega uciekaniu ciepła z ziemi do mroźnego nocnego powietrza. Dzięki temu wiele zwierząt schowanych pod warstwami śniegu może przetrwać zimę.

Doświadczenie 6: Zapałki, świeczka i ognisko



Przyrządy i materiały:

6 małych świeczek urodzinowych na tort, kawałek plasteliny, zapałki

Przygotowanie.

Za pomocą plasteliny umocuj świeczki na stole w odległości nie większej niż 1 cm jedna od drugiej (tak, aby razem zajmowały jak najmniejszą powierzchnię).

Eksperyment.

- Zapal wszystkie świeczki na plastelinowym torcie. Odczekaj 2 minuty. Zapal zapałkę, zdmuchnij świeczki i natychmiast zapal jedną z nich. Jeżeli doświadczenie zostało

VII. Co dziś na obiad? - czyli termodynamika w kuchni

wykonane sprawnie, a odległości między świeczkami nie są zbyt duże, to od tej jednej świeczki powinny się zapalić pozostałe.

Obserwacja.

- Pokaż, co robisz, aby ogrzać dłonie oddechem, a co, żeby je ochłodzić.
- Przypomnij sobie, w jaki sposób roznieca się przygasające ognisko.

Komentarz.

Chcąc ogrzać dłonie oddechem chuchamy na nie przez szeroko otwarte usta. Temperatura powietrza wydychanego przez człowieka powoli wynosi ok. $36,6^{\circ}\text{C}$ i jest wyższa od temperatury zmarzniętych rąk, dlatego też chuchając na dłonie człowiek odczuwa przyjemne ciepło. Odmiennie postępujemy, chcąc ochłodzić dłonie lub np. potrawę. W takim wypadku wydmuchujemy powietrze przez bardzo wąską szczelinę pomiędzy ustami. Zgodnie z prawem ciągłości, powietrze przechodzące przez wąską szczelinę uzyskuje dużą szybkość, co z kolei prowadzi do obniżenia ciśnienia tego powietrza (zgodnie z prawem Bernoulliego), a w konsekwencji do spadku jego temperatury.

Aby zapalić zapałkę, musimy dostarczyć odpowiedniej ilości ciepła. Ciepło to wydziela się dzięki pracy sił tarcia występujących podczas pocierania zapałki o ściankę pudełka zapałek. Podczas świecenia świeczki, powyżej płomienia obecne są opary parafiny. Gdy zgasimy świeczki na torcie i natychmiast zapalimy jedną z nich, zapalą się także opary parafiny, a od nich – pozostałe świeczki.

Kolor płomienia zależy od jego temperatury. Czerwony – ma temperaturę $525 - 1000^{\circ}\text{C}$, żółty – $1100 - 1200^{\circ}\text{C}$, a biały (niebieskawy): $1200^{\circ}\text{C} - 1500^{\circ}\text{C}$. Płomień świecy jest najgorętszy na zewnątrz, a najchłodniejszy w środku. Zarówno w palącej się zapałce, jak i w świecy element palący się (drewno, knot) ma małą powierzchnię, dlatego zwykłym dmuchnięciem możemy ochłodzić go do temperatury poniżej temperatury zapłonu. Mimo, iż podczas dmuchania dostarczamy jednocześnie świeżej porcji tlenu, płomień gaśnie.

Inaczej jest w przypadku węgla drzewnego na grilu lub żaru z ogniska. Ponieważ gorące węgle i polana mają dużą powierzchnię, wydychane powietrze nie jest w stanie ich ochłodzić poniżej temperatury zapłonu. Dmuchając na nie dostarczamy im natomiast świeżej porcji tlenu, co powoduje rozniecenie, a nie zgaszenie ognia.

Doświadczenie 7: Gaszenie pożaru w kuchni



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Film dotyczący instruktażu gaszenia pożaru w kuchni:

<http://www.youtube.com/watch?v=JOvdIVEN6wY> (czas trwania: 34 s)

Tłumaczenie.

0:04 Jeśli w garnku (w twojej kuchni) zacznie się palić płomień, nie panikuj. Po prostu postępuj według instrukcji.

0:09 Po pierwsze: zgaś palnik kuchenki.

0:11 Po drugie: zamocz ścierkę kuchenną pod wodą z kranu i wykręć ją.

0:15 Po trzecie: nakryj nią garnek i odczekaj aż się ochłodzi.

0:19 Nie staraj się przesuwać garnka.

0:21 I cokolwiek robisz, nie polewaj ognia wodą!

0:29 To może być tragiczne w skutkach.

VII. Co dziś na obiad? - czyli termodynamika w kuchni

Obserwacja.

- Dlaczego w garnku przykrytym mokrą ścierką gaśnie ogień?
- Dlaczego nad garnkiem przykrytym mokrą ścierką powstaje mgiełka?
- Dlaczego po wylaniu wody na palący się garnek wybucha pożar?

Komentarz.

Ścierka blokuje dostęp świeżego powietrza (świeżej porcji tlenu) do garnka, dlatego ogień w garnku gaśnie. Woda pozostała w ścierce paruje pod wpływem wysokiej temperatury powietrza wydostającego się z garnka. Powietrze z dużą ilością pary wodnej ochładza się w miarę oddalania od garnka – para wodna kondensuje, tworząc małe kropelki zawieszona w powietrzu – czyli mgiełkę.

Poalenie ognia wodą czasami prowadzi do wzniesienia jeszcze większego pożaru, gdyż w skład wody wchodzi tlen, niezbędny do podtrzymania płomienia. Jeśli jednak strażacy stosują wodę, to tylko ze względu na jej właściwości chłodzące: ciągły, długotrwały strumień zimnej wody ochładza palące się elementy poniżej temperatury zapłonu, ponieważ woda ma dużą **pojemność cieplną**. Tylko w takich warunkach istnieją pewne szanse ugaszenia pożaru wodą.

Doświadczenie 8: Klimatyzator i lodówka



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

W miarę możliwości można zamiast projekcji filmu odtworzyć przebieg doświadczenia podczas zajęć.

Poglądowy film demonstracyjny dotyczący zasady działania klimatyzatora (w j. angielskim):
<http://www.youtube.com/watch?v=1MiQCBIx1mM> (czas trwania: 1min 24 s)

Tłumaczenie.

0:05 Jeśli w Twoim miejscu zamieszkania bywa gorąco, prawdopodobnie trudno Ci wyobrazić sobie życie bez klimatyzatora.

0:10 A jeśli już masz klimatyzator, posiadasz wielki pojemnik w ogrodzie (lub na zewnętrznej ścianie budynku).

0:14 Czy zastanawiałeś się kiedyś, do czego służy ten pojemnik?

0:17 Zjawiskiem leżącym u podstaw działania każdego klimatyzatora jest parowanie.

0:21 Kiedy ciecz wyparowuje, wydaje się być zimna.

0:23 Jeśli nałożysz warstwę alkoholu na swoją skórę, możesz poczuć chłodzenie, podczas jego wyparowywania.

0:27 Klimatyzator zawiera ciecz, która wyparowuje równie szybko jak alkohol, ale przy znacznie niższej temperaturze.

0:34 Ciecz wyparowuje wewnątrz mieszkania wewnątrz systemu metalowych rurek, dzięki czemu rurki te stają się bardzo zimne, (ochładzając jednocześnie otaczające je powietrze).

0:42 Wentylator rozprowadza zimne powietrze po całym mieszkaniu.

0:48 Podczas parowania ciecz zamienia się w gaz.

0:51 Aby zamienić ten gaz powrotem w ciecz, należy użyć sprężarki.

0:55 Sprężarka spręża gaz, zamieniając go w ciecz. Jednocześnie gwałtownie wzrasta temperatura zarówno sprężarki, jak i cieczy.

1:00 Wentylatory umieszczone na zewnątrz budynku mają za zadanie ochładzanie powstałej podczas sprężania cieczy. Schłodzona w ten sposób ciecz wraca powrotem do wnętrza budynku.

1:07 Jest to ciągły cykl powtarzających się przemian: gazu zamienianego w ciecz i cieczy zamieniającej się powrotem w gaz.

VII. Co dziś na obiad? - czyli termodynamika w kuchni

1:12 W ten sposób pomieszczenia wewnątrz budynku są chłodzone w sposób ciągły.

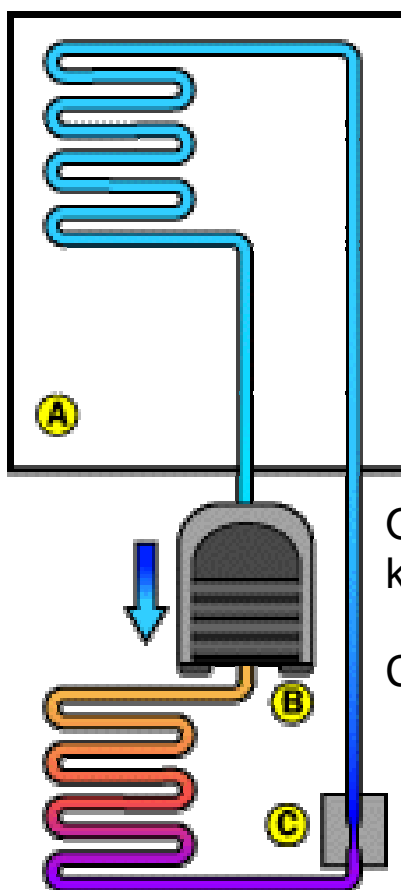
1:16 W taki właśnie sposób działa klimatyzator.

Komentarz.

W zupełnie analogiczny sposób działa lodówka (chłodziarka). Sprężarka spręża gaz w układzie chłodniczym lodówki. Ciśnienie i temperatura gazu rosną. Gaz przepływa systemem rurek na zewnątrz chłodziarki, gdzie jego energia jest rozpraszana - gaz ochładza się i zamienia w ciecz. Następnie przechodzi przez wąski otwór (rozprężarkę), w którym jego ciśnienie gwałtownie maleje, a co za tym idzie - maleje jego temperatura. Tak ochłodzony gaz trafia do lodówki.

Zadanie.

Na zamieszczonym poniżej schemacie podpisz elementy chłodziarki: sprężarka, rozprężarka, wnętrze chłodziarki oraz określ, którym kolorem zaznaczono gaz o wysokim, którym - gaz o niskim ciśnieniu, a którym - ciecz.



©2000 How Stuff Works

A -

B -

C -

Obszar niskiego ciśnienia gazu oznaczono kolorem

.....

Obszar niskiego ciśnienia gazu oznaczono kolorem

Ciecz oznaczono kolorem

VIII. Wielkie zamieszanie

Co już wiemy (2 min)

- Co jest przyczyną spadania ciał w polu grawitacyjnym?
- Co to są siły spójności?
- Co to są siły przylegania?

Pytania wstępne (2 min)

- W czym łatwiej rozpuścić cukier lub sól: w zimnej czy w ciepłej wodzie?
- Z czego składa się jajko? Z czego składa się skorupka jajka?
- Dlaczego dzieci i młodzież muszą spożywać szczególnie dużo produktów bogatych w wapń?
- Jakie produkty spożywcze zawierają dużo wapnia?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Wiaderko z piaskiem (3 min)

Doświadczenie 2: Sortowanie ziaren (3 min)

Doświadczenie 3: Przenikanie cieczy (4 min)

Doświadczenie 4: Dyfuzja (3 min)

Doświadczenie 5: Skład pisaków (3 min)

Doświadczenie 6: Rozpuszczalność w wodzie (8 min)

Doświadczenie 7: Przezroczyste jajko (4 min)

Doświadczenie 8*: Hodowla kryształów (5 min + 7 dni)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Gotowanie potraw opiera się w dużym stopniu na zjawiskach dyfuzji i rozpuszczalności substancji. Rozpuszczalność dotyczy mieszaniny dwóch cieczy, mieszaniny ciała stałego i cieczy lub mieszaniny gazu i cieczy. Dyfuzja zachodzi w cieczy (w której mogą dyfundować cząsteczki innej cieczy, ciała stałego lub gazu), w ciele stałym (w którym mogą dyfundować cząsteczki innej cieczy, ciała stałego lub gazu) lub w gazie (w którym mogą dyfundować cząsteczki innej cieczy, ciała stałego lub gazu). Zarówno rozpuszczalność jak i dyfuzja zależą od temperatury składników oraz ich stężeń.

Generalnie dyfuzja zachodzi szybciej w gazach niż w cieczach (np. zapach rozchodzi się znacznie szybciej na dużą odległość niż rozpuszcza się atrament w małym pojemniku z wodą). Najwolniej przebiega dyfuzja w ciałach stałych.

Dyfuzja zachodzi także nieustannie w naszych organizmach: substancje dyfundują poprzez błony komórkowe do wnętrza komórek i w przeciwną stronę, dostarczając komórkom niezbędnych do życia substancji.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Dyfuzja i rozpuszczalność: Szczeniowski „Fizyka doświadczalna”, cz. II (PWN 1976)
2. Dyfuzja: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Dyfuzja>
3. Rozpuszczalność: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Rozpuszczalno%C5%9B%C4%87>
4. Porównanie dyfuzji w powietrzu i w próżni: <http://www.youtube.com/watch?v=ZAGloLXO9L0> (film w j. angielskim).

VIII. Wielkie zamieszanie

Doświadczenie 1: Wiaderko z piaskiem



Przyrządy i materiały:

wiaderko, łopatką, piasek

Przygotowanie.

Napełnij wiaderko po brzegi piaskiem, ale go nie uklepuj.

Eksperyment.

Wstrząśnij wiaderkiem kilka razy, kilkakrotnie mocno uderz ręką w boki wiaderka.

Obserwacja.

- Czy potrząsanie wpłynęło na objętość zajmowaną przez piasek?

Komentarz.

Piasek luźno wsypany do wiaderka wypełniał je w całości, ponieważ pomiędzy ziarenkami piasku było dużo wolnej przestrzeni (zajętej przez powietrze). Wstrząsanie wiaderkiem powoduje, że piasek układa się ciasniej, dążąc do maksymalnego upakowania.

Doświadczenie 2: Sortowanie ziaren



Przyrządy i materiały:

pojemnik o objętości około 0,25 l, 1 łyżkę soli kuchennej, 1 łyżkę ryżu, 1 łyżkę kaszy mazurskiej, 1 łyżkę rodzynek, suchego grochu, pestek dyni lub suchej, małej fasoli.

Uwaga: jeżeli pojemnik jest większy można odpowiednio powiększyć porcje produktów; im większy pojemnik i większe porcje, tym wyraźniejszy efekt końcowy

Eksperyment.

Na dno pojemnika wsyp kolejno: rodzynek, groch, pestki dyni lub fasolę, następnie ryż i kaszę, a na końcu sól. Potrząśnij rytmicznie pojemnikiem przez ok. 1-2 minuty. Następnie wymieszaj dokładnie wszystkie produkty ze sobą i ponownie potrząśnij rytmicznie pojemnikiem przez 1-2 minuty

Obserwacja.

- Czy podczas potrząsania produkty sortują się?
- Czy wynik sortowania zależy od początkowego ułożenia produktów względem siebie?
- Która cecha decyduje Twoim zdaniem o kolejności powstawania warstw?
- Dlaczego kasza i ryż mają tendencję do tworzenia jednej, wspólnej warstwy?

Komentarz.

Podczas potrząsania produkty sortują się ze względu na swoje wymiary. Można pokazać, że zawsze elementy o największych wymiarach ułożą się na samym wierzchu, a elementy o najmniejszych wymiarach – zgromadzą się na samym dole. Potrząsanie sprawia, że składniki dążą do jak najciaśniejszego upakowania. Małe elementy zajmują puste miejsca, których nie mogą zająć duże elementy – i dlatego właśnie elementy najmniejsze ostatecznie przesuwają się na sam spód.

Kolejność wsypywania produktów sypkich nie ma tak naprawdę znaczenia. Dostosowanie się do sugerowanej kolejności wsypywania produktów w pierwszej części doświadczenia miało na celu pokazanie przypadku ekstremalnego: rodzynek wsypane jako pierwsze, przesunęły się podczas doświadczenia na sam wierzch, a sól wsypana jako ostatnia, przesunęła się na samo dno.

VIII. Wielkie zamieszanie

Doświadczenie 3: Przenikanie cieczy

Przyrządy i materiały:

przezroczysty, giętki wężyk o długości przynajmniej 70 cm, woda z kranu, denaturat, kroplomierz, plastelina, pisak

Eksperyment.

Jeden koniec wężyka uszczelnij plasteliną. Napełnij wężyk do połowy wodą. Przy pomocy kroplomierza dolej do wody denaturatu tak, aby wypełnić cały wężyk (zostaw jak najmniej powietrza w wężyku). Uszczelnij drugi koniec wężyka. Ustaw wężyk pionowo i zaznacz na nim pisakiem poziom cieczy. Obracaj wężyk przez kilka minut tak, żeby ciecz dobrze się wymieszały się. Ustaw wężyk pionowo i zaznacz na nim ponownie poziom mieszaniny.

Obserwacja.

- Czy poziomy cieczy przed i po wymieszaniu dwóch cieczy są jednakowe? Jak sądzisz, dlaczego?

Komentarz.

Podobnie jak w doświadczeniu z sortowaniem ziaren, cząsteczki dwóch mieszających się cieczy przenikają się i dążą do jak najlepszego upakowania. Dlatego objętość mieszaniny jest mniejsza niż suma objętości cieczy nie połączonych ze sobą.

Doświadczenie 4: Dyfuzja



Przyrządy i materiały:

dwie szklanki, woda gorąca i zimna, nabój z atramentem lub kroplomierz (albo słomkę do napojów) i atrament.

Eksperyment.

Do jednej szklanki nalej zimnej wody, a do drugiej gorącej. Odczekaj ok. 1 minutę, aby woda w szklankach przestała falować. Do obu szklanek dodaj bardzo delikatnie po dwie krople atramentu.

Obserwacja.

- Czy atrament pozostał w miejscu?
- W jaki sposób rozprzestrzenia się atrament w wodzie (liniowo, nieregularnie)?
- Jaki wpływ na rozprzestrzenianie się atramentu w wodzie ma temperatura wody?

Komentarz.

Cząsteczki atramentu dyfundują, czyli samorzutnie rozprzestrzeniają się w wodzie. Dyfuzja jest konsekwencją chaotycznych zderzeń cząsteczek atramentu pomiędzy sobą oraz z cząsteczkami wody. Dyfuzja zależy zatem od szybkości tych cząsteczek. Ponieważ w ciepłej wodzie szybkość cząsteczek jest większa niż w wodzie zimnej – dyfuzja zachodzi szybciej w wodzie cieplejszej.

Aby mogła zajść dyfuzja siły spójności poszczególnych substancji muszą być mniejsze lub porównywalne z siłami przylegania substancji do siebie. Ta relacja nie jest spełniona np. w przypadku oleju i wody, dlatego olej nie dyfunduje w wodzie.

VIII. Wielkie zamieszanie

Doświadczenie 5: Skład pisaków



Przyrządy i materiały:

różnokolorowe grube pisaki, ocet, ciepła woda z kranu, 1 arkusz z białego ręcznika papierowego, plastelina, ołówek, szklanka, łyżka, linijka

Przygotowanie.

Z ręcznika papierowego wytnij pasek o szerokości około 4 cm. Nawiń go na ołówek tak, aby z ołówka zwisał pasek o długości równej wysokości szklanki. Za pomocą plasteliny przymocuj nawiniętą część paska do ołówka. W dolnej (swobodnie zwisającej) części paska z ręcznika papierowego narysuj w poziomym rzędzie kilka kropek różnokolorowymi pisakami.

Eksperyment.

Nalej wodę do szklanki na wysokość około 1 cm, dodaj 3 łyżki octu i wymieszaj. Szklankę postaw na stole. Ołówek połóż na szklance w taki sposób, żeby dolny brzeg paska ręcznika papierowego został zamoczony się w wodzie, a cały pasek zwisał pionowo w szklance.

Obserwacja.

- Czy woda ze szklanki wspięła się po pasku do góry? Dlaczego?
- Czy wraz z wodą przedyfundowały pigmenty pisaków?
- Czy kolory pisaków pozostały jednorodne?

Komentarz.

Woda z octem dyfunduje w ręczniku papierowym. Ocet rozkłada poszczególne kolory pisaków na różne części. W zależności od stężenia pigmentu będą się one poruszały z różnymi szybkościami, ponieważ **dyfuzja zależy od stężenia**. Można zobaczyć, z jakich kolorów (pigmentów) składają się poszczególne pisaki.

Doświadczenie 6: Rozpuszczalność w wodzie



Wymaga wstępnego przygotowania przynajmniej 3 h przed eksperymentem



Niezbędna lodówka z zamrażalnikiem

Przyrządy i materiały:

4 szklanki, woda z kranu, drobny, biały cukier (ok. 1 kg), czajnik elektryczny, łyżeczka, mała miarka do lekarstw w płynie (kubeczek) o pojemności przynajmniej 10 ml, kartka papieru milimetrowego, ołówek, linijka, pisak, woreczek lub tacka do robienia lodu, miska o pojemności około 1 l.

Przygotowanie.

3 h przed eksperymentem – wlej wodę do woreczka na lód lub tacki i włóż do zamrażalnika

15 minut przed eksperymentem – nalej do miski wodę z kranu, wrzuć do wody przygotowane wcześniej kostki lodu, miskę wstaw do lodówki.

Na kartce papieru milimetrowego narysuj układ współrzędnych. Na osi poziomej (krótszej) zaznacz temperaturę od 0°C do 100°C (1cm=10°C); na osi pionowej (dłuższej) zaznacz liczbę miarek (1 miarka=0,5cm).

Ponumeruj szklanki pisakiem.

Przy pomocy miarki do lekarstw napełnij szklanki:

- szklankę nr 1 – nalewając 70 ml wody z kranu. Zaznacz na szklance poziom wody. Następnie dolej kolejne 30 ml wody i zaznacz poziom na szklance. Wylej wodę ze szklanki.
- szklankę nr 2 - nalewając 50 ml wody z kranu. Zaznacz na szklance poziom wody. Następnie dolej kolejne 50 ml wody i zaznacz poziom na szklance. Wylej wodę ze szklanki.
- szklankę nr 3 – nalewając 20 ml wody z kranu. Zaznacz na szklance poziom wody. Następnie dolej kolejne 80 ml wody i zaznacz poziom na szklance. Wylej wodę ze szklanki.

Zagotuj wodę w czajniku.

VIII. Wielkie zamieszanie

Eksperyment.

Podzielcie pracę pomiędzy dwie osoby.

W doświadczeniu wyznaczącie zależność składu roztworu nasyconego cukru od temperatury.

Korzystając z miarek na szklankach:

- do szklanki nr 1 wlej 70 ml wrzątku, dolej 30 ml zimnej wody z miski (w ten sposób woda uzyskuje temperaturę około 70°C); przy pomocy miarki wsypuj po 10 ml cukru do szklanki, cały czas mieszając aż cukier się rozpuści; cukier dosypuj tak długo aż powstanie roztwór nasycony; zaznacz na wykresie punkt odpowiadający temperaturze 70°C i zliczonej liczbie miarek
- do szklanki nr 1 wlej 50 ml wrzątku, dolej 50 ml zimnej wody z miski (w ten sposób woda uzyskuje temperaturę około 50°C); przy pomocy miarki wsypuj po 10 ml cukru do szklanki, cały czas mieszając aż cukier się rozpuści; cukier dosypuj tak długo aż powstanie roztwór nasycony; zaznacz na wykresie punkt odpowiadający temperaturze 50°C i zliczonej liczbie miarek
- do szklanki nr 1 wlej 20 ml wrzątku, dolej 80 ml zimnej wody z miski (w ten sposób woda uzyskuje temperaturę około 20°C); przy pomocy miarki wsypuj po 10 ml cukru do szklanki, cały czas mieszając aż cukier się rozpuści; cukier dosypuj tak długo aż powstanie roztwór nasycony; zaznacz na wykresie punkt odpowiadający temperaturze 20°C i zliczonej liczbie miarek
- do szklanki nr 1 wlej 100 ml zimnej wody z miski (woda ma temperaturę około 0°C); przy pomocy miarki wsypuj po 10 ml cukru do szklanki, cały czas mieszając aż cukier się rozpuści; cukier dosypuj tak długo aż powstanie roztwór nasycony; zaznacz na wykresie punkt odpowiadający temperaturze 0°C i zliczonej liczbie miarek

Obserwacja.

- Na jakiej linii układają się punkty?
- Porównaj uzyskane wyniki z pozostałymi grupami.
- Przedyskutujcie, jakie mogą być przyczyny powstałych różnic.

Doświadczenie 7: Przezroczyste jajko



Wymaga wstępnego przygotowania przynajmniej 24 h przed eksperymenem

Przyrządy i materiały:

2 świeże jajka, 2 szklanki, garnek, wodę, 0,25 l octu 10%, woda z kranu, mydło.

Przygotowanie.

Sparz jajka:

- Włóż jajko do garnka. Wlej do garnka tyle wody, żeby jajko było w niej całkowicie zanurzone w wodzie, a następnie wyjmij jajko.
- Żeby jajka nie pękły podczas gotowania wsyp do wody pół łyżeczki soli i zamieszaj.
- Zagotuj wodę w garnku.
- Połóż jajko na łyżce i delikatnie włóż jajko do gotującej się wody na 15 sekund.
- Wyjmij jajko z wody za pomocą łyżki (nie dotykaj jajka rękami!). Wylej wodę z garnka.
- Umyj dokładnie ręce wodą i mydłem.

Eksperyment.

Do dwóch szklanek włóż po jednym jajku. Do jednej szklanki z jajkiem wlej ocet tak, aby zakrywał jajko. Do szklanki z drugim jajkiem wlej wodę tak, aby zakrywała jajko. Po około 12 godzinach wyjmij jajko ze szklanki z octem, umyj jajko i ponownie włóż je do szklanki. Wybierz z octu zabrudzenia (możesz także wymienić ocet na nowy). Po kolejnych 12 godzinach wyjmij jajka ze szklanek. Umyj jajka. Zbadaj ich przezroczystość (spoglądając przez jajko na lampę w oddali) i sprężystość (lekką ściskając jajko lub odbijając je od stołu).

VIII. Wielkie zamieszanie

Uwaga: Podobne doświadczenie można wykonać z oczyszczonymi kośćmi kurczaka. W tej wersji jednak trwa ono około 2 tygodnie, przy czym ocet musi być wymieniany na świeży co 2 dni.

Obserwacja.

- Co się stało po dwóch dniach z jajkiem zanurzonym w wodzie?
- Co się stało po dwóch dniach z jajkiem zanurzonym w occie?
- Przez które jajko można zajrzeć do wnętrza?
- Czy zanurzenie jajka w wodzie lub occie niszczy białko lub żółtko jajka?

Komentarz.

Kości są twarde i sztywne, ponieważ zawierają **wapń** (a dokładniej: fosforan wapnia). Podobnie - wapń znajduje się w skorupce jajka (w postaci węglanu wapnia, który sprawia, że skorupka jest twarda, ale jednocześnie krucha). Ani węglan wapnia, ani fosforan wapnia nie rozpuszczają się w wodzie, dlatego w szklankach z czystą wodą jajko pozostaje twarde. Natomiast pod wpływem octu zarówno węglan wapnia, jak i fosforan wapnia zamieniają się w octan wapnia, związek chemiczny rozpuszczalny w wodzie, (dlatego w tej postaci wapń jest wypłukiwany). Z tego powodu jajko zanurzone w occie – staje się sprężyste. Pod skorupką jajka znajduje się błona pergaminowa, której ocet nie rozpuszcza. Jest ona półprzezroczysta, więc możesz przez nią zajrzeć do wnętrza jajka.

Ocet użyty do przygotowania potraw nie przedostaje się bezpośrednio do kości, dlatego jego spożywanie nie jest zagrożeniem dla układu kostnego. Jednakże nie wolno pić octu bezpośrednio, bo grozi to zatruciem.

Kości noworodków i niemowląt są małe i giętkie. W miarę upływu czasu rosną one i stają się sztywne, dlatego tak ważne jest, aby małym niemowlakom, dzieciom i młodzieży dostarczać pożywienia bogatego w wapń i fosfor (nabiał: mleko, jajka, sery).

Doświadczenie 8*: Hodowla kryształów



Eksperyment może trwać
nawet 1-2 tygodnie

Przyrządy i materiały:

1 szklanka, 1 ołówek, 1 mały kamyk, łyżka, nożyczki, nić bawełniana, sól, bardzo ciepła woda.

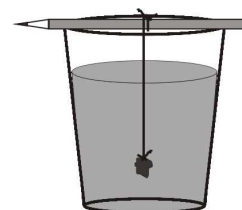
Przygotowanie.

Utnij kawałek nici o długości około 20 cm. Przywiąż nić na środku ołówka.

Do drugiego końca nici przywiąż kamyk.

Przygotuj nasycony roztwór wody z solą:

Napełnij $\frac{3}{4}$ objętości szklanki bardzo ciepłą wodą. Wsyp do szklanki jedną łyżkę soli, zamieszaj aż sól całkowicie się rozpuści. Powtarzaj tak długo, aż sól nie będzie się już chciała rozpuścić i jej niewielka część osiądzie na dnie.



Eksperyment.

Włóż nitkę z przyczepionym kamykiem do szklanki z nasyconym roztworem soli, a ołówek połóż na górnym brzegu szklanki tak, aby nie spadł. Szklankę z ołówkiem postaw w ciepłym, najlepiej nasłonecznionym miejscu. Przez 1-2 tygodnie codziennie obserwuj nić.

Obserwacja:

1. Co gromadzi się na nici?
2. Jak wygląda pojedynczy kryształek soli?

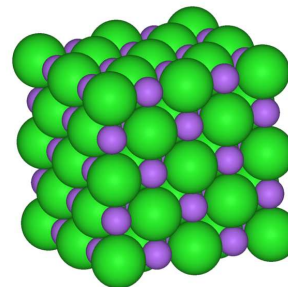
VIII. Wielkie zamieszanie

Komentarz:

Sól kuchenna (chlorek sodu, NaCl) składa się z jonów sodu i jonów chloru. Co ciekawe, sód w czystej postaci jest metalem, natomiast chlor – gazem trującym. Jednak po połączeniu – stają się substancją, której z powodzeniem można używać do przyrządzania potraw.

Sól wydobywana jest w kopalniach (np. w Kopalni Soli w Wieliczce) lub uzyskuje się ją przez odparowanie wody morskiej. Zanim jednak trafi do sklepu, najczęściej przetwarzana jest tak, że nie przypomina już wyglądem soli naturalnej. Poza chlorkiem potasu przetworzona (rafinowana) sól zawiera też inne substancje – między innymi wzbogacona jest np. o związki jodu, niezbędne do prawidłowego funkcjonowania naszych organizmów, które najczęściej nie mają dostępu do innych źródeł jodu.

W nasyconym roztworze wody z solą jest tyle soli, że już więcej nie może się w nim rozpuścić. Z takiego roztworu pozostawionego w otwartej szklance paruje tylko woda (proces ten zachodzi w każdej temperaturze, ale tym bardziej intensywnie im więcej ciepła jej dostarczamy). W szklance jest coraz mniej wody i ciągle tyle samo soli. Część soli musi się zatem wytrącić z roztworu i z powrotem zamienić w kryształki. Woda z solą wsiąka do bawełnianej nitki, skąd następnie odparowuje tylko woda. Ponieważ ten proces jest bardzo powolny, na nitce rosną duże kryształki, tworząc tak zwane monokryształy. Mają one kształt sześcianów i odzwierciedlają mikroskopijny szkielet kryształu soli kuchennej - w którym duże jony chloru i małe jony sodu ułożone są w przestrzeni w sześciennej sieci.



Chlorek sodu, źródło: Wikipedia

Podobne hodowle można zakładać na bazie nasyconego roztworu cukru (sacharozy) lub tetraboranu sodu (boraksu).

X. Bezwładność

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest ciśnienie?
- Co to jest siła grawitacji?
- Jaki jest kierunek i zwrot siły grawitacji?

Pytania wstępne (4 min)

- Dlaczego belka zawieszona poziomo na jednym kawałku sznurka może spaść, bo sznurek się zerwie, a zawieszona na kilku kawałkach tego samego sznurka – nie spada?
- Dlaczego narciarze alpejscy przybierają podczas zjazdów skuloną pozycję?
- Co to znaczy, że przedmiot ma opływowe kształty?
- Dlaczego trudniej jest chodzić po lodzie niż po asfalcie?
- W jaki sposób można zmniejszyć tarcie?
- Dlaczego podczas rajdów samochodowych wymienia się opony?
- Po co jest potrzebny spadochron skoczкови spadochronowemu?
- Dlaczego mimo, iż siła grawitacji ciągnie nas w kierunku środka Ziemi, to stojąc na jej powierzchni nie poruszamy się w dół?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Ciśnienie ciał stałych (5 min)

Doświadczenie 2: Akcja - reakcja (3 min)

Doświadczenie 3: Połączone książki (5 min)

Doświadczenie 4: Poduszkowiec (4 min)

Doświadczenie 5: Woda w kubeczku (4 min)

Doświadczenie 6: Spadające przedmioty (4 min)

Doświadczenie 7: Reakcja podłoża (3 min)

Doświadczenie 8: Rolki (3 min)

Doświadczenie 9*: Sprężysta gumowa waga (10 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Pod koniec XVII w. Izaak Newton sformułował trzy zasady dotyczące dynamiki. Pierwsza z nich głosi, że jeżeli na ciało nie działa wypadkowa siła zewnętrzna różna od zera, to ciało nieruchome pozostanie bez ruchu, a ciało będące w ruchu będzie kontynuować swój ruch po linii prostej bez zmiany wartości, kierunku i zwrotu prędkości. II zasada dynamiki Newtona stwierdza, że wypadkowa siła działająca na ciało nadaje mu przyspieszenie (wprost proporcjonalne do siły i odwrotnie proporcjonalne do masy ciała). Z III zasady dynamiki wiadomo, że jeżeli jakieś ciało działa siłą na drugie ciało, to drugie ciało działa siłą na pierwsze. Siły te są równe co do wartości, mają ten sam kierunek, ale przeciwne zwroty. Siły te są przyłożone do różnych ciał, dlatego nie można mówić o ich równoważeniu się. Siły zawsze występują parami: jedna siła jest siłą akcji, a druga – siłą reakcji. Stwierdziliśmy, że siły te parami mają taką samą wartość. Nie oznacza to jednak, że wywołają ten sam skutek. Na przykład: Ziemia przyciąga kulkę siłą grawitacji – kulka puszczone swobodnie spada zatem ku powierzchni Ziemi. W myśl III zasady dynamiki kulka działa na Ziemię taką samą siłą. Dlaczego zatem Ziemia nie zostaje przyciągnięta przez kulkę? Siły o tych samych wartościach działają tutaj na ciała o znacznie różniących się masach. Siła grawitacji wywiera efekt na kulkę (kulka zostaje przyspieszona), ale nie może ruszyć Ziemi, która ma ogromną masę!

Siła sprężystości ciał stałych jest reakcją na ich odkształcanie. Niektóre ciała stałe (sprężynę, gumkę) łatwo odkształcić; inne – takie jak powierzchnia drewnianej podłogi, czy asfalt są odkształcane

X. Bezwładność

w sposób niezauważalny gołym okiem. W przypadku niewielkich odkształceń siła sprężystości jest wprost proporcjonalna do odkształcenia (np. siła sprężystości potrzebna do rozciągnięcia lub ściśnięcia sprężyny jest proporcjonalna do zmiany jej długości). Cechę tę wykorzystano przy konstrukcji siłomierzy – przyrządów do pomiaru sił o niewielkiej wartości.

W zwykłej definicji tarcia zawarte jest stwierdzenie, że siła tarcia nie zależy od pola powierzchni trących. Np. przesunięcie skrzyni po drewnianej podłodze wymaga tyle samo siły bez względu na to, na którym z boków została ona postawiona. Stwierdzenie to jest prawdziwe w przypadku ciał sztywnych (twardych), ale nie stosuje się do przedmiotów elastycznych – takich jak np. opona samochodowa. Dlatego dla odróżnienia wprowadzono dla nich tzw. współczynnik przyczepności (zamiast współczynnika tarcia). Zależy on nie tylko od rodzaju nawierzchni i od rodzaju gumy, z której wykonano oponę oraz od ciężaru auta, ale także od pola powierzchni styku opony z jezdnią, rodzaju bieżnika, temperatury, ciśnienia i szybkości opony. Opony o większej przyczepności dają lepszą stabilność na zakrętach, ale powodują zwiększone zużycie paliwa, bardzo się rozgrzewają i szybko zużywają. Opony o mniejszej przyczepności nie powodują tak wielu strat, ale ich użycie powoduje konieczność zwiększonej ostrożności (np. kierowca musi na zakrętach wytracać szybkość, ażeby nie wypaść z toru). Niezwykłą umiejętnością, jaką wykazują się ekipy techniczne na przykład na zawodach Formuły 1 jest odpowiedni dobór rodzaju opon do warunków panujących podczas wyścigów. Niejednokrotnie decyduje on o zwycięstwie, bądź porażce zawodnika.

Pytania końcowe (2 min)/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Tarcie i jego właściwości: D. Halliday, R. Resnick, J. Walker „Podstawy fizyki” t.1 (PWN 2006), rozdz. 6.1 i 6.2
2. Czy można żyć w świecie bez tarcia?, „Fizyka i astronomia dla każdego”, pod red. B. Sagnowskiej (Zamkor 2007), rozdz. 2.7
3. Opory ruchu: D. Halliday, R. Resnick, J. Walker „Podstawy fizyki” t.1 (PWN 2006), rozdz. 6.3.
4. Skoki na bungee: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Bungee>
5. Siły sprężystości: M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier, J.M. Kreiner „Fizyka dla gimnazjum”, t.1 (Zamkor 2008), rozdz. 4.11
6. Różnica między przyczepnością a tarciem: M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier, J.M. Kreiner „Fizyka dla gimnazjum”, t.1 (Zamkor 2008), str. 125-127

Doświadczenie 1: Ciśnienie ciał stałych



Przyrządy i materiały:

5 balonów, cienka deska (najlepiej o wymiarach ok. 70 cm x 70 cm)

Uwaga: zamiast deski można użyć tacki lub miski.

Przygotowanie.

Napompuj wszystkie balony do dużych rozmiarów (średnica ok. 25-30 cm).

Eksperyment.

- Połóż na podłodze jeden balon, a na nim umieść deskę. Jedna osoba niech stanie na desce, asekurowana przez dwie inne osoby. Jeżeli balon nie pęknie, należy go nieco dopompować, podobnie jak cztery pozostałe balony.
- Połóż na podłodze cztery balony obok siebie. Umieść deskę na balonach. Niech ta sama osoba stanie na desce, asekurowana przez dwie inne osoby.

Obserwacja.

- Jaką siłę wywiera człowiek na pojedynczy balon, a jaką na cztery balony?
- Jakie ciśnienie wywiera człowiek na pojedynczy balon, a jakie na cztery balony?

X. Bezwładność

Komentarz.

Wartość nacisku człowieka na płaskie podłoże jest równa wartości siły grawitacji, która przyciąga człowieka do Ziemi. W obu częściach doświadczenia nacisk jest zatem taki sam. Natomiast ciśnienie wywierane na balony jest większe w pierwszej niż w drugiej części doświadczenia (bo siła działa na różne pola powierzchni styku deski z balonami). Im większe ciśnienie tym łatwiej przebić balon. W przypadku czterech balonów pod deską na każdy z nich działa siła równa $\frac{1}{4}$ siły grawitacji.

Podobnie w samochodzie osobowym: zastosowanie czterech kół po pierwsze wpływa na stabilizację ciężkiego auta, a po drugie zmniejsza nacisk samochodu na każde z kół. W instrukcji obsługi podane są wartości ciśnień, jakie należy zapewnić w oponach w zależności od ładunku. Zwykle jest to ciśnienie ok. 2 atmosfer (czyli dwa razy większe niż ciśnienie atmosferyczne). Jeżeli jednak auto jest bardzo załadowane, zaleca się dopompowanie kół (nawet do ciśnienia 3 atmosfer). Gdybyśmy mieli w samochodzie zamiast czterech kół – jedno, opona musiałaby być znacznie bardziej wytrzymała, a ciśnienie w oponie – ok. cztery razy większe niż stosowane obecnie.

Uwaga: ciśnienie podaje się w różnych jednostkach. Podstawową jednostką jest Pascal (1 Pa), ale często można spotkać ciśnienie podawane w atmosferach (1 atm). Ciśnienie atmosferyczne to 1 atm lub 1013 hPa.

Doświadczenie 2: Akcja - reakcja



Przyrządy i materiały:

deskorolka lub para rolek, drzwi na zawiasach, sznurek o długości około 1 m

Eksperyment.

- Przywiąż sznurek do klamki drzwi. Przymknij drzwi (ale ich nie zamykaj). Ciągnąc za sznurek, spróbuj otworzyć drzwi.
- Przymknij drzwi (ale ich nie zamykaj). Stań na deskorolce i ciągnąc za sznurek, spróbuj otworzyć drzwi.

Obserwacja.

- Co się dzieje z człowiekiem stojącym podczas otwierania drzwi na podłodze?
- Co się dzieje z deskorolką podczas otwierania drzwi w drugiej części eksperymentu?

Komentarz.

Już ponad 400 lat temu Izaak Newton odkrył, że **każda akcja rodzi reakcję** i sformułował to prawo jako III zasadę dynamiki. Jeżeli jakaś osoba ciągnie drzwi, to jednocześnie drzwi ciągną tę osobę. Dzieje się tak zawsze, choć bardzo często trudno zaobserwować siłę reakcji. Taki przypadek mieliśmy w pierwszej części doświadczenia: ciągnięcie drzwi powodowało powstanie siły reakcji – drzwi ciągnęły osobę, ale nie było widać efektu, bo jednocześnie na osobę działała siła tarcia statycznego podeszew butów o podłoże, która uniemożliwiała przesunięcie człowieka. Tarcie to zostało zminimalizowane w drugiej części doświadczenia. Człowiek na deskorolce ciągnąc drzwi doznaje działania siły reakcji: drzwi ciągną człowieka i człowiek z deskorolką przesuwa się. Tarcie kół deskorolki jest bowiem znacznie mniejsze niż tarcie podeszew butów o podłoże.

Doświadczenie 3: Połączone książki



Przyrządy i materiały:

3 grube książki takich samych rozmiarów (trzy tomy encyklopedii, trzy książki telefoniczne itp.), 2 kartki papieru A4.

Przygotowanie.

Poprzekładaj **jedną po drugiej** kartki obu książek – tak, by książki zostały w ten sposób sczepione ze sobą. Ważne jest, żeby pierwsza kartka pierwszej książki leżała na pierwszej kartce drugiej książki, a ta na drugiej kartce pierwszej książki i tak dalej.

X. Bezwładność

Eksperyment.

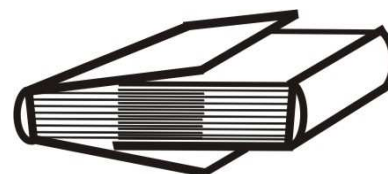
- Połóż na stole jedną na drugiej dwie kartki papieru. Pociągnij górną kartkę równoległe do stołu.

Obserwacja.

- Co się dzieje z dolną kartką papieru, gdy ciągniesz za górną kartkę papieru równoległe do stołu?
- Czy czujesz jakkolwiek opór, gdy ciągniesz górną kartkę?
- Ponownie połóż na stole jedną kartkę na drugiej, a na nich jedną z książek. Spróbuj wyciągnąć kartkę papieru włożoną pomiędzy książkę i drugą kartkę papieru.

Obserwacja.

- Czy łatwo jest wyciągnąć pojedynczą kartkę papieru spod książki?
- Złap mocno obiema rękami za grzbiet jednej książki, a druga osoba – niech złapie obiema rękami za grzbiet drugiej książki. Na wspólny sygnał pociągnijcie książki do siebie, starając się je rozdzielić. Nie podnoście pojedynczych kartek!



Obserwacja.

- Czy łatwo jest rozdzielić obie książki „zaciśnięte” jedna w drugiej?

Komentarz.

Gdy chcemy przesunąć pojedynczą kartkę po powierzchni innej kartki natrafiamy na lekki opór, tak zwaną siłę tarcia. Im bardziej nierówne (chropowate) są powierzchnie tych kartek, tym większe tarcie.

Tarcie zależy także od nacisku jednej powierzchni na drugą. Im bardziej ściśnięte są kartki, tym tarcie większe. Dlatego, gdy na dwóch kartkach papieru kładziesz ciężką książkę znacznie trudniej jest wówczas wysunąć kartkę leżącą pomiędzy książką a drugą kartką papieru – gdy książka jest bardzo ciężka, staje się to wręcz niemożliwe.

Tarcie istnieje pomiędzy każdymi dwoma kartkami (przesuwanymi jedna po powierzchni drugiej). Aby rozdzielić książki, musimy pokonać siłę tarcia pomiędzy każdą parą kartek. Choć siła tarcia pomiędzy dwoma kartkami nie jest zbyt duża, to jej wartość pomnożona przez liczbę kartek jednej książki (których jest kilkaset) jest już tak duża, że rozdzielenie książek staje się niemożliwe.

W wielu przypadkach tarcie jest zjawiskiem korzystnym. Czy potrafisz sobie wyobrazić świat bez tarcia? Zdecydowana większość wykonywanych przez nas czynności wymaga obecności tarcia: chodzenie, ubieranie się, otwieranie czegokolwiek itd. (spróbuj podać inne przykłady).

W niektórych przypadkach chcielibyśmy jednak zminimalizować tarcie, np. podczas jazdy samochodem. Im mniejsze tarcie (i opory powietrza), tym mniejsza moc silnika niezbędna do poruszania się samochodu. Jeśli jednak tarcie jest zbyt małe, opony tracą przyczepność i auto wpada w poślizg. Ponieważ warunki na drogach zmieniają się wraz z porami roku – sezonowo wymieniamy też opony na zestaw letni lub zimowy. Opony letnie mają za małą przyczepność na mokrych lub pokrytych warstwą lodu nawierzchniach jezdni zimą. Opony zimowe z kolei mają zapewnić lepszą przyczepność (większe tarcie) nie nadają się na lato, gdyż w temperaturach powyżej 10°C za bardzo się rozgrzewają i ścierają.

Doświadczenie 4: Poduszkowiec



Przyrządy i materiały:

1 płyta CD lub krążek w kształcie płyty CD wycięty z tektury, balonik, ruchomy dziubek z zaworkiem (od butelki po napoju lub płynu do mycia naczyń typu „Ludwik”), klej lub kawałek plasteliny, stół lub inna gładka pozioma powierzchnia

Przygotowanie.

Przyklej ruchomy dziubek dookoła otworu na środku płyty CD lub tekturowego krążka. Zamknij zaworek.

X. Bezwładność

Eksperyment.

- Połóż płytę (krążek) na stole. Popchnij płytę płasko po stole.
- Nadmuchaj balonik, ale go nie wiąż. Nałóż końcówkę balonika na dziubek. Połóż płytę (krążek) ponownie na stole. Lekko otwórz zaworek.

Obserwacja.

- Co hamuje ruch płyty bez balonika po stole?
- Co powoduje, że krążek z przyczepionym balonem i otwartym zaworkiem się porusza?
- Jakim ruchem porusza się krążek z otwartym balonem?
- W którym przypadku łatwiej jest poruszać się krążkowi?

Komentarz.

Gdy puszczaamy po stole krążek bez balonika, pomiędzy krążkiem a stołem występuje tarcie, które silnie hamuje ruch krążka.

Jeśli powietrze wydostaje się z balonika małym strumieniem, pod krążkiem tworzy się cienka poduszka z powietrza. Wówczas krążek działa jak poduszkowiec – dzięki warstwie („poduszce”) powietrza, na której się unosi może poruszać się niemal bez tarcia, bo nie dotyka podłoża.

Jeśli powietrze gwałtownie wydostaje się z balonika – krążek porusza się jak odrzutowiec. Powietrze wylatuje w jedną stronę i na zasadzie odrzutu popycha krążek dokładnie w przeciwną stronę.



Doświadczenie 5: Woda w kubeczku

Przyrządy i materiały:

kubeczek plastikowy, gwóźdź, taśma klejąca lub kawałek plasteliny, woda z kranu, szeroka miska, szmata do podłogi

Przygotowanie.

Za pomocą gwóźdźa zrób trzy dziurki w kubeczku: jedną w dnie, a dwie pozostałe w ścianie kubeczka, poniżej połowy wysokości (np. naprzeciwko siebie). Zalep dziurki szczelnie taśmą klejącą lub cienką warstwą plasteliny.

Eksperyment.

- Nalej wodę do kubeczka. Ustaw kubeczek jak najwyżej ponad miską. Jednym ruchem oderwij taśmę klejącą od kubeczka i puść kubeczek swobodnie. Obserwuj zachowanie się wody podczas lotu.

Uwaga: Przy zachowaniu odpowiedniej ostrożności doświadczenie można wykonać spuszczac kubeczek z okna budynku na I piętrze. Można wówczas użyć przezroczystej butelki o pojemności 1 l. Należy uważać: aby nie wypaść z okna oraz aby bezpośrednio pod oknem w pobliżu miejsca upadku nie znajdowały się żadne osoby!

- Trzymając kubeczek nad miską, szybko napełnij go wodą. Obserwuj zachowanie się wody.

Obserwacja.

- Czy woda wylewa się przez dziurki ze spoczywającego kubeczka?
- Czy woda wylewa się przez dziurki z kubeczka podczas lotu?

Komentarz.

Gdy kubeczek swobodnie opada na ziemię (do miski), siła grawitacji w taki sam sposób przyspiesza kubeczek jak i każdą kropelkę wody. Woda **nie porusza się** zatem **względem kubeczka**, czyli nie wyprzedza kubeczka podczas ruchu. Dlatego woda nie wylewa się z naczynia.

Gdy kubeczek trzymamy w rękach, równoważymy siłę grawitacji działającą na niego – kubeczek pozostaje w spoczynku. Na wodę jednak w dalszym ciągu działa siła grawitacji. Dlatego woda wylewa się przez dziurki naczynia.



X. Bezwładność

Doświadczenie 6: Spadające przedmioty

Przyrządy i materiały:

dwie kartki papieru z zeszytu o formacie A5, balonik, włóczka, gumka do mazania, książka o formacie A5, linijka

Przygotowanie.

Nadmuchaj balonik. Zgnieć jedną kartkę w kulkę. Utnij kawałek włóczki o długości 10 cm.

Eksperyment.

- Puszczaj (nie rzucaj!) po kolei wszystkie przedmioty z tej samej wysokości. Możesz je puszczać jednocześnie: pojedynczo, parami, trójkami – zaplanuj tę część samodzielnie w celu porównania ruchu przedmiotów.

Obserwacja.

- Który przedmiot spada w najkrótszym czasie?
- Który przedmiot spada w najdłuższym czasie?
- Która z kartek spada w krótszym czasie?

- Połóż kartkę papieru na książce. Unieś książkę ponad blatem stołu i puść na stół.

Obserwacja.

- Który z przedmiotów jako pierwszy dotknął stołu?
- W jaki sposób względem siebie poruszały się kartka i książka?

- Podłóż kartkę papieru pod książkę. Unieś książkę z kartką ponad blat stołu i puść na stół.

Obserwacja.

- Który z przedmiotów jako pierwszy dotknął stołu?
- W jaki sposób względem siebie poruszały się kartka i książka?

- Nad blatem stołu w jednej ręce unieś książkę, a w drugiej – ułóż na płasko kartkę papieru. Puść oba przedmioty jednocześnie na stół.

Obserwacja.

- Który z przedmiotów jako pierwszy dotknął stołu?
- W jaki sposób względem siebie poruszały się kartka i książka?

Komentarz.

Wszystkie przedmioty spadają na Ziemię, bo są przez nią przyciągane **siłą grawitacji**. Ponieważ spadając poruszają się w powietrzu, działa na nie także **siła oporu**, zwrócona przeciwnie do prędkości.

Gdyby zamiast powietrza w naszym otoczeniu panowała **próżnia**, to wszystkie przedmioty spadałyby z tej samej wysokości w takim samym czasie. Czas spadania nie zależałby ani od masy przedmiotu ani od jego wielkości, ani od jego kształtu. To siła oporu sprawia, że czas spadania jest różny dla różnych przedmiotów.

Dwie kartki o tej samej masie, ale różnym kształcie nie spadają na Ziemię w takim samym czasie. Kartka zgnieciona spada szybciej, ponieważ **siła oporu zależy od pola powierzchni napierającej na powietrze**.

Dla ciał spadających w pobliżu powierzchni Ziemi siła grawitacji jest skierowana pionowo w dół, a siła oporu - pionowo w górę, zatem siły te przeciwdziałają sobie. Suma tych sił nadaje ciało przyspieszenie. Ponieważ siła grawitacji nie zależy od szybkości ciała, a **siła oporu rośnie wraz ze wzrostem szybkości** ciał, dlatego podczas spadania bardzo szybko zostaje osiągnięty stan równowagi, przy którym wartość siły grawitacji staje się równa wartości siły oporu. Od tej chwili ciało przestaje przyspieszać i zaczyna poruszać się w dół ruchem jednostajnym z osiągniętą szybkością graniczną. Sama **siła oporu nie zależy od masy ciała**, ale **szybkość graniczna** ciała **jest** między innymi **proporcjonalna do jego masy** – dlatego w ostatniej części doświadczenia książka spada na stół wcześniej niż kartka papieru, chociaż oba przedmioty mają podobne pole powierzchni napierającej.



X. Bezwładność

Doświadczenie 7: Reakcja podłoża

Przyrządy i materiały:

2 grube książki, giętka, plastikowa linijka o długości ok. 50 cm, gruba gąbka kąpielowa, artykuł spożywczy o masie ok. 1 kg (paczka cukru, maki, olej itp.)

Eksperyment.

- Połóż książki na stole w odległości ok. 30 cm od siebie. Na książkach połóż linijkę, tworząc most pomiędzy tomami. Na środku linijki postaw artykuł spożywczy.
- Połóż gąbkę na płasko na stole. Na środku gąbki postaw artykuł spożywczy.

Obserwacja.

- Co się stało po obciążeniu linijki?
- Co się stało po położeniu artykułu spożywczego na gąbce?

Komentarz.

Po obciążeniu giętkiej linijki lub miękkiej gąbki – oba te przedmioty odkształcają się. Bardzo często jednak odkształcenia podłoża nie są widoczne gołym okiem. Na skutek tych odkształceń podłoża (widocznych lub nie), powstałych w wyniku nacisku przedmiotów, w podłożu powstają dodatkowe naprężenia, powodujące pojawienie się siły sprężystości podłoża. Siła ta jest zawsze skierowana prostopadłe do podłoża i ma zwrot przeciwny do zwrotu siły nacisku. Siła sprężystości podłoża równoważy siłę grawitacji działającą na ciało, dlatego ciało może spoczywać na powierzchni nie poruszając się w kierunku do niej prostopadłym.

Doświadczenie 8: Rolki



Przyrządy i materiały:

sprężynka (np. od długopisu), kilkanaście niekarbowanych (walcowych) kredek lub ołówków, duża gumka do mazania, stół.

Przygotowanie.

Wbij i przymocuj jeden koniec sprężynki do gumki.

Eksperyment.

- Pociągając za wolny koniec sprężynki, przesunij gumkę po stole ruchem w miarę jednostajnym.
- Ułóż kredki na stole w odległościach ok. 1,5 cm, równoległe do siebie. Połóż gumkę na pierwszych dwóch kredkach. Pociągając za wolny koniec sprężynki, przesunij gumkę po stole ruchem w miarę jednostajnym w kierunku prostopadłym do kredek.

Obserwacja.

- W którym przypadku sprężynka mniej się rozciągnęła?

Komentarz.

Gumka wprawiana jest w ruch poprzez przyłożenie siły do przymocowanej do niej sprężynki. Ponieważ ruch gumki jest jednostajny, to z I zasady dynamiki Newtona wnioskujemy, że siła sprężystości sprężynki równoważy siłę hamującą (siłę tarcia gumki o podłoże). Siła sprężystości sprężynki jest proporcjonalna do jej wychylenia. Im mniejsze wychylenie tym siła ta jest mniejsza (czyli jednocześnie tym mniejsza siła tarcia). Z wykonanego eksperymentu wynika, że siła tarcia poślizgowego jest większa niż siła tarcia tocznego, dlatego tak przełomowym w dziejach ludzkości było wynalezienie koła.

Już w doświadczeniu nr 2: Akcja – reakcja wykorzystaliśmy fakt, że zastosowanie kół zmniejsza tarcie.



X. Bezwładność

Doświadczenie 9*: Sprężysta gumowa waga

Przyrządy i materiały:

kartka papieru milimetrowego, plastikowy kubek, ok. 15 cm gumki (do skakania lub typu recepturka) w jednym kawałku, patyczek do szaszłyków, ołówek, kawałek plasteliny, kilkanaście jednakowych monet, gwoździ, młotek, wolnostojąca deska (sklejka) lub dowolny kawałek drewnianej ramy (przykręconej do ściany), do którego będzie można wbić gwoździ.

Przygotowanie.

Za pomocą gwoździ wywierć w górnej części kubka (na tej samej wysokości) dwa otworki – dokładnie naprzeciwko siebie. Przełóż patyczek do szaszłyków przez obie dziurki i unieruchom go w kubku za pomocą plasteliny. Na środku patyczka przywiąż mocno gumkę recepturkę (możesz ją przyklepić kawałkiem plasteliny do patyczka tak, żeby się nie przesuwiała).

Wbij gwoździ do drewna. Powieś na gwoździu kubek na gumce. Pod gwoździem w odległości około 15 cm od niego na ścianie przymocuj za pomocą plasteliny kartkę papieru milimetrowego.

Eksperyment.

Przywiąż wolny koniec gumki do gwoździ. Zawieś kubeczek na tle skali na papierze milimetrowym. Zaznacz położenie „0” górnego brzegu kubka na skali.

Wkładaj po 1 monecie do kubka. Na papierze milimetrowym zaznaczaj kolejne położenia górnego brzegu kubka.

Obserwacja.

- Czy po włożeniu każdej kolejnej monety gumka rozciąga się coraz bardziej, za każdym razem mniej więcej o tyle samo?

Eksperyment.

Gumka rozciąga się proporcjonalnie do działającej na nią siły. Siła rozciągająca zależy od siły grawitacji działającej na monetę w kubku, a ta jest proporcjonalna do masy monet, czyli także do ich ilości. Każda dołożona do kubka moneta powoduje rozciągnięcie gumki o tę samą długość.

Skoki na bungee to ekstremalna rozrywka, podczas której człowiek skacze w przepaść przyczepiony do liny składającej się z pęku kilkuset linek gumowych. Podczas pierwszej fazy skoku na bungee lina zwisa swobodnie i człowiek doznaje jedynie działania siły grawitacji. Prędkość człowieka rośnie bardzo szybko. Gdy człowiek znajdzie się w odległości od miejsca skoku równej długości liny, lina zaczyna się napinać. Na człowieka zaczyna działać siła sprężystości, która ostatecznie powoduje wyhamowanie prędkości i zatrzymanie człowieka tuż nad ziemią. Gdy człowiek wisi głową w dół siła sprężystości liny równoważy działającą na człowieka siłę grawitacji

X. Bezwładność

Co już wiemy (3 min)

- Co to jest siła grawitacji i w którą stronę jest zwrócona?
- W jaki sposób dwie siły równoważą się?
- I zasada dynamiki Newtona
- Co to jest siła sprężystości (reakcji) podłoża i w którą stronę jest zwrócona?

Pytania wstępne (5 min)

- Z czym kojarzy Ci się bezwładność?
- Co się dzieje z człowiekiem, gdy autobus, którym jedzie gwałtownie przyspiesza, a co, gdy autobus gwałtownie hamuje?
- W którym przypadku czujesz się lżejszy, a w którym cięższy podczas jazdy windą:
 - winda startuje w górę (przyspiesza),
 - jadąc w górę winda zwalnia dojeżdżając do piętra,
 - winda startuje w dół,
 - jadąc w dół winda zwalnia dojeżdżając na parter?
- W którą stronę jesteś spychany na krzeselku podczas jazdy na karuzeli?
- W którą stronę musisz się pochylić szybko jadąc rowerem i skręcając w prawo?
- Dlaczego jezdnie na zakręcie są lekko wyprofilowane? W jaki sposób?
- Dlaczego należy bezwzględnie zapinać pasy bezpieczeństwa podczas podróży samochodem?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Sztuczka ze szklanką (4 min)

Doświadczenie 2: Siedem demonstracji bezwładności (5 min)

Doświadczenie 3: Zakręcone jajka (4 min)

Doświadczenie 4: Zapnij pasy! (2 min)

Doświadczenie 5: Rzut młotem (4 min)

Doświadczenie 6: Karuzela (4 min)

Doświadczenie 7: Kulka w szklance (4 min)

Doświadczenie 8: Tor saneczkarski (2 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Bezwładność to właściwość ciała polegająca na skłonności do przeciwstawiania się zmianom ruchu. I zasada dynamiki Newtona mówi o tym, że dzięki swojej bezwładności ciało zachowuje swoją prędkość dopóki nie zadziała na nie siła wypadkowa różna od zera. Opis ten jest odpowiedni dla ciał oglądanych z zewnątrz (z układu laboratoryjnego). Miarą bezwładności ciała jest jego masa. Im większa masa, tym trudniej zmienić stan ruchu ciała.

Możemy także opisać ruch ciał w inny sposób - z punktu widzenia wnętrza układu poruszającego się z przyspieszeniem względem laboratoryjnego układu odniesienia. W układach tych przyspieszających poza wszystkie siły rzeczywiste, odczuwane jest dodatkowo działanie siły nierzeczywistej, zwanej siłą bezwładności. W ruchu po okręgu siła bezwładności nosi szczególną nazwę: siły odśrodkowej. Siła odśrodkowa i siła dośrodkowa nigdy nie występują razem, bo ujawniają się w różnych układach odniesienia!

Najbardziej spektakularnym przykładem wykorzystania bezwładności jest kolejka górską w wesołym miasteczku (tzw. *roller coaster*). Odpowiednio wyprofilowane tory kolejki oraz dobrana szybkość sprawiają, że amatorzy mocnych wrażeń mogą się nią poruszać nawet do góry nogami. Nie spadają oni w dół, ponieważ do powierzchni toru dociska ich siła odśrodkowa.

X. Bezwładność

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Bezwładność ciał: Szczeniowski „Fizyka doświadczalna”, cz. I (PWN 1972), rozdz. 11
2. Zjawisko bezwładności: M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier, J.M. Kreiner „Fizyka dla gimnazjum”, t.1 (Zamkor 2008), str 74-75.
3. Siły bezwładności: „Wybieram fizykę”, t.1 (Zamkor 2006), rozdz. 2.7
4. Siły bezwładności: Szczeniowski „Fizyka doświadczalna”, cz. I (PWN 1972), rozdz. 13
5. Film ukazujący bezwładność w siedmiu sytuacjach:
<http://video.google.pl/googleplayer.swf?docid=-4389391517517222697&hl=pl&fs=true>
6. Wyścig jajek: Foton 85, Lato 2004: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/85/pdf/jajka.pdf>
7. Krótki film porównujący skutki wypadku drogowego dla pasażerów zapietych pasami bezpieczeństwa i pasażerów jadących bez pasów:
<http://www.youtube.com/watch?v=2DWFQ73cevU>
8. Kolejka górską (roller coaster): Foton 102, Jesień 2008:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/102/pdf/08%20roller%20coaster%20-%20kolor.pdf>
9. Krótki film ukazujący jazdę na torze saneczkarskim z punktu widzenia zawodnika:
<http://www.youtube.com/watch?v=w7SL1k5ZFtw>

Doświadczenie 1: Sztuczka ze szklanką



Przyrządy i materiały:

szklanka, sucha ściereczka kuchenna lub ręcznik papierowy, woda z kranu, stół z gładkim, suchym blatem

Eksperyment.

Szklankę napełnij wodą (do połowy, w $\frac{1}{4}$ itp.) tak, aby wszystkie zewnętrzne ścianki były suche. Na stole połóż ściereczkę lub kawałek ręcznika papierowego, a na nim szklankę z wodą. Energicznie pociągnij za swobodnie zwisający ze stołu brzeg ściereczki lub ręcznika papierowego. Jeśli ze szklanki wylała się woda, wytrzyj szklankę do sucha, zmień ściereczkę lub wymień kawałek ręcznika papierowego i spróbuj ponownie.

Obserwacja.

- Co się stało ze szklanką podczas tego doświadczenia?

Komentarz.

W języku potocznym **bezwład** oznacza niechęć lub niezdolność do czynu czy zmian. **Bezwładność** to właściwość ciała polegająca na skłonności do zachowania stanu, w którym się to ciało znajduje. Pierwsza zasada dynamiki Newtona mówi wręcz o tym, że dzięki swojej bezwładności ciało zachowuje swoją prędkość dopóki nie zadziała na nie siła wypadkowa różna od zera.

Miarą bezwładności ciała jest jego masa. Im większa masa, tym trudniej zmienić stan ruchu ciała.

X. Bezwładność

Doświadczenie 2: Siedem demonstracji bezwładności



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Film ukazujący bezwładność w siedmiu sytuacjach:

<http://video.google.pl/googleplayer.swf?docid=-4389391517517222697&hl=pl&fs=true>
(czas projekcji 2 min 21 s)

Eksperyment.

Film można oglądać jako pokaz ciągły lub przerywać go tuż przed demonstracją każdej sytuacji, prosząc uczniów o przewidywanie rezultatu.

Komentarz.

W każdym z tych doświadczeń kilka przedmiotów luźno związane ze sobą. Na jeden z nich (dolny przedmiot) działała zawsze siła rzeczywista, która w myśl II zasady dynamiki Newtona wprowadzała ten przedmiot w ruch. Drugi przedmiot (spoczywający na pierwszym) nie był bezpośrednio poddawany działaniu siły inicjującej ruch. Można zatem powiedzieć, iż ze względu na swoją bezwładność drugi przedmiot w każdym z tych przypadków zachowywał swój ruch.

Doświadczenie 3: Zakręcone jajka



Przyrządy i materiały:

dwa jajka podobnej wielkości, gładki stół

Przygotowanie.

Jedno jajko ugotuj na twardo.

Eksperyment.

Zakręć na stole w ten sam sposób oba jajka. Podczas obrotu lekko dotknij każde z nich.

Obserwacja.

- Które jajko kręci się dłużej?
- Które jajko kręci się mniej chwiejnie?

Komentarz.

Jajko ugotowane na twardo kręci się równomiernie, natomiast jajko surowe – chwieje się podczas obracania.

Wiemy już, że ciało znajdujące się w stanie spoczynku ma tendencję do zachowania tego stanu, natomiast ciało w ruchu – tendencję do zachowania tego ruchu bez zmian. Okazuje się, że w przypadku ruchu obrotowego na bezwładność wpływa nie tylko masa ciała, ale także rozmieszczenie poszczególnych jego elementów.

Wewnątrz jajka ugotowanego na twardo żółtko i białko są ze sobą ściśle połączone, dlatego „trzymają się razem” i szybciej reagują na zmiany, które wprowadza siła zewnętrzna. Ugotowane jajko kręci się regularnie, a lekko dotknięte – zatrzymuje.

W jajku surowym płynne białko i żółtko mogą się swobodnie poruszać i opóźniać w ten sposób efekt działania siły zewnętrznej. Toteż jajko surowe kręci się nieregularnie, a lekko dotknięte – kręci się nadal.

Można przeprowadzić podobne doświadczenie z wyścigiem jajek po równi pochyłej, opisane w Fotonie 85 (Lato 2004): <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/85/pdf/jajka.pdf>

X. Bezwładność

Doświadczenie 4: Zapnij pasy!



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Krótki film porównujący skutki wypadku drogowego dla pasażerów zapiętych pasami bezpieczeństwa i pasażerów jadących bez pasów: <http://www.youtube.com/watch?v=2DWFQ73cevU> (czas projekcji: 58 s)

Komentarz.

Na bezwładność zawsze można patrzeć dwojako: z punktu widzenia obserwatora z zewnątrz (w tym przypadku – przechodnia) lub z punktu widzenia układu, który się porusza (w tym przypadku – wnętrza samochodu).

Podczas wypadku drogowego, kiedy dochodzi do czołowego zderzenia samochodu z przeszkodą, pojazd zostaje wyhamowany w bardzo krótkim czasie pod wpływem siły hamującej, działającej na jego karoserię.

Z punktu widzenia obserwatora z zewnątrz podczas wypadku siła hamująca działa na samochód, ale nie działa na przedmioty i ludzi luźno związanych z pojazdem. Samochód zostaje gwałtownie zatrzymany, a przedmioty – ze względu na swoją bezwładność - jadą dalej bez zmiany obranego wcześniej kierunku ruchu.

Z wnętrza samochodu sytuacja wygląda zupełnie inaczej. Gdy auto hamuje, doznajemy działania pewnej tajemniczej siły, która pcha nas do przodu. Nikt nas nie dotyka, a jednak jesteśmy popychani! Powstałe podczas hamowania auta opóźnienie (o dużej wartości) całego pojazdu, powoduje bowiem pojawienie się nierzeczywistej **siły bezwładności** działającej na przedmioty związane z autem. **Siła ta jest zwrócona przeciwnie do siły hamującej**, więc działając na przedmioty wypycha je w stronę przedniej szyby. Człowiek siedzący wewnątrz jest dość luźno związany z autem. Jeśli ma zapięte pasy bezpieczeństwa, doznaje działania siły bezwładności do przodu, następnie - gwałtownego szarpnięcia ze strony pasów do tyłu, ale ostatecznie pozostaje w fotelu samochodowym. Człowiek bez pasów bezpieczeństwa wylatuje z samochodu przez przednią szybę z ogromnym przyspieszeniem.

Doświadczenie 5: Rzut młotem



Przyrządy i materiały:

mocny sznurek, piłka lub inny przedmiot o masie ok. 0,5 kg, dużo wolnej przestrzeni

Przygotowanie.

Obwiąż przedmiot dokładnie sznurkiem. Utnij dodatkowy kawałek sznurka o długości ok. 50 cm i przywiąż go mocno do sieci sznurków oplatających przedmiot.

Eksperyment.

Trzymając wolny koniec sznurka w dłoniach, zakręć się dookoła własnej osi – najpierw powoli, a następnie coraz szybciej.

Obserwacja.

- Co naciąga sznurek podczas obrotu?
- Czy siła naprężenia sznurka maleje, czy rośnie wraz z szybkością obrotu?

X. Bezwładność

Komentarz.

Z punktu widzenia układu obracającego się na przedmiot działa siła sprężystości sznurka i nierzeczywista siła - siła bezwładności, będąca siłą odśrodkową. Siła sprężystości sznurka jest zwrócona do środka okręgu, po którym porusza się przedmiot, a siła bezwładności – na zewnątrz tego okręgu. Obie siły są stale równoległe do siebie i mają te same wartości. Wynika stąd, że siła sprężystości sznurka cały czas dostosowuje się do siły odśrodkowej (tak długo, jak długo sznurek się nie zerwie). **Siła odśrodkowa jest proporcjonalna do kwadratu szybkości.** Zatem im większa szybkość, tym większa wartość siły odśrodkowej, a także siły sprężystości sznurka (czyli tym większe naprężenie sznurka).

Uwaga: Siłą bezwładności w ruchu po okręgu jest siła odśrodkowa. Naprężenie sznurka jest równe co do wartości sile sprężystości, z jaką sznurek działa na przymocowane do niego i zawieszony na nim przedmioty.

Doświadczenie 6: Karuzela



Przyrządy i materiały:

plastikowe wiaderko z rączką, woda z kranu, szmata do podłogi

Eksperyment.

Napełnij wiaderko wodą do połowy. Rozhuśćaj wiaderko i ruchem okrężnym zataczaj nim bardzo szybko okrąg w płaszczyźnie pionowej przed sobą. W górnej części okręgu wiaderko powinno być odwrócone do góry nogami.

Ruch powinien być na tyle szybki, żeby woda nie wylała się z wiadra.

Komentarz.

Z punktu widzenia poruszającego się wiadra, na wodę działają trzy siły: siła grawitacji, siła reakcji ścianek wiaderka i siła bezwładności, będąca siłą odśrodkową. Siła grawitacji jest zawsze zwrócona pionowo w dół. Siła reakcji dna wiaderka jest zawsze zwrócona od ścianek w stronę wody, ale występuje tylko wtedy, gdy woda naciska na ścianki. Siła odśrodkowa jest zawsze skierowana wzdłuż promienia okręgu i zwrócona na zewnątrz tego okręgu (czyli zawsze przyciska wodę do dna).

W najwyższym punkcie toru ruchu na wodę działają: siła grawitacji zwrócona pionowo w dół i siła odśrodkowa zwrócona pionowo w górę. Siła odśrodkowa silnie zależy od szybkości ruchu po okręgu. Jeżeli kręcimy wiaderkiem wystarczająco szybko, może ona zrównoważyć siłę grawitacji (a nawet przewyższyć ją co do wartości). Dlatego, gdy wiadro szybko wiruje, woda nie wylewa się z wiaderka, ale może się wylać, gdy wiadro kręci się bardzo powoli.

Pamiętaj: Siłą bezwładności w ruchu po okręgu jest siła odśrodkowa. Jest to zatem siła nierzeczywista, choć wyraźnie odczuwalna np. przez pasażerów karuzeli.

Doświadczenie 7: Kulka w szklance



Przyrządy i materiały:

dwa naczynia o wielkości szklanki: jedno o pionowych ściankach (cylindryczne), drugie „pękate” (jak np. kieliszek do koniaku), mała kuleczka (np. cukierek typu draż)

Eksperyment.

- Włóż kulkę do cylindrycznego naczynia. Mocno trzymając naczynie jedną ręką, wpraw je w ruch obrotowy.
- Włóż kulkę do „pękatego” naczynia. Mocno trzymając naczynie jedną ręką, wpraw je w ruch obrotowy.

Obserwacja.

- W jaki sposób porusza się kulka w naczyniu cylindrycznym, a w jaki w naczyniu „pękatym”?

X. Bezwładność

Komentarz.

Pod wpływem siły odśrodkowej, przedmioty poruszające się po okręgu są wypychane jak najbardziej na zewnątrz. Kulka wspina się po ściankach naczynia „pękatego”, ale pozostaje na dnie naczynia cylindrycznego.

Na podobnej zasadzie działa wirówka (np. w pralce automatycznej). W bębnie wirówki (w kształcie cylindra) znajdują się niewielkie otwory. Woda luźno związana z włóknami tkanin podczas wirowania jest wypychana w stronę ścianek bębna, a stamtąd - na zewnątrz. Ubrania, oczywiście, nie mogą przecisnąć się przez małe otwory bębna, więc pozostają w jego wnętrzu.

Doświadczenie 8: Tor saneczkarski



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Krótki film ukazujący jazdę na torze saneczkarskim z punktu widzenia zawodnika:
<http://www.youtube.com/watch?v=w7SL1k5ZFtw> (czas projekcji: 1 min 7 s)

Obserwacja.

- Zwróć uwagę na wyprofilowanie toru na zakrętach.

Komentarz.

Na każdym z zakrętów działa na saneczki siła odśrodkowa, zwrócona na zewnątrz toru. Siła ta jest tym większa im bardziej ostry zakręt oraz im większa szybkość saneczek. Przeciwdziałająca jej siła tarcia (poprzecznie skierowana względem saneczek) ma na torze lodowym niewielką wartość, dlatego aby zapobiec wypadkom stosuje się specjalne profilowanie toru saneczkarskiego.

Podobnie postępuje się podczas budowy dróg. Na ostrym zakręcie jezdni jest zwykle nachylona pod pewnym (niewielkim) kątem do poziomu. Ma to zapobiec wypadaniu pojazdów z drogi, zwłaszcza podczas panowania trudnych warunków atmosferycznych (padający deszcz lub śnieg, oblodzona jezdnia itd.), gdy wartość siły tarcia maleje poniżej wartości siły odśrodkowej. Na zakrętach często umieszczane są także znaki ograniczenia szybkości w celu zmniejszenia wartości siły odśrodkowej działającej na pojazdy.

XI. Obrót w lewo, obrót w prawo

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest środek masy ciała?
- Co to jest pęd ciała?
- Co to jest bezwładność ciała? Co jest jej miarą?

Pytania wstępne (3 min)

- Co to jest siła ciągu i gdzie powstaje?
- Na jakiej zasadzie działa silnik odrzutowy?
- Co to jest lasso?
- Czy można jeździć na rowerze bez trzymania kierownicy?
- Co musi zrobić łyżwiarz figurowy, żeby wykonać obrót w powietrzu?
- Co musi zrobić łyżwiarz figurowy, żeby wykonać piruet?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Obrót szklanki (2 min)

Doświadczenie 2: Turbinka (3 min)

Doświadczenie 3: Moneta (4 min)

Doświadczenie 4: Lasso (4 min)

Doświadczenie 5: Żyroskop (4 min)

Doświadczenie 6: Rower (3 min)

Doświadczenie 7: Wirująca piłka (3 min)

Doświadczenie 8: Łyżwiarka (5 min)

Doświadczenie 9: Szpulka nici (5 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (3 min)

Zasady rządzące ruchem obrotowym wykorzystywane są w wielu dziedzinach codziennego życia. Szczególnie często stosuje się je w sportach. Na przykład: kolarstwo, łyżwiarstwo figurowe na lodzie, skoki do wody z wysokości, karate, gimnastyka sportowa, rzut kulą, rzut młotem, skoki o tyczce, skok wzwyż, a także wirowanie w tańcu (np. w walcu) oparte są na II zasadzie dynamiki dla ruchu obrotowego, zasadzie zachowania momentu pędu itp.

Toczenie ciał to połączenie ruchu postępowego z ruchem obrotowym ciała względem osi przechodzącej przez jego środek masy.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Moment siły: D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, "Podstawy fizyki", t.1, (PWN 2006) rozdz. 11.8.
2. Moment pędu: D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, "Podstawy fizyki", t.1, (PWN 2006) rozdz. 12.6.
3. Zasada zachowania momentu pędu (i jej zastosowanie w sportach): D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, "Podstawy fizyki", t.1, (PWN 2006) rozdz. 12.10.
4. Żyroskop (wraz z krótkim filmem pokazowym): <http://pl.wikipedia.org/wiki/Żyroskop>

XI. Obrót w lewo, obrót w prawo

5. Sztuczka z lassem: http://www.youtube.com/watch?v=dDhNE_XYu3s lub <http://www.youtube.com/watch?v=KRb27Ndoehk>
6. Łyżwiarka (pokaz programu krótkiego Laury Lepisko z sezonu 2008/2009): <http://www.youtube.com/watch?v=ulmtljCvIRo> lub <http://www.youtube.com/watch?v=QcVlslsj4-I> (Karolina Costner, 2005)
7. Szpulka nici – warunki ruchu postępowego i tocznego: J. Jędrzejowski, W. Kruczek, A. Kujawski „Zbiór zadań z fizyki dla kandydatów na wyższe uczelnie” (Wyd. Naukowo-Techniczne, 1974), rozdz. „1.7 Dynamika ruchu obrotowego bryły”, zad. 1.7.12



Doświadczenie 1: Obrót szklanki

Przyrządy i materiały:

szklanka lub filiżanka, stół

Eksperyment.

Używając swojej intuicji:

- postaraj się przesunąć szklankę palcem wskazującym (nie obracając jej)
- postaraj się obrócić szklankę palcem wskazującym (nie wprawiając jej w ruch postępowy).

Obserwacja.

- W jaki sposób muszą być ułożone względem siebie: środek masy szklanki, punkt przyłożenia palca do szklanki i wyciągnięty palec, aby szklanka przesuwająca się bez obracania?
- Czy potrafisz wskazać w przestrzeni linię (zwaną osią obrotu), wokół której obraca się szklanka?
- W jaki sposób muszą być ułożone względem siebie: środek masy szklanki, punkt przyłożenia palca do szklanki i wyciągnięty palec, aby szklanka obracała się wokół prostej przechodzącej przez środek masy?
- Czy możesz obrócić szklankę, jeżeli popchniesz ją palcem ustawionym równoległe do prostej, wokół której miałyby się obracać?

Komentarz.

Jeżeli przyłożymy siłę zewnętrzną w taki sposób, że wektor siły leży na prostej przechodzącej przez środek masy, to ciało zacznie poruszać się ruchem postępowym. Aby obrócić ciało dookoła osi przechodzącej przez środek jego masy, musimy przyłożyć siłę w kierunku skośnym względem tej osi. Odcinek łączący środek masy i punkt przyłożenia siły także nie może być równoległy do tej siły.

Na tej zasadzie działają m.in. młyny wodne, wiatraki itp. – siła (wiatru, wody) przykładana w kierunku prostopadłym do ramion i do osi obrotu, powoduje obrót koła lub wirnika. Siła wcale nie musi mieć dużej wartości. Wystarczy, jeśli zostanie przyłożona z daleka od osi obrotu.

Uwaga: Im dalej od osi obrotu przyłożona siła, tym mniejsza jej wartość potrzebna np. do wprawienia ciała w ruch lub utrzymania ruchu ze stałym przyspieszeniem kątowym.

Doświadczenie 2: Turbinka



Przyrządy i materiały:

pusty karton po mleku lub soku o pojemności 1 litra (o kwadratowej podstawie), 1 gruby gwóźdź, 1 plastikowa słomka do napojów, żyłka o długości około 40 cm, nożyczki, zlew (albo miska i kawałek plasteliny), woda.

Uwaga: jest bardzo ważne, aby użyć właśnie żyłki, a nie zastępować jej na przykład nicią!

Przygotowanie.

- Zrób gwoździem po jednej dziurce w lewym dolnym rogu każdej pionowej ścianki kartonu – wszystkie dziurki na tej samej wysokości, w niewielkiej odległości od dna.
- Z plastikowej słomki wytnij 4 rurki o długości 5 cm każda. Umocuj rurki w 4 otworach w kartonie.

XI. Obrót w lewo, obrót w prawo

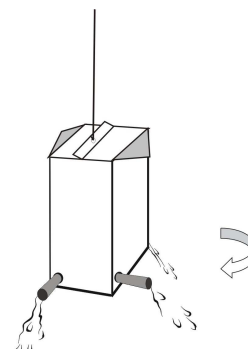
- Zrób gwoździem dziurkę na środku zgrzewu na górnej ściance kartonu. Przewlecż żyłkę przez tę dziurkę, zawiąż węzeł i umocuj tak, aby zwisał pojedynczy kawałek żyłki.
- Jeżeli używasz miski a nie zlewu, zaklej dziurki plastikowych rurek plasteliną.

Eksperyment.

1. Napełnij karton wodą.
2. Unieś karton na niciach nad zlewem lub miską.
3. Jeśli dziurki są zaklejone plasteliną, oderwij szybko jeden kawałek plasteliny po drugim.

Obserwacja.

1. Co się dzieje z wodą?
2. Co się dzieje z kartonem?



Komentarz.

Woda wylewa się przez dziurki kartonu, ponieważ działa na nią **siła grawitacji**. Gdy woda wypływa na zewnątrz, popycha pojemnik dokładnie w przeciwną stronę. Ponieważ dziurki zrobione są symetrycznie na wszystkich czterech ściankach, karton zostaje wprowadzony w ruch wirowy.

Już ponad trzysta lat temu wielki uczony **Izaak Newton** (czytaj: *niuton*) odkrył, że każda siła wywołuje przeciwie do niej skierowaną siłę reakcji. W oparciu o tę zasadę działają na przykład rakiety odrzutowe oraz turbinka w tym doświadczeniu.

Turbina to rodzaj silnika, wykorzystującego energię przepływającego przez niego gazu lub cieczy do produkcji energii użytkowej. Turbiny używane w życiu codziennym posiadają koło z łopatkami. Ciecz lub gaz wpada na łopatki i zaczyna nimi poruszać, obracając koło. Najbardziej rozpowszechnione są turbiny wiatrowe (wiatraki) i wodne (np. koła młyńskie), wykorzystywane do ekologicznej produkcji energii elektrycznej.

UWAGA! Turbinka wykonana w tym doświadczeniu działa bardziej jak wirujący silnik odrzutowy na wodę, niż jak turbiny wodne w elektrowniach. Nazwaliśmy ją turbiną, ponieważ wprowadzana jest w ruch dzięki wykorzystaniu energii wypływającej z niej wody.

Doświadczenie 3: Moneta



Przyrządy i materiały:

moneta 20 gr (albo 50 gr lub 1 zł), stół

Eksperyment.

- Spróbuj ustawić monetę pionowo na stole. Wykonaj kilka prób. Może się to okazać niełatwe.
- Spróbuj potoczyć monetę pionowo po stole.
- Postaw monetę pionowo przy krawędzi stołu. Przytrzymując ją dwoma palcami jednej ręki, pstryknij w nią wskazującym palcem drugiej ręki, wprowadzając ją w ruch obrotowy wokół własnej osi.

Obserwacja.

- W którym przypadku moneta najdłużej zachowuje pionowe ustawienie?

Komentarz.

Pionowa pozycja monety nie jest zbyt stabilna. Mimo wielu prób czasami trudno ją w takiej pozycji ustawić. Kiedy jednak moneta obraca się, to utrzymuje pionową pozycję dopóki ruch nie stanie się zbyt powolny. Jest to związane z ogólną zasadą: wirujące ciała starają się zachować pierwotny kierunek osi obrotu (efekt żyroskopowy).

Na tej samej zasadzie działa bączek do zabawy – raz wprowadzony w ruch wirowy, utrzymuje pozycję pionową tak długo aż na skutek tarcia i oporów powietrza szybkość obrotów nie stanie się zbyt małą.

XI. Obrót w lewo, obrót w prawo

Doświadczenie 4: Lasso



Przyrządy i materiały:

metalowy łańcuszek, kawałek prostego sznurka długości równej ok. połowie długości łańcuszka

Przygotowanie.

Przymocuj sznurek do łańcuszka.

Eksperyment.

Przytrzymaj wolny koniec sznurka tak, aby łańcuszek zwisał swobodnie. Trzymając wolny koniec sznurka między palcami, zacznij go skręcać w taki sposób, aby wprawić łańcuszek w ruch obrotowy.

Obserwacja.

- Jak wygląda łańcuszek swobodnie zwisający na sznurku i w jaki sposób zmienia się jego kształt po wprawieniu w szybki ruch obrotowy?

Komentarz.

Wprawiając łańcuszek w ruch obrotowy, utrzymujemy stałą, pionową oś obrotu. Na każde ogniwo łańcuszka działa siła grawitacji, siła sztywności pochodząca od innych ogniw i siła odśrodkowa (prostopadła do osi obrotu). Siła odśrodkowa ma tym większą wartość, im większa jest szybkość ruchu obrotowego. Łańcuszek przyjmuje więc kształt okręgu. Okrąg ten jest prostopadły do osi obrotu i dość stabilny, bo w takim ułożeniu oś obrotu stale przechodzi przez środek masy – jest to zatem oś bardzo stabilnego ruchu obrotowego.

Na tej samej zasadzie działa lasso - lina uformowana w pętlę, zarzucana na cel (np. rogi byka), a następnie zaciskana. Na westernach można zobaczyć kowboi wprawiających swe lassa w szybki ruch obrotowy, a następnie zarzucających je na głowy dzikich zwierząt.

Sztuczki z lassem można obejrzeć na : http://www.youtube.com/watch?v=dDhNE_XYu3s (czas projekcji 1 min 49 s) oraz na: <http://www.youtube.com/watch?v=KRb27Ndoehk> (czas projekcji 28 s)

Doświadczenie 5: Żyroskop



Przyrządy i materiały:

płyta CD lub DVD, sznurek, zapałka lub wykałaczka

Przygotowanie.

Jeden koniec sznurka przywiąż do zapałki. Przełóż sznurek przez otwór w płycie CD. Złap za drugi koniec sznurka i unieś w ten sposób płytę (zapałka powinna podtrzymywać płytę od spodu).

Eksperyment.

- Niech jedna osoba przytrzyma wolny koniec sznurka, a druga postara się wprawić płytę w ruch wahadłowy (prawdopodobnie będzie to trudne).
- Zatrzymaj płytę.
- Wpraw płytę w ruch wirowy, a gdy się kręci, postaraj się wprawić ją także w ruch wahadłowy (prawdopodobnie tym razem jest to znacznie łatwiejsze).

Obserwacja.

- Kiedy płyta pozostawała pozioma w ruchu wahadłowym: gdy dodatkowo wirowała, czy też wtedy, gdy nie wirowała?

Komentarz.

Ponownie mamy do czynienia z efektem żyroskopowym: każde wirujące ciało (jeśli nie działa dodatkowa na nie siła zewnętrzna) ma tendencję do zachowania osi obrotu.

XI. Obrót w lewo, obrót w prawo

Wiele obracających się ciał wykazuje własności żyroskopowe. Żyroskopy są na przykład używane do budowy żyrokompasów, które mają szerokie zastosowanie w nawigacji, w urządzeniach do wskazywania wybranego kierunku używanych w samolotach, śmigłowcach, statkach itp. Własności żyroskopowe wykazuje także Ziemia i inne wirujące ciała niebieskie.

Doświadczenie 6: Rower



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Rozpędzony rower bez pasażera: <http://www.youtube.com/watch?v=plJqO5yEv4E> (czas projekcji: 11s)

W miarę możliwości można zamiast projekcji filmu odtworzyć przebieg doświadczenia podczas zajęć, wykazując, że:

- Rozpędzony rower może jechać sam
- Można jeździć na rowerze nie trzymając kierownicy, a jedynie pedałując
- Żadna z powyższych sztuczek nie udaje się, jeżeli rower nie jest rozpędzony

Komentarz.

Obracające się koła rozpędzonego roweru działają podobnie jak żyroskop – co stabilizuje rower i ułatwia utrzymanie go w pozycji pionowej. Po rozpędzeniu roweru, można także puścić kierownicę, gdyż ruch obrotowy kół stabilizuje przednie koło w kierunku równoległym do osi ramy łączącej na sztywno oba koła.

Doświadczenie 7: Wirująca piłka



Przyrządy i materiały:

szpulka nici (z otworem na wylot), sznurek, piłeczka gumowa (nie większa niż tenisowa) lub kulka

Przygotowanie.

Utnij kawałek sznurka o długości około 1,5 m. Obwiąż kulkę sznurkiem. Wolny koniec sznurka przewlec przez otwór szpulki.

Eksperyment.

Jedną ręką przytrzymaj wolny koniec sznurka. Drugą ręką przytrzymaj szpulkę i tą samą ręką rozkręć sznurek z piłeczką nad głową tak, aby zataczała ona jak największy okrąg w płaszczyźnie poziomej. Gdy piłeczka porusza się już bardzo szybko, zacznij ciągnąć wolny koniec sznurka pionowo w dół.

Obserwacja.

- Wskaż, gdzie znajduje się oś obrotu i jaki jest jej kierunek.
- Jakim ruchem porusza się piłeczka, gdy ciągniesz sznurek w dół?
- Czy prędkość kulki maleje, czy rośnie w miarę zmniejszania promienia okręgu, po którym się porusza?

XI. Obrót w lewo, obrót w prawo

Komentarz.

Zdolność siły do wprawiania ciała w ruch obrotowy zależy nie tylko od jej wartości i kierunku, ale także od tego, jak daleko od osi obrotu jest przyłożona, czyli ogólnie rzecz ujmując od **momentu siły**. Siła przyłożona w doświadczeniu do sznurka (równa sile naciągu sznurka oraz sile jego sprężystości) nie może spowodować zmiany **momentu pędu** (ponieważ moment tej siły względem osi obrotu jest równy zeru). **Moment pędu** ciała jest iloczynem jego prędkości kątowej oraz tak zwanego **momentu bezwładności** (który zależy od rozłożenia masy względem osi obrotu). Im dalej od osi umieszczone jest ciało (lub jego części), tym moment bezwładności większy. Zmniejszając promień okręgu, po którym porusza się piłeczka, zmniejszamy jej moment bezwładności względem osi obrotu prostopadłej do okręgu i przechodzącej przez jego środek. Skoro w przedstawionym doświadczeniu moment pędu nie może się zmienić, to zmniejszenie odległości piłeczki od osi obrotu musi spowodować wzrost jej prędkości kątowej. Dlatego piłeczka wiruje coraz szybciej w miarę, jak ciągniemy sznurek w dół.

Uwaga: Moment bezwładności ciała to jego właściwość charakteryzująca trudność wprawienia ciała w ruch obrotowy.

Doświadczenie 8: Łyżwiarka



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Pokaz programu krótkiego Laury Lepisto <http://www.youtube.com/watch?v=ulmtljCvIRo> (pierwsze 3 min 20 s projekcji)

Obserwacja:

- Co musi zrobić łyżwiarka, aby wykonać skok?
- Co musi zrobić łyżwiarka z rękami podczas wykonywania piruetu?
- Wskaż fragmenty, w których łyżwiarka stabilizuje swoje ciało w pozycji pionowej w celu wykonania akrobacji.

Komentarz:

W programach jazdy figurowej na lodzie przedstawianych przez łyżwiarzy obowiązkowo muszą się znaleźć podskoki z obrotami. Im więcej obrotów w powietrzu wykona zawodnik, tym więcej punktów zdobywa 90 ile po wylądowaniu na lodzie się nie przewróci). Ilość obrotów zależy od siły wybicia się oraz od szybkości kątowej. Z zasady zachowania momentu pędu wiadomo, że aby zwiększyć szybkość kątową należy zmniejszyć moment bezwładności względem osi obrotu (pionowej osi symetrii ciała). Zmniejszenie momentu bezwładności następuje poprzez przybliżenie rąk i nóg do osi obrotu. Podobnie dzieje się podczas wykonywania piruetu. Łyżwiarz rozpoczyna piruet powoli z rękami rozpostartymi szeroko, a następnie gwałtownie przybliża je do pionowej osi ciała, uzyskując tym samym gwałtowne zwiększenie szybkości kątowej.

Zasadę zachowania momentu pędu i dopasowywania szybkości kątowej stosują także np. skoczkowie, wykonujący salta podczas zawodów skoków do wody. W tym sporcie także w ogólnej punktacji liczy się ilość obrotów wykonanych w powietrzu, dlatego zawodnicy muszą umieć zwiększać szybkość kątową podczas lotu.



XI. Obrót w lewo, obrót w prawo

Doświadczenie 9: Szpulka nici

Przyrządy i materiały:

szpulka nici starego typu z bocznymi nakładkami o średnicy większej niż średnica wałka, na który nawinięto samą nić, stół

Eksperyment.

Odwiń kawałek nici o długości ok. 25 cm. Zmieniając jedynie kąt nachylenia odwiniętego kawałka nitki do poziomu spraw, aby szpulka:

- nawijała się
- rozwijała się
- poruszała się ruchem postępowym (bez obrotów)

Komentarz.

Gdy pociągamy za nitkę ułożoną pod niewielkim kątem względem płaszczyzny stołu – nitka nawija się na szpulkę. Jeżeli kąt jest natomiast duży – nitka odwija się ze szpulki. Ważne jest, żeby podczas prób toczenia szpulka nie wpadała w poślizg, to znaczy, żeby była zapewniona odpowiednia przyczepność szpulki do stołu (odpowiednio duże tarcie). Istnieje takie położenie nitki względem stołu (pośrednie w stosunku do dwóch poprzednich), przy którym szpulka porusza się tylko ruchem postępowym (bez obrotu).

XII. Równowaga i maszyny proste

Co już wiemy (2 min)

- W jakim punkcie ciała przyłożona jest działająca na nie siła grawitacji?
- Jak określić środek geometryczny bryły?

Pytania wstępne (4 min)

- Co to znaczy, że przedmiot jest jednorodny?
- Gdzie znajduje się oś obrotu huśtawki – konika (zwanej huśtawką- ważką), a gdzie oś obrotu karuzeli?
- Gdzie mniej więcej znajduje się środek masy człowieka?
- W jaki sposób należy rozmieścić dzieci na huśtawce dwustronnej, gdy ciężar jednego dziecka jest wyraźnie większy od ciężaru drugiego z nich?
- W jaki inny sposób człowiek może sobie poradzić z podnoszeniem ciężarów znacznie przekraczających jego własny ciężar?
- Do czego służy przekładnia?
- Do czego służą koła zębate? Gdzie można je spotkać?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Patyk (3 min)

Doświadczenie 2: Środek masy (7 min)

Doświadczenie 3: Stanie przy ścianie (3 min)

Doświadczenie 4: Puszka (3 min)

Doświadczenie 5: Huśtawka dwustronna (3 min)

Doświadczenie 6: Taczka (2 min)

Doświadczenie 7: Wielokrążki (6 min)

Doświadczenie 8: Przekładnie mechaniczne (5 min)

Doświadczenie 9: Most obrotowy (2 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (2 min)

Maszyny proste nie zmniejszają wartości pracy, którą należy wykonać przy ich pomocy, ale ułatwiają jej wykonanie. Przy ich pomocy można zmniejszyć wartość siły, zmienić kierunek jej działania, kierunek obrotu, szybkość kątową itp. Do najczęściej używanych maszyn prostych należą: dźwignia jedno i dwustronna, wielokrążek, kołowrót, równia pochyła, śruba, przekładnia mechaniczna.

Kołowrót – to walec o małym promieniu z umocowaną na jego końcu korbą o dużym ramieniu. Na walec nawinięty jest łańcuch lub sznur, do którego przyczepiony jest ładunek. Kołowrót służy do podnoszenia i opuszczania tego ładunku przez nawijanie liny lub łańcucha na obracający się wał, napędzany korbą. Jeżeli długość korby jest większa od promienia walca, kołowrót umożliwia podnoszenie ciężkiego ciała przy użyciu mniejszej siły. Urządzenie to znalazło zastosowanie w studniach, z których wyciąga się wodę za pomocą *kołowrotu studziennego*. Kołowrót zalicza się do maszyn prostych i może być traktowany jako rodzaj dźwigni. Działa tutaj ta sama, co w przypadku dźwigni prostej zasada: ile razy ramię korby jest większe od promienia walca, tyle razy wartość siły przyłożonej do korby jest mniejsza od wartości siły przyłożonej do ładunku. W zależności od położenia korby kołowrotu pracuje on jako dźwignia jedno- albo dwustronna. Kołowrotem jest także np. kierownica, klamka, kurek baterii łazienkowej.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

XII. Równowaga i maszyny proste

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Geometryczny środek Polski: http://pl.wikipedia.org/wiki/Geometryczny_środek_Polski
2. Maszyny proste: M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier „Fizyka dla gimnazjum”, cz.2 (Zamkor 2006), rozdz. 2.7
3. Łopata: [http://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%81opata_\(narz%C4%99dzie\)](http://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%81opata_(narz%C4%99dzie))
4. Przekładnia zębata - animacja: http://pl.wikipedia.org/wiki/Przekładnia_zębata
5. Przekładnia pasowa – łańcuch rowerowy: <http://www.youtube.com/watch?v=h3usL7DpGSA>
6. Animacja działania kół zębata: <http://www.youtube.com/watch?v=iyGolURIUV8>
7. Skrzynia biegów z LEGO: <http://www.youtube.com/watch?v=hHpKLTcOmNQ>
8. Obrotowy most w Giżycku: <http://www.youtube.com/watch?v=NjDSk5KjOQM>

Doświadczenie 1: Patyk



Przyrządy i materiały:

długi, cienki patyk lub kij, plastelina

Eksperyment.

- Wyciągnij przed siebie szeroko rozstawione obie dłonie z wystawionymi o przodu palcami wskazującymi. Niech druga osoba położy na nich poziomo kij. Starając się nie upuścić kija, zbliż palce jeden do drugiego tak, żeby się zetknęły ze sobą. Niech druga osoba zaznaczy na kiju flamastrem miejsce spotkania palców.
- Na jednym końcu patyka przymocuj dużą kulę z plasteliny. Powtórz powyższe doświadczenie.

Obserwacja.

- Czy zaznaczone flamastrem miejsca pokrywają się?
- Które z tych miejsc jest przesunięte bliżej kuli z plasteliny?
- Jak można nazwać punkty zaznaczone na kiju?

Komentarz.

Człowiek posiada zmysł równowagi, dzięki któremu utrzymuje swoje ciało w stabilnej pozycji. Zmysł równowagi nieustannie koryguje ułożenie poszczególnych części ciała. Ponieważ w tym eksperymencie należało zapobiec upuszczeniu patyka, zmysł równowagi sprowadził palce do miejsca będącego środkiem masy. Środek masy to punkt wyważenia – jeżeli podeprzemy ciało w tym punkcie, powinno pozostać w równowadze. Środek masy jednorodnej bryły pokrywa się z jego środkiem geometrycznym (środek masy kija, który w przybliżeniu można traktować jako ciało jednorodne, znajduje się w połowie jego długości). Jeżeli jednak ciało składa się z kilku elementów, środek masy może się przesunąć. Po doklejeniu kulki plasteliny środek masy przesunął się w kierunku tej kulki.

Doświadczenie 2: Środek masy



Przyrządy i materiały:

1 tekturka, nożyczki, nitka, 1 dobrze zaostrożony ołówek, cyrkiel, linijka, kawałek plasteliny wielkości kciuka, pisak.

Przygotowanie.

Za pomocą cyrkla, ołówka i linijki narysuj na tekturce trójkąt, którego wszystkie boki są takiej samej długości (około 12 cm) i wytnij go.

Eksperyment.

- Do stołu przyklej kawałek plasteliny i umocuj na nim pionowo ołówek, ostrzem w górę. Postaraj się umieścić trójkąt na ostrzu ołówka.

XII. Równowaga i maszyny proste

- Odwróć ołówek ostrzem w dół i umocuj go na stole przy pomocy plasteliny. Połóż trójkąt na szczycie ołówka. Zaznacz pisakiem na figurze kropkę - miejsce jej zetknięcia z ołówkiem.
- Blisko brzegu trójkąta przylep kawałek plasteliny. Postaraj się teraz umieścić figurę na szczycie ołówka. Jeżeli ci się to uda, zaznacz pisakiem na figurze krzyżyk – miejsce jej zetknięcia z ołówkiem.
- Zrób dziurki we wszystkich narożnikach trójkąta. Utnij kawałek nitki długości 50 cm.
- Przewlec nitkę przez dziurkę i zawiąż na supełek tak, aby figura była zamocowana w połowie nitki. Zawieś jeden koniec nitki w dowolnym miejscu (na ścianie, poręczy itp.) tak, aby figura mogła swobodnie wisieć. Do drugiego końca nitki przylep kulkę z plasteliny i puść ten koniec nitki swobodnie. Narysuj na figurze prostą linię wzdłuż zwisającej nitki - od dziurki do kulki z plasteliny. Linia powinna być na tej samej stronie, co kropka zaznaczona pisakiem. Odwiąż nitkę. Powtórz to samo dla dwóch pozostałych dziurek w trójkącie.

Obserwacja.

- Dlaczego łatwiej jest umocować figurę na tępych zakończeniach ołówka, niż na zaostrzonym?
- Dlaczego punkty podparcia figury w drugiej i trzeciej części doświadczenia (czyli kropki i krzyżyki) nie znajdują się w tym samym miejscu?
- W którym miejscu przecinają się wszystkie linie narysowane przez ciebie na trójkącie?
- Jak daleko znajduje się to przecięcie od kropki zaznaczonej przez ciebie w pierwszej części doświadczenia?
- Czy punkty przecięcia są jakimiś szczególnymi punktami trójkąta?

Komentarz.

Wszystkie linie poprowadzone pionowo w dół z punktów zawieszenia dowolnej figury (dziurek) powinny przeciąć się w jednym punkcie, zwanym **środkiem ciężkości** figury. Jeżeli podeprzemy ciało dokładnie w tym punkcie, to nie będzie ono przekreślało się na żadną stronę, a więc będzie w **równowadze**.

W figurach takich jak kwadrat, trójkąt równoboczny, czy koło, środek ciężkości pokrywa się dokładnie ze środkiem geometrycznym figury.

Środek ciężkości jest bardzo ważny np. w transporcie. Jeżeli środek ciężkości wypełnionego towarami lub bagażami pojazdu znajduje się daleko od środka geometrycznego pustego pojazdu, to pojazd ten może się wywrócić na zakręcie. Jeżeli środek ciężkości statku nie będzie się znajdował blisko jego środka geometrycznego, to statek łatwo może zatonać. Dlatego bagaż w pojazdach, statkach czy samolotach musi być rozłożony **równomiernie**.

Człowiek naturalnie utrzymuje swoje ciało w równowadze, dzięki **zmysłowi równowagi**. Kontroluje on zmiany ułożenia Twojego ciała oraz położenie dodatkowych ciężarów, które na sobie zawieszasz. Natychmiast wysyła do mózgu sygnał, dzięki któremu całe ciało dostosowuje się do nowej sytuacji. Ułożenie ciała musi się tak zmienić, aby z powrotem środek ciężkości pokrył się ze środkiem geometrycznym.

Doświadczenie 3: Stanie przy ścianie



Przyrządy i materiały:

pionowa ściana.

Eksperyment.

- Stań na jednej nodze. Wybierz stanie na tej nodze, na której dłużej utrzymujesz równowagę.
- Podejdź do pionowej ściany.
-

Jeśli wybrałeś lewą nogę:

Postaw stopę **lewej nogi** przy samej ścianie, równoległe do ściany, opuść **lewą rękę** wzdłuż tułowia i przyciśnij cały **lewy bok** swojego ciała równoległe do ściany. W tej pozycji spróbuj stanąć **na lewej nodze**. Nie odrywaj ani stopy, ani ramienia od ściany!

XII. Równowaga i maszyny proste

Jeśli wybrałeś prawą nogę:

Postaw stopę **prawej nogi** przy samej ścianie, równoległe do ściany, opuść **prawą rękę** wzdłuż tułowia i przyciśnij cały **prawy bok** swojego ciała równoległe do ściany. W tej pozycji spróbuj stanąć **na prawej** nodze. Nie odrywaj ani stopy, ani ramienia od ściany!

Obserwacja.

- Co jest miejscem twojego podparcia, gdy stoisz na jednej nodze z daleka od ściany?
- Jak sądzisz, w którym miejscu znajduje się środek twojego ciała?
- Jeśli wykonałeś ćwiczenie zgodnie z poleceniem, nie mogło ci się udać stanąć przy ścianie na nodze, która była dostawiona do ściany!

Komentarz:

Jeżeli postawisz jakikolwiek przedmiot, a on się nie przewróci, to znaczy, że przedmiot ten jest **w równowadze**.

Każdy stojący przedmiot ma przynajmniej jeden **punkt (miejsce) podparcia**. Gdy stoisz na jednej nodze miejscem podparcia jest spód twojej stopy. Gdy stoisz na dwóch nogach, spody obu twoich stóp są miejscami podparcia.

Każdy przedmiot, człowiek, zwierzę itd. ma punkt zwany **środkiem ciężkości** (środkiem masy). U człowieka punkt ten znajduje się w okolicy pępka. Aby przedmiot był w równowadze i nie przewracał się, środek ciężkości musi się znajdować w odpowiednim miejscu:

- Gdy stoisz na dwóch nogach i masz dwa miejsca podparcia – środek ciężkości musi znajdować się nad punktem, który leży pośrodku między dwoma miejscami podparcia. Twój pępek znajduje się wówczas dokładnie nad punktem, który leży pośrodku pomiędzy twoimi stopami.
- Gdy stoisz na jednej nodze i masz jedno miejsce podparcia – środek ciężkości musi się znajdować dokładnie nad tym miejscem. Musisz więc przesunąć cały tułów tak, aby pępek znalazł się nad stopą, na której chcesz stanąć.

W doświadczeniu najpierw stanąłeś przyciśnięty do ściany. Chcąc stanąć na jednej nodze, która była tuż przy ścianie, musiałbyś się jeszcze bardziej przesunąć w stronę ściany, a to nie było możliwe. Dlatego nie udało się stanąć na jednej nodze - tej przyciśniętej do ściany. Możesz, oczywiście stanąć na drugiej nodze, ale wtedy musisz się oderwać od ściany.

Człowiek naturalnie utrzymuje swoje ciało w równowadze, dzięki **zmysłowi równowagi**. Kontroluje on zmiany ułożenia Twojego ciała nieustannie, często bez udziału świadomości.

Doświadczenie 4: Puszka



Przyrządy i materiały:

pusta puszka po napoju, 2 szklanki, stół lub ławka z poziomym blatem, woda z kranu.

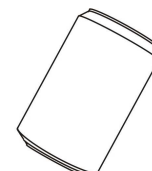
Eksperyment.

- Napełnij puszkę wodą. Postaw ją pionowo na stole. Przelej wodę z puszki do szklanek. Wlej z powrotem do puszki **połowę** wody z jednej szklanki i **połowę** wody z drugiej szklanki.

Uwaga: Możesz wlać mniej niż połowę wody z każdej szklanki, ale uważaj, aby nie wlać ponad połowę.

- Ustaw puszkę na blacie stołu nie prosto, tylko pod kątem – tak jak na rysunku.

Uwaga! Jeżeli mimo kilku prób nie udaje ci się ta sztuczka, odlej trochę wody z puszki i spróbuj jeszcze raz.



Obserwacja.

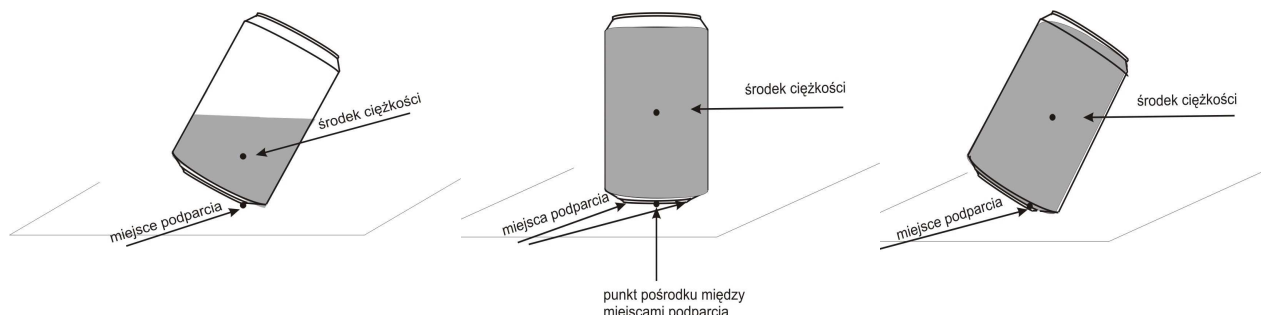
- Wskaż punkty podparcia puszki stojącej pionowo.
- Wskaż miejsce podparcia puszki wypełnionej w połowie wodą, stojącej na blacie pod kątem.
- Czy puszkę wypełnioną całkowicie wodą udałoby się postawić na blacie pod kątem?

XII. Równowaga i maszyny proste

Komentarz.

Jeżeli postawisz jakikolwiek przedmiot, a on się nie przewróci, to znaczy, że przedmiot ten jest w **równowadze**.

W puszcze wypełnionej całkowicie wodą, środek ciężkości znajduje się dokładnie w samym środku puszki. Aby puszka podparta w jednym miejscu była w równowadze i nie przewracała się, środek ciężkości musi się znajdować dokładnie nad tym miejscem podparcia.



ta puszka jest w równowadze

ta puszka jest w równowadze

ta puszka się przewróci

Doświadczenie 5: Huśtawka dwustronna



Przyrządy i materiały:

dwie jednakowe linijki dowolnej długości, jedna długa linijka, ciężka książka, plastelina, stół

Przygotowanie.

Ustaw dwie jednakowe linijki na stole, tworząc z nich poziomy tunel o prześwicie w kształcie trójkąta równoramiennego. Przylep w tej pozycji linijki do stołu za pomocą plasteliny. Tunel będzie stanowił podstawkę.

Eksperyment.

- Połóż trzecią linijkę prostopadle na wierzchu podstawki tak, jakbyś chciał zrobić huśtawkę – konika (inaczej zwaną huśtawką – ważką). Po obu stronach tunelu linijka powinna mieć taką samą długość. Na jednym końcu huśtawki połóż książkę (możesz ją przymocować do linijki za pomocą plasteliny). Mocno naciśnij na drugi koniec huśtawki.
- Przesuń podstawkę blisko książki. Ponownie naciśnij na wolny koniec linijki.

Obserwacja.

- W której sytuacji łatwiej było podnieść książkę?

Komentarz.

Tego typu huśtawka jest przykładem dźwigni dwustronnej - jednego z rodzajów maszyn prostych powszechnie używanych w celu ułatwienia wykonania pracy mechanicznej. W dowolnej dźwigni dwustronnej oś obrotu lub punkt podparcia znajduje się pomiędzy punktem przyłożenia siły zewnętrznej, a miejscem położenia ciała, które chcemy podnieść. Dźwignia dwustronna zmienia więc kierunek działania siły: naciskając w dół z jednej strony, wywieramy siłę w górę z drugiej strony. Siły nie mają jednakowej wartości, jeśli punkt przyłożenia siły zewnętrznej i punkt położenia podnoszonego ciała znajdują się w różnych odległościach od osi obrotu. Skuteczność tego typu urządzenia jest tym większa im bliżej osi obrotu znajduje się ciężar i im dalej od osi obrotu zostanie przyłożona siła.

Na zasadzie dźwigni dwustronnej zbudowano wiele urządzeń codziennego użytku: nożyce, łopaty do prac ziemnych z zaokrągloną konchą, wagę szalkową, szlaban drogowy oraz nożyce, obcęgi, kombinerki (podwójne dźwignie dwustronne).

XII. Równowaga i maszyny proste

Doświadczenie 6: Taczka



Przyrządy i materiały:

dziadek do orzechów (typu podwójnej dźwigni jednostronnej), orzech

Eksperyment.

- Niech jedna osoba podniesie nogi drugiej osoby podpartej rękoma o podłogę, tworząc „taczkę”. W tej pozycji przejdźcie kilka kroków.

Obserwacja.

- Co jest łatwiejsze: podniesienie nóg drugiego ucznia przy tworzeniu „taczki”, czy podniesienie całego ucznia?
- Przyglądnij się dziadkowi do orzechów: czy siła przykładana do jego ramion ma ten sam zwrot, co siła działająca na orzech?
- Czy dziadek do orzechów jest dźwignią dwustronną?

Komentarz.

Taczka jest przykładem dźwigni jednostronnej, a dziadek do orzechów – podwójnej dźwigni jednostronnej. W dowolnej dźwigni jednostronnej miejsce położenia ciała, na które chcemy wyrzucić siłę leży pomiędzy osią obrotu lub punktem podparcia a punktem przyłożenia siły zewnętrznej. Dźwignia jednostronna nie zmienia więc kierunku działania siły. Siła przyłożona z zewnątrz i siła wywierana na ciało nie mają jednakowej wartości, bo punkt przyłożenia siły zewnętrznej i miejsce położenia środka masy ciała znajdują się w różnych odległościach od osi obrotu. Podobnie jak w przypadku dźwigni dwustronnej - skuteczność tego typu urządzenia jest tym większa im bliżej osi obrotu znajduje się ciężar i im dalej od osi obrotu zostanie przyłożona siła.

W przypadku „taczki” gimnastycznej odległość punktu przyłożenia siły (stopy) od punktu podparcia (dłonie) jest około dwa razy większa od odległości środka masy osoby tworzącej „taczkę” od punktu podparcia. Zatem wartość siły podnoszącej nogi ucznia jest około dwa razy mniejsza od siły potrzebnej do podniesienia całego ucznia.

Dźwignia jest także techniką chwytu wykorzystywaną w sztukach walki (aikido, jiu-jitsu, judo). Polega ona na zmuszeniu stawu (lub kilku stawów) przeciwnika do pracy w nienaturalnych warunkach.

Doświadczenie 7: Wielokrążki



Przyrządy i materiały:

2 kawałki drutu (najlepiej druciane wieszaki na ubrania z pralni chemicznej), 2 puste szpulki nici, 2 stoły (lub stół i parapet) o tej samej wysokości, długa linijka lub cienki kij, nożyczki, sznurek o długości ok. 2 m, książka lub inny ciężar o podobnym rozmiarze

Przygotowanie.

Położ końce linijki lub kija na dwóch blatach stojących naprzeciwko siebie stołów. Na oba kawałki drutu nawlec po jednej szpulce. Przymocuj jeden wieszak do linijki lub kija za pomocą sznurka. Do jednego końca sznurka przywiąż ładunek.

Eksperyment.

- Drugi koniec sznurka przełóż przez wałek szpulki. Pociągnij za wolny koniec sznurka.
- Wolny koniec sznurka przełóż dodatkowo przez wałek drugiej szpulki tak, aby wieszaki wisiły w jednej osi, jeden pod drugim (jeden prosto, a drugi – obrócony „do góry nogami”). Drugi wieszak ze szpulką nie powinien być nigdzie przymocowany na stałe, a jedynie – powinien wisieć na sznurze. Ponownie pociągnij za wolny koniec sznurka.

Obserwacja.

- W którym przypadku wartość siły potrzebnej do podniesienia ładunku jest większa?

Komentarz.

Pojedynczy bloczek i linka tworzą system oborowy, który może zmieniać kierunek siły, ale nie zmienia jej wartości. Czasami ta zmiana wystarczy, żeby ułatwić sobie prace przy podnoszeniu

XII. Równowaga i maszyny proste

ładunków. Jeżeli ciężar ładunku jest większy, to za pomocą systemu kilku bloczków można zmienić także wartość siły potrzebnej do jego podniesienia. Dwa bloczki o równoległych osiach zmniejszają tę siłę o połowę, bo ciężar rozkłada się na dwie części liny.

Uwaga: za pomocą wielokrążka (podobnie jak za pomocą innych maszyn prostych) można zmniejszyć wartość i kierunek siły, ale nie można zmniejszyć wartości wykonanej pracy.

Doświadczenie 8: Przekładnie mechaniczne



Projekcja filmów i animacji z Internetu.
Materiał można wcześniej skopiować na dysk lokalny.

Przekładnia łańcuchowa – łańcuch rowerowy: <http://www.youtube.com/watch?v=h3usL7DpGSA>

(czas projekcji 1 min 12 s)

Animacja działania kół zębatach: <http://www.youtube.com/watch?v=iyGolURIUV8> (czas projekcji 36s)

Skrzynia biegów lego: <http://www.youtube.com/watch?v=hHpKLTcOmNQ> (czas projekcji 2 min 2 s)

Komentarz.

Przekładnie mechaniczne składają się z dwóch lub więcej elementów, połączonych ze sobą za pomocą pasa (lub łańcucha) albo dzięki wyżłobieniom w tych elementach (koła zębate). W tak połączonych przekładniach szybkość liniowa punktów na obwodzie każdego z elementów jest jednakowa. Jeżeli elementy mają różne średnice, to zachodzi relacja:

$$\frac{\text{szybkość kątowa elementu 1}}{\text{średnica elementu 1}} = \frac{\text{szybkość kątowa elementu 2}}{\text{średnica elementu 2}}$$

(czyli im mniejsza średnica, tym szybciej kręci się dany element).

W przekładni zębatej elementy sąsiadujące ze sobą zawsze kręcą się w przeciwne strony. W przekładni pasowej lub łańcuchowej elementy kręcą się w tę samą stronę.

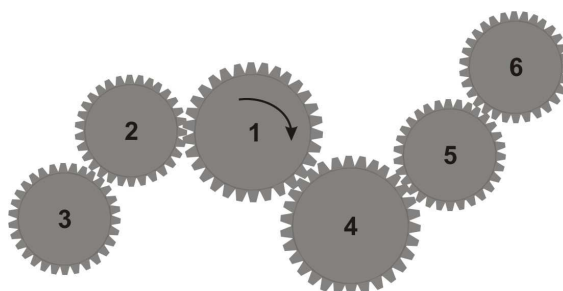
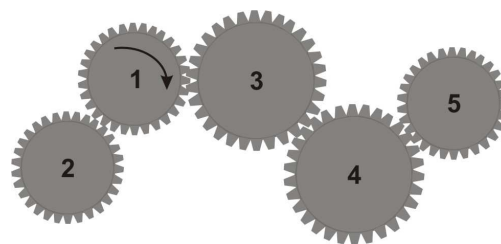
Przekładnie z kół zębatach znajdują się np. w zegarach mechanicznych, w ręcznej skrzyni biegów.

Przekładnie pasowe i łańcuchowe znajdują się w samochodach, rowerach, pasach transmisyjnych itp.

Przykładem przekładni łańcuchowej o zmiennym skokowo przełożeniu jest przerzutka rowerowa.

Zadania.

- Jeżeli koło zębate nr 1 kręci się w prawą stronę, to w którą stronę kręci się koło nr 2 i koło nr 5?
- Jeżeli koło zębate nr 1 kręci się w prawą stronę, to w którą stronę kręci się koło nr 3 i koło nr 6?



Fizyka w domu

XII. Równowaga i maszyny proste



Doświadczenie 9: Most obrotowy



Projekcja filmu z Internetu.
Film można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Most obrotowy w Giżycku: <http://www.youtube.com/watch?v=NjDSk5KjOQM> (czas projekcji 1 min)

Komentarz

Most obrotowy w Giżycku pochodzi z XIX w. i jest najstarszym działającym tego typu mostem w Europie. Most służy do transportu samochodowego i pieszych pomiędzy dwoma częściami miasta, rozdzielonymi kanałem. Jeden człowiek może bez większych trudności obrócić ten most przy pomocy kołowrotu i śruby kilkanaście razy dziennie.

XIII. Wahadła i drgania

Co już wiemy (2 min)

- Co to znaczy, że dwie wielkości są do siebie proporcjonalne? Podaj przykłady.
- Co to znaczy, że dwie wielkości są do siebie odwrotnie proporcjonalne? Podaj przykłady.

Pytania wstępne (4 min)

- Co to jest wahadło? Podaj przykłady wahadeł.
- Podaj przykłady ruchu oscylacyjnego (drgającego).
- Co to jest okres ruchu drgającego?
- Co to jest częstotliwość drgań wahadła?
- Jaki jest związek pomiędzy częstotliwością a okresem (są proporcjonalne, odwrotnie proporcjonalne, czy też zależą od siebie w inny sposób)?
- Co to jest trzęsienie Ziemi i na skutek czego powstaje?
- Gdzie wydarzyło się ostatnie duże trzęsienie Ziemi?
- Czy w Polsce występują trzęsienia Ziemi?
- Jaką nazwę się skala trzęsień Ziemi?
- Co to jest czas reakcji człowieka i od czego może zależeć?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Zegar wahadłowy (8 min)

Doświadczenie 2: Rezonans (5 min)

Doświadczenie 3: Zburzony most (5 min)

Doświadczenie 4: Trzęsienia Ziemi (5 min)

Doświadczenie 5: Wymuszanie drgań (5 min)

Doświadczenie 6*: Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego (**wykonanie: 25 min + opracowanie: 20min**)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (2 min)

Drgania to ruchy okresowo powtarzające się. Charakteryzowane są poprzez: amplitudę drgań (czyli maksymalne wychylenie z położenia równowagi), okres drgań (czas potrzebny na wykonanie jednego pełnego drgania, np. wahnienia) i częstotliwość drgań. Częstotliwość drgań jest odwrotnością okresu; mierzymy ją w hercach, Hz ($1\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$).

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Zegar wahadłowy: http://pl.wikipedia.org/wiki/Zegar_wahadłowy
2. Zawalenie się mostu w Tacoma: <http://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs>
3. Trzęsienia Ziemi wraz z mapką występowania tych zjawisk na przestrzeni 35 lat końca XX w.: http://pl.wikipedia.org/wiki/Trz%C4%99sienie_ziemi

XIII. Wahadła i drgania

4. Fale sejsmiczne: <http://www.youtube.com/watch?v=1rERTijQTnQ>
5. Skutki trzęsienia Ziemi na autostradzie: <http://www.youtube.com/watch?v=KuJLTgXKvQQ>
6. Projekty zabezpieczeń budynków przed trzęsieniami Ziemi:
7. <http://www.youtube.com/watch?v=vtT9dN1g770>
oraz <http://www.youtube.com/watch?v=kzVvd4Dk6sw>
8. Drgania wymuszone i rezonansowe: „Wybieram fizykę”, t.2, pod red. J. Salach, rozdz. 8.4 (Zamkor 2007) lub „Fizyka i astronomia dla każdego”, pod red. B. Sagnowskiej, rozdz. 4.1 (Zamkor 2007)
9. Opis przebiegu i opracowania wyników doświadczenia „Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego”, Foton 92, Wiosna 2006r:
10. <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/92/pdf/13%20wahadlo%20matematyczne.pdf>



Doświadczenie 1: Zegar wahadłowy

Przyrządy i materiały:

kawałek nici o długości ok. 1,5 m, plastelina, gwóźdź, pinezka lub inny zaczep usytuowany ok.1,6 m nad podłogą, stoper, metr krawiecki lub przymiar metrowy

Przygotowanie.

Na samym końcu nici przylep kulkę plasteliny o średnicy około 2 cm. Drugi koniec nici przymocuj do zaczepu, tworząc w ten sposób wahadło. Należy zadbać, aby wahadło miało swobodę ruchu wahadłowego, (podczas ruchu nie może się z niczym zderzać, ani o nic ocierać).

Eksperyment.

- Wychyl wahadło o niewielki kąt i puść swobodnie. Włącz stoper, gdy wahadło ponownie znajdzie się w pozycji, z której zostało wypuszczone (pozycji wyjściowej). Wyłącz stoper w chwili, gdy wahadło powróci po jednym pełnym wahnięciu do pozycji wyjściowej. Zapisz wynik na kartce. Powtórz doświadczenie 2-3 razy.

Obserwacja.

- Czy wyniki pomiaru czasu różnią się między sobą?
- Z czego mogą wynikać te różnice?
- Doklej do kulki z wahadła dodatkowy kawałek plasteliny tak, aby mniej więcej podwoić masę kulki. Zadbaj o to, aby powiększony kawałek plasteliny uformowany został ponownie w kulkę. Wychyl wahadło o niewielki kąt i puść swobodnie. Włącz stoper, gdy wahadło ponownie znajdzie się w pozycji, z której zostało wypuszczone (pozycji wyjściowej). Wyłącz stoper w chwili, gdy wahadło powróci po jednym pełnym wahnięciu do pozycji wyjściowej. Zapisz wynik na kartce. Powtórz doświadczenie 2-3 razy.

Obserwacja.

- Czy wyniki pomiaru czasu różnią się między sobą?
- Z czego mogą te różnice wynikać?
- Czy na podstawie wykonanego eksperymentu można powiedzieć, że w przybliżeniu czas jednego drgania wahadła nie zależy od masy doczepionej w jego dolnym końcu?

- Skróć nić wahadła mniej więcej o połowę. Wychyl wahadło o niewielki kąt i puść swobodnie. Włącz stoper, gdy wahadło ponownie znajdzie się w pozycji, z której zostało wypuszczone (pozycji wyjściowej). Wyłącz stoper w chwili, gdy wahadło powróci po raz pierwszy do pozycji wyjściowej. Zapisz wynik na kartce. Powtórz doświadczenie 2-3 razy.

Obserwacja.

- Czy wyniki pomiaru czasu różnią się między sobą?
- Czy na podstawie wykonanego eksperymentu można powiedzieć, że w przybliżeniu czas jednego drgania wahadła wyraźnie zależy od jego długości?
- Dla którego z dwóch wahadeł czas jednego drgania wahadła jest krótszy: dla wahadła o dłuższej czy o krótszej nici?

XIII. Wahadła i drgania

Komentarz.

Z wahadłami spotykasz się na co dzień - są nimi na przykład: huśtawka, wahadło zegarowe, hamak. Najprostszym wahadłem (tak zwanym **wahadłem matematycznym**) jest niewielki, ale ciężki przedmiot zawieszony na długiej, cienkiej i nierozciągliwej nici i wprawiony w ruch wahadłowy po wychyleniu o niewielki kąt od pionu.

Wahadła wykonują ruch „tam i z powrotem”, czyli **drgają**. Aby wprowadzić wahadło w ruch, musimy je wychylić - wówczas wahadło zaczyna drgać. Za każdym razem, kiedy powraca do tego samego maksymalnego wychylenia, upływa taki sam czas. Czas ten nazywa się **okresem** ruchu.

Użyte w eksperymencie wahadło można traktować jak wahadło matematyczne. Dla takiego wahadła okres drgań nie zależy od masy doczepionej w jego dolnym końcu, a zależy od jego długości. Dłuższe wahadła mają dłuższe okresy. Dzięki tej prawidłowości możliwe było skonstruowanie zegara wahadłowego, który odmierza czas dzięki wahadłowemu ruchowi „serca”. W urządzeniu tego typu serce jest najczęściej zawieszony na dość długim pręcie, aby okres ruchu wynosił 1 s. Pierwszy zegar wahadłowy został zbudowany przez Christiaana Huygensa, który około roku 1657 zastosował w ten sposób w praktyce prawo ruchu wahadłowego sformułowane przez Galileusza.

Doświadczenie 2: Rezonans



Przyrządy i materiały:

kawałek plasteliny wielkości kciuka, szpulka nici bawełnianej, nożyczki, linijka, 4 spinacze biurowe, dwa krzesła z oparciem (lub inne, mogące stać naprzeciwko siebie meble z oparciem)

Przygotowanie.

- Odmierz dwa kawałki nici o długości 30 cm każdy, jeden kawałek o długości 50 cm i jeden kawałek o długości 15 cm.
- Na końcu każdego kawałka nici przymocuj kulkę z plasteliny wielkości orzecha laskowego.
- Utnij kawałek nici o długości 1 m. Przywiąż jeden koniec tej nici do jednego krzesła (lub mebla), a drugi koniec nici – do drugiego krzesła (lub mebla). Nić powinna utworzyć „most” pomiędzy meblami na wysokości 1m. Odsuń meble od siebie tak, aby nić prawie całkowicie się naprężyła.

Eksperyment.

- Za pomocą spinaczy zawieś cztery wahadła na moście tak, aby wahadła o tej samej długości znajdowały się tuż obok siebie. Zadbaj o to, aby po zawieszeniu dokładnie dwa wahadła miały tę samą długość. Ustaw wahadła tak, aby się nie poruszały. Delikatnie wpraw w ruch jedno z dwóch identycznych wahadeł. Obserwuj, co się stanie z pozostałymi wahadłami.
- Zmień konfigurację wahadeł i zawieś je na sznurku tak, aby wahadła o równej długości nie znajdowały się obok siebie. Ustaw wahadła tak, aby się nie poruszały. Delikatnie wpraw w ruch jedno z dwóch identycznych wahadeł. Obserwuj, co się stanie z pozostałymi wahadłami.

Obserwacja.

- Które wahadło zostało pobudzone do drgań przez poruszające się wahadło w pierwszej i w drugiej części eksperymentu?
- Jak zachowały się pozostałe wahadła w pierwszej i w drugiej części eksperymentu?
- Czy wynik eksperymentu zależał od konfiguracji wahadeł?

Komentarz.

Okres ruchu wahadła matematycznego zależy tylko od jego długości. **Im wahadło dłuższe, tym okres dłuższy**, czyli potrzeba więcej czasu, aby powróciło do początkowego wychylenia.

Wahadła zawieszony na wspólnej nici („moście”) mogą przekazywać sobie nawzajem energię związaną z ruchem w różny sposób. Jeżeli na wspólnym moście wprawimy w ruch tylko jedno wahadło, to po chwili pobudzi ono do bardzo dużych drgań właściwie wyłącznie wahadło o tej samej długości (a ściśle mówiąc – wahadło o tym samym okresie drgań). Mówimy, że wahadła o tej samej długości są ze sobą w **rezonansie**, tzn. jedno z nich potrafi bardzo mocno rozhuścić drugie, przekazując mu praktycznie całą swoją energię, ponieważ okresy drgań obu wahadeł są jednakowe. Wahadła te mogą przekazać sobie energię na znacznej odległości, ponieważ energia przekazywana

XIII. Wahadła i drgania

jest poprzez drgania sznurka, nie zaś poprzez ruchy powietrza.

Wahadło przekazuje znikomą część swojej energii także pozostałym wahadłom zawieszonym na wspólnej nici, których okres drgań różni się od jego własnego okresu drgań. Ruchy tych wahadeł są więc bardzo słabe i często chaotyczne.

Doświadczenie 3: Zburzony most



Projekcja filmów i animacji
z Internetu.

Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Film dokumentujący proces zniszczenia mostu w Tacoma (w j. angielskim):
<http://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs> (czas trwania: 4 min)

Tłumaczenie.

0:04 NAPIS: Zapadnięcie się mostu w Tacoma. Rozpiętość centralnej części mostu 2800 stóp (czyli 843 m 44 cm). Szerokość 39 stóp (czyli 11 m 88 cm). Wysokość podpór usztywniających 8 stóp (czyli 2 m 44 cm). Rozpoczęcie budowy 23 listopada 1938r. Otwarcie mostu: 1 lipca 1940 r. Zawalenie się mostu: 7 listopada 1940r.

0:05 Jak widzicie most ten był bardzo długi i bardzo wąski. Jego długość wynosiła ponad pół mili (843 m 44 cm), a szerokość jedynie 39 stóp (11 m 88 cm).

0:12 Przetrwiał zaledwie cztery miesiące.

0:29 Podczas budowy widzimy stalowe podpory nośne o wysokości 8 stóp (2 m 44 cm), które miały usztywniać most i zapobiegać jego uginaniu.

0:36 Mimo to obserwowano pewne pionowe wibracje mostu podczas całego okresu jego eksploatacji.

0:44 Oto dzień otwarcia.

0:57 NAPIS: 7 listopada 1940 roku, godzina 10.00 – rozpoczynają się torsyjne wibracje mostu, powstałe w wyniku rezonansu.

1:08 W dniu 7 listopada most niespodziewanie zaczął się kołysać.

1:12 Szybkość wiatru była mniej więcej stała i wynosiła 42 mile na godzinę (ok.67,5 km/h).

1:15 To wystarczyło, aby na skutek zjawiska rezonansu, wprowadzić most w jeden z jego naturalnych ruchów wibracyjnych o okresie 5 s.

1:34 Pewien profesor inżynierii wyszedł, aby zobaczyć, co się stało.

1:38 Właśnie wraca, poruszając się z pewnymi trudnościami, wzdłuż centralnej linii namalowanej na jezdni.

2:05 Wydaje się niezwykle, że podpory nośne były aż tak bardzo elastyczne.

2:08 To ujęcie pokazuje ruch z rzeczywistą szybkością.

2:12 Zapadnięcie się mostu było nie do uniknięcia i tak też się stało po czasie niewiele dłuższym niż jedna godzina od chwili pokazanej na filmie.

2:50 Ten samochód został opuszczony już wcześniej i żaden człowiek nie został poszkodowany podczas całego zajścia. W aucie pozostał jednak mały pies, który bał się wyjść na zewnątrz i został pogrzebany razem z mostem.

3:04 NAPIS: 7 listopada 1940r., godzina 11.10. zwalenie się środkowej części mostu.

3:44 Most został odbudowany przy użyciu usztywniających platform zamiast podpór.

3:50. Nowy most jest całkowicie stabilny.

Komentarz.

Każdy obiekt posiada własną częstotliwość drgań. Jeżeli częstotliwość siły pobudzającej do drgań jest równa częstotliwości własnej obiektu, to amplituda drgań obiektu ogromnie wzrasta. Sama siła nie musi mieć dużej wartości!

XIII. Wahadła i drgania

Podobne do tej pokazanej na filmie katastrofy budowlane zdarzyły się we Francji i w Anglii, gdzie mosty zostały zburzone przez kolumny żołnierzy maszerujące po nich równym krokiem. Od czasu tych katastrof, żołnierze przed wejściem na most otrzymują komendę marszu swobodnym krokiem.

Doświadczenie 4: Trzęsienia Ziemi



Projekcja filmów i animacji z Internetu.
Materiał można wcześniej skopiować na dysk lokalny.

Fale sejsmiczne:

<http://www.youtube.com/watch?v=1rERTijQTnQ> (czas projekcji 46 s)

Skutki trzęsienia Ziemi na autostradzie:

<http://www.youtube.com/watch?v=KuJLTgXKvQQ> (czas projekcji 16 s)

Nowoczesne badania nad zabezpieczeniami budynków przed trzęsieniami Ziemi:

<http://www.youtube.com/watch?v=kzVvd4Dk6sw> (czas projekcji 43 s),

<http://www.youtube.com/watch?v=vtT9dN1q770> (czas projekcji 10 s)

Komentarz.

Trzęsienia Ziemi są gwałtownymi zjawiskami powstałymi na skutek naprężeń w skorupie ziemskiej w czasie ruchów fragmentów litosfery. Z miejsca uwolnienia tych naprężeń (ogniska trzęsienia ziemi, zwanego **hipocentrum**) rozchodzą się fale sejsmiczne. Punkt na powierzchni Ziemi położony nad ogniskiem (zwany **epicentrum**) to miejsce, gdzie fale docierają najwcześniej i gdzie straty są największe. Siła wstrząsów maleje w miarę oddalania się od epicentrum. Fale sejsmiczne posiadają określone częstotliwości i mogą pobudzić do drgań różne obiekty (w szczególności budynki, mosty itd.), co w rezultacie może doprowadzić do powstania rezonansu i ogromnego wzrostu amplitudy drgań zakończonego zawaleniem się obiektu.

Niektóre państwa takie jak Stany Zjednoczone, Japonia, Indie, Chile, Peru czy kraje na południu Europy leżą w strefach silnych ruchów tektonicznych lub aktywności wulkanów i są szczególnie narażone na zjawisko trzęsień Ziemi. Większość z nich, to kraje wysoko rozwinięte, o dużym zagęszczeniu ludności w aglomeracjach miejskich i skupiskach bardzo wysokich budynków, szczególnie narażonych podczas trzęsień Ziemi. Dlatego państwa te przeznaczają duże fundusze na badania z zakresu inżynierii budownictwa, udoskonalające zabezpieczenia budynków przed skutkami tych niszczycielskich zjawisk.

Doświadczenie 5: Wymuszanie drgań



Przyrządy i materiały:

Długa linijka z otworkiem przy jednym z jej końców, długi gwóźdź o grubości mniejszej niż średnica otworka

Eksperyment.

- Trzymając gwóźdź palcami, zawieś na nim linijkę. Nie ruszając dłonią, która trzyma gwóźdź, drugą ręką wpraw linijkę w ruch wahadłowy. Zapamiętaj (mniej więcej) częstotliwość drgań linijki (jest to częstotliwość drgań własnych). Zatrzymaj linijkę.
- Wpraw wahadło w ruch drgający, poruszając lekko dłonią trzymającą gwóźdź, z częstotliwością mniej więcej równą częstotliwości drgań własnych. Zatrzymaj linijkę po ok. 20s.

XIII. Wahadła i drgania

- Wpraw wahadło w ruch drgający, poruszając lekko dłonią trzymającą gwóźdź, z częstotliwością znacznie większą niż częstotliwość drgań własnych. Zatrzymaj linijkę po ok. 20 s.
- Wpraw wahadło w ruch drgający, poruszając lekko dłonią trzymającą gwóźdź, z częstotliwością mniejszą niż częstotliwość drgań własnych. Zatrzymaj linijkę po ok. 20 s.

Obserwacja.

- Wokół której osi porusza się wahadło podczas drgań z częstotliwością własną?
- Wokół której osi porusza się wahadło podczas drgań z częstotliwością większą niż częstotliwość własna drgań wahadła?
- Czy możesz (przynajmniej w przybliżeniu) wskazać oś, wokół której osi porusza się wahadło podczas drgań z częstotliwością mniejszą niż częstotliwość własna drgań wahadła?

Komentarz:

Jeżeli siła pobudzająca ciało (np. wahadło) do drgań jest przykładana okresowo, to największą amplitudę drgań osiąga ciało, gdy okres siły jest taki sam, jak okres drgań własnych ciała.

Na przykład: aby szybko rozhuścić huśtawkę popychamy ją za każdym razem, gdy znajdzie się ona w położeniu maksymalnego wychylenia. Gdybyśmy przykładali tę siłę w inny sposób, efekt byłby słabszy.

Siła wymuszająca może spowodować rozhuśnięcie ciała nawet wtedy, gdy jej okres jest zupełnie inny niż okres własnych drgań ciała. Ciało dostosuje swój ruch drgający do okresu siły wymuszającej, ale amplituda tych drgań nie będzie już zbyt duża.

Okres drgań jest odwrotnością częstotliwości drgań, tzn. im krótszy okres, tym częstotliwość drgań dłuższa.

Okres drgań wahadła zależy od jego długości: wahadło długie ma okres drgań dłuższy niż wahadło krótkie. Ścisłej mówiąc – okres drgań drgającego ciała zależy od odległości punktu jego zawieszenia od środka masy. W naszym doświadczeniu nie zmienialiśmy długości samego wahadła, ale wahadło zachowywało się tak, jakby zmiana częstotliwości drgań prowadziła do przesunięcia pozornego punktu zawieszenia wahadła (czyli jakby wahadło się „skracalo” lub „wydłużalo”). Gdy okres drgań jest krótszy niż okres drgań własnych – oś obrotu przesuwa się poniżej punktu zawieszenia wahadła. Gdy okres drgań jest dłuższy niż okres drgań własnych – oś obrotu przesuwa się powyżej punktu zawieszenia wahadła.

Doświadczenie 6*: Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego



Przyrządy i materiały:

kawałek nici o długości ok. 1,5 m, plastelina, gwóźdź lub inny zaczep usytuowany ok. 1,6 m nad podłogą, stoper, metr krawiecki lub przymiar metrowy, kartka papieru, długopis lub ołówek, kartka papieru milimetrowego, linijka.

Przygotowanie.

Na samym końcu nici przyklep kulkę plasteliny o średnicy około 2 cm. Drugi koniec nici przymocuj do zaczepu, tworząc w ten sposób wahadło. Należy zadbać, aby wahadło miało swobodę ruchu wahadłowego, (podczas ruchu nie może się z niczym zderzać, ani o nic ocierać).

Przed przystąpieniem do pomiarów należy zapoznać się z przyrządami: czasomierzem i przymiarem metrowym oraz odczytać systematyczne niepewności pomiarowe z nimi związane, tzn. najmniejsze podziałki obu tych przyrządów (np. dla zegarka z sekundnikiem $\Delta t = 1 \text{ s}$, dla stopera $\Delta t = 0,01 \text{ s}$, dla tzw. metra krawieckiego $\Delta L = 1 \text{ mm}$).

XIII. Wahadła i drgania

Eksperyment.

Uwaga:

Podczas całego pomiaru należy dbać o to, aby ciało o masie m nie wykonywało dodatkowych ruchów (np. nie kręciło się dookoła własnej osi obrotu) oraz o to, aby w trakcie ruchu nici i ciało nie napotykały na żadne przeszkody.

- Pomiar wykonujemy dla 6–10 różnych długości L wahadła matematycznego, np. skracając długość nici. Mierzmy **długość wahadła matematycznego L** (od punktu zawieszenia wahadła do środka masy zawieszono ciała; dla długości nici rzędu 0,5–1,5 m wystarczy zmierzyć po prostu długość nici). Następnie mierzymy **czas trwania dziesięciu pełnych drgań, t** .

Uwaga:

Największa niedokładność w pomiarze okresu drgań może powstać na skutek nieskoordynowania chwili włączania czasomierza i wprawiania wahadła w ruch oraz ze względu na niezerowy czas reakcji człowieka. Stąd pomiar czasu dziesięciu pełnych drgań zamiast jednego okresu.

- Dane doświadczalne zestawiamy w tabeli (wiersz drugi i trzeci), a wartości w wierszu czwartym i piątym odpowiednio obliczamy:

Nr pomiaru	1	2	3	4	5	6	7
L [m]							
t [s]							
$T = t/10$ [s]							
T^2 [s ²]							

Uwaga: W tabeli nie zaznaczono niepewności pomiarowych pojedynczych pomiarów długości nici oraz czasu, gdyż w przeprowadzonym doświadczeniu są one znikomo małe w stosunku do mierzonych wielkości.

Opracowanie wyników.

Na kartce papieru milimetrowego albo w zeszycie w kratkę rysujemy układ współrzędnych, w którym na osi pionowej znajdzie się kwadrat okresu, T^2 [s²], a na osi poziomej – długość wahadła, L [m]. Punkty (L , T^2) powinny układać się mniej więcej na prostej, zgodnie ze wzorem:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L \quad (1)$$

Prostą dopasowujemy do danych doświadczalnych np. metodą graficzną, opisaną poniżej.

Metoda graficzna. Ponieważ w teoretycznej zależności $T^2(L)$ nie występuje parametr wolny prostej, to spodziewamy się, że prosta będzie przechodzić przez punkt (0,0) w naszym układzie współrzędnych. Rysujemy dwie proste pomocnicze (linie przerywane) łączące punkt (0,0) z najbardziej skrajnymi punktami pomiarowymi tak, aby wszystkie punkty znalazły się pomiędzy tymi prostymi. Określamy współczynniki kierunkowe tych prostych (linie przerywane): a_1 i a_2 . Poszukiwany współczynnik nachylenia prostej, najlepiej dopasowanej do danych doświadczalnych, jest średnią arytmetyczną a_1 i a_2 , tj.

$a = \frac{1}{2}(a_1 + a_2)$ (prostą o tym współczynniku kierunkowym zaznaczono na rysunku linią ciągłą).

Niepewność maksymalna współczynnika kierunkowego prostej jest równa połowie różnicy dwóch skrajnych wartości współczynników kierunkowych, tj. $\Delta a = \frac{1}{2} | a_1 - a_2 |$.

Uwaga: Dokładniejszym sposobem wyznaczenia współczynnika nachylenia prostej $T^2(L)$ jest zastosowanie metody regresji liniowej (patrz: H. Szydłowski „Pracownia Fizyczna”, PWN 1989 i wydania następne, rozdz. 2.3), wymaga to jednak albo żmudnego liczenia, albo wykorzystania programów komputerowych do analizy danych (np. Origin, Excel, Grapher, Gnuplot itp.)

XIII. Wahadła i drgania

Wyznaczenie wartości g .

Wartość przyspieszenia ziemskiego wyznaczamy po przekształceniu fragmentu wzoru (1):

$$g = \frac{4\pi^2}{a}, \quad (2)$$

a niepewność maksymalną tego pomiaru określamy ze wzoru:

$$\Delta g = g \frac{\Delta a}{a} = \frac{4\pi^2 \Delta a}{a^2} \quad (3)$$

Na uwagę zasługuje fakt, że jeżeli uczeń nie popełni błędu grubego, związanego z niepoprawnym określeniem liczby okresów podczas pomiaru czasu trwania dziesięciu pełnych drgań albo innego błędu grubego związanego z niepoprawnym pomiarem długości wahadła matematycznego, to otrzymany wynik powinien być zgodny z wynikiem tablicowym, co można potwierdzić, jeżeli spełniona będzie nierówność:

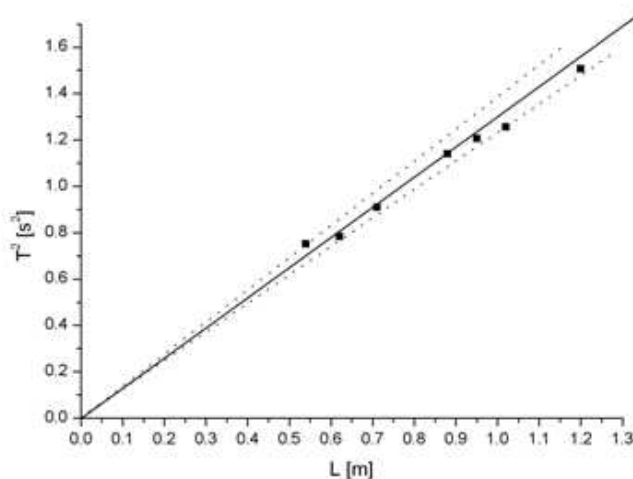
$$\left| g - 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right| \leq \Delta g \quad (4)$$

Przyspieszenie grawitacyjne jest najczęściej używaną stałą podczas rozwiązywania zadań z mechaniki. Samodzielne wyznaczenie jego wartości przez uczniów podczas tego prostego doświadczenia jest zatem ćwiczeniem bardzo pouczającym i dającym satysfakcję także początkującym eksperymentatorom.

Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego innymi sposobami opisano także w podręcznikach:

H. Szydłowski „Pracownia Fizyczna” PWN, 1989

M. Fiałkowska, K. Fiałkowski, B. Sagnowska „Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych”, (Zamkor 2005).



Przykładowy wykres

XIV. Fale i tornada

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest okres drgań?
- Co to jest częstotliwość drgań?
- Co to jest amplituda drgań?

Pytania wstępne (4 min)

- Co to jest fala?
- Na skutek czego powstają fale na wodzie (na jeziorze, w morzach, w oceanach)?
- Co to jest skala Beauforta i do czego służy?
- Co to jest tornado?
- Czy w Polsce występują tornada?
- Co to jest sejsmograf i do czego służy?
- W jakiej skali wyznacza się moc trzęsień Ziemi?
- Co to jest tsunami?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Fale na wodzie (3 min)

Doświadczenie 2: Grzbiety i doliny (5 min)

Doświadczenie 3: El Niño (5 min)

Doświadczenie 4: Tornado w butelce (4 min)

Doświadczenie 5: Sejsmograf (5 min)

Doświadczenie 6: Tsunami – (6 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (2 min)

Fala jest drganiem przemieszczającym się w pewnej przestrzeni, przenoszącym energię z jednego miejsca w drugie. Fale powstają na różne sposoby i w różnych warunkach. Fale mechaniczne wytwarzane są jako drgania cząsteczek ośrodka, dlatego do ich wytworzenia potrzebny jest nośnik (sznur, struna, powietrze itp.). Jednym z rodzajów fal mechanicznych są fale akustyczne, w których drgania przenoszą się jako zagęszczenia i rozrzedzenia ośrodka.

Innym rodzajem fal są fale widzialne (światło) będące częścią zespołu fal elektromagnetycznych, do których należą także fale radiowe, mikrofałe, promieniowanie podczerwone, ultrafioletowe, rentgenowskie i promieniowanie gamma. Fale te są generowane nie jako drgania cząsteczek ośrodka, ale jako drgania wektora pola elektrycznego i magnetycznego. Dlatego, aby się rozprzestrzeniać nie potrzebują ośrodka (np. światło podróżuje w przestrzeni kosmicznej, w której właściwie panuje próżnia).

Fale dzielimy na podłużne, w których drgania występują w tym samym kierunku, w którym porusza się fala (przykładem są fale akustyczne) oraz poprzeczne, w których drgania przebiegają w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali (np. fala tsunami, fala na sznurze, światło)

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Fale: Wybieram fizykę”, t.2, pod red. J. Salach (Zamkor 2007), rozdz. 8.6 i 8.7
2. Tornado i trąby powietrzne: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Tornado>

XIV. Fale i tornada

3. Skala Fujity: http://pl.wikipedia.org/wiki/Skala_Fujity
4. El Nino: http://pl.wikipedia.org/wiki/El_Nino
5. Sejsmograf : <http://pl.wikipedia.org/wiki/Sejsmograf>
6. Animacja Tsunami 2004r.na tle globu: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Tsunami>
7. Animacja powstawania Tsunami: <http://www.youtube.com/watch?v=L-hMedWQjUg>
8. Trójwymiarowa animacją powstawania Tsunami:
<http://www.youtube.com/watch?v=RAHgdCFJWA>
9. Cztery różne krótkie filmy na temat Tsunami z 2004r.:
<http://www.youtube.com/watch?v=nLaZjOJpdJA>
10. Skutki fali Tsunami z 26 grudnia 2004r. w Indonezji:
<http://www.youtube.com/watch?v=rF0dy5DjEmQ>
11. Tsunami: Foton 88, Wiosna 2005: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/88/pdf/tsunami.pdf>

Doświadczenie 1: Fale na wodzie



Przyrządy i materiały:

płaska, okrągła miska lub talerz, woda z kranu, łyżeczka

Eksperyment.

Wlej tyle wody do talerza, aby dno znalazło się na głębokości 2-3 cm poniżej tafli wody. Poczekaaj, aż powierzchnia wody całkowicie znieruchomieje. Trzymając łyżeczkę pionowo nad wodą, delikatnie dotknij nią środka tafli jeden raz i zaobserwuj ruch na powierzchni wody. Następnie dotknij rytmicznie kilka razy łyżeczką środka tafli wody i zaobserwuj ruch na powierzchni.

Obserwacja.

- Jaki kształt ma fala powstała na powierzchni wody?
- Określ kąt pomiędzy kierunkiem rozchodzenia się fali oraz kierunkiem wychylenia cząsteczek wody na powierzchni.
- W którą stronę przemieszcza się ona w czasie, gdy łyżeczka rytmicznie uderza w taflę wody i po tym, jak łyżeczka przestaje jej dotykać?
- Czy zaobserwowałeś falę powracającą?

Komentarz.

Fala powstała podczas tego doświadczenia rozchodzi się w kształcie okręgów, a po odbiciu od brzegów naczynia, powraca do środka. Jest to fala mechaniczna, powodująca ruch ośrodka (wody), w którym się porusza. Ponieważ kierunek rozchodzenia się fali na wodzie jest prostopadły do kierunku wychylenia cząsteczek wody, falę tę nazywamy poprzeczną.

Fale wszelkiego rodzaju przenoszą energię od jednego miejsca do drugiego.

Doświadczenie 2: Grzbiety i doliny



Przyrządy i materiały:

lina, gruby sznur lub wąż gumowy o długości kilku lub kilkunastu metrów, cyfrowy aparat fotograficzny (niekoniecznie), linijka lub przymiar metrowy.

Eksperyment.

- Przywiąż jeden koniec liny do ściany. Złap drugi koniec liny i rytmicznie (stałe mniej więcej w takim samym tempie) poruszaj nim w górę i w dół, w pewnym zakresie wysokości (ok. 30 cm).

Jeżeli dostępny jest aparat fotograficzny:

Zrób zdjęcie poruszającej się fali (w trybie sportowym lub trybie ruchu). Na zdjęciu tym powinien się znaleźć także jakiś element o znanych wymiarach, położony w tej samej odległości od fotografa co sznur (wzorzec) – w celu wyskalowania wymiarów na zdjęciu. Zmierz odległość pomiędzy dwoma kolejnymi grzbietami fali na sznurze na zdjęciu, a następnie korzystając z wzorca, oblicz rzeczywistą odległość pomiędzy tymi grzbietami.

XIV. Fale i tornada

Jeżeli aparat fotograficzny nie jest dostępny:

Przy pomocy przymiaru metrowego spróbuj zmierzyć odległość pomiędzy dwoma kolejnymi grzbietami fali.

- Zmień częstotliwość poruszania liną i powtórz pomiary, starając się zachować ten sam zakres wysokości, pomiędzy którymi porusza się dłoń przytrzymująca swobodny koniec liny.

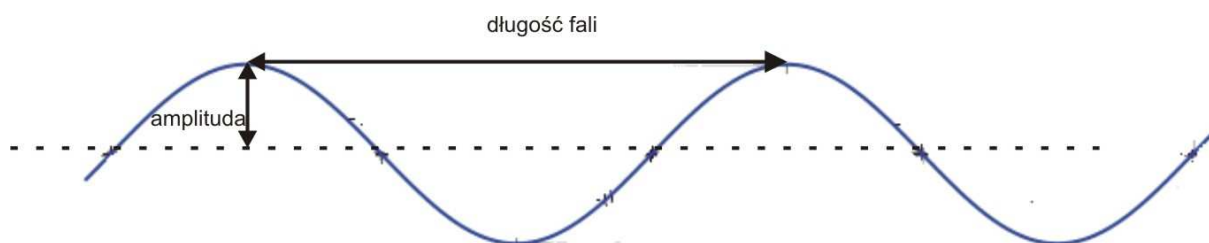
Obserwacja.

- W którym kierunku rozchodzi się fala?
- W którym kierunku drgają cząsteczki sznura?
- Czy po zmianie częstotliwości poruszania liną odległość pomiędzy grzbietami fal zmieniła się?

Komentarz.

Fala poruszająca się po sznurze to fala mechaniczna (ośrodkiem przenoszącym drgania jest sznur). Jest to fala poprzeczna, ponieważ wychylenia cząsteczek ośrodka są prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali.

Miejsce największego wychylenia fali to jej grzbiet, a miejsce najniższego położenia sznura to dolina fali. Połowa odległości w pionie pomiędzy grzbietem a doliną fali zwana jest jej amplitudą. Grzbiety i doliny fali występują po sobie w regularnych odstępach. Odległość pomiędzy dwoma kolejnymi grzbietami mierzona wzdłuż kierunku rozchodzenia się fali nazywana jest długością fali.



Doświadczenie 3: El Niño



Przyrządy i materiały:

lejek, zimna woda z kranu, czajnik elektryczny, atrament lub barwnik spożywczy, przezroczysty, duży, głęboki pojemnik (akwarium lub szklane naczynie żaroodporne), suszarka do włosów, litrowy słoik lub dzbanek

Przygotowanie.

Zagotuj wodę w czajniku.

Eksperyment.

- Napełnij przezroczyste naczynie w 1/4 gorącą wodą. Zafarbij wodę atramentem lub barwnikiem.
- Włóż lejek pionowo do wody tak, aby jego wąski koniec dotykał dna. Napełnij dzbanek lub słoik zimną wodą, a następnie powoli przelej tę wodę przez lejek do naczynia. Na dnie naczynia powinna się utworzyć warstwa zimnej wody, niemieszająca się z wodą farbowaną.
- Ustaw wylot suszarki ponad powierzchnią wody i podłącz suszarkę do kontaktu. **Ostrożnie! Przez cały czas trzymaj suszarkę z daleka od wody tak, żeby jej nie dotykała po żadnym pozorem!**
- Włącz suszarkę, kierując strumień powietrza płasko na powierzchnię wody.
- Po minucie wyłącz suszarkę.

Obserwacja.

- Czy zimna woda z dna pojemnika wypłynęła na powierzchnię?
- Co się stało z warstwą ciepłej wody po włączeniu suszarki? Jaki przyjęła kształt?
- Co się stało z warstwą ciepłej wody po wyłączeniu suszarki?

XIV. Fale i tornada

Komentarz.

Co kilka lat, w okolicach Bożego Narodzenia można zaobserwować na Oceanie Spokojnym cykliczne zjawisko zwane „El Niño” (czytaj *El Ninjo*), prowadzące do masowego wymarcia ryb u wybrzeży Ameryki Południowej. Przyczyną El Niño są zmiany cyrkulacji prądów powietrza.

W normalnych warunkach wiatry pasatowe przemieszczają ciepłą wodę na zachód ku Indonezji i Australii, gdzie tworzy się jej gruba warstwa, podczas gdy na zachodnim wybrzeżu Ameryki Południowej powstaje warstwa zimnej wody. Jednocześnie ciepła woda docierająca do wybrzeży ogrzewa i nawilża powietrze, dzięki czemu tworzą się chmury, z których pada letni deszcz.

Co kilka lat jednak wiatry pasatowe zmieniają kierunek lub zanikają, w wyniku czego spiętrzone na zachodzie ciepłe masy wody przemieszczają się z powrotem na wschód ku wybrzeżom Ekwadoru i Peru. Tworzy się tam gruba warstwa ciepłej, ale ubogiej w produkty odżywcze wody powierzchniowej. Zostaje zablokowana cyrkulacja wody z głębin, w wyższych warstwach zanika tlen i wymierają ryby. W Andach nasilają się opady deszczu, powodując katastrofalne w skutkach powodzie. El Niño ma swoje konsekwencje także w Indonezji i Australii, dokąd w okresie jego występowania nie dociera wystarczająca ilość rozgrzanego, wilgotnego powietrza, przez co nie mogą się tworzyć chmury przynoszące deszcz i następuje w tych rejonach okres suszy.

El Niño, choć obserwowany głównie na Pacyfiku, ma wpływ na całą Ziemię, ponieważ masy ciepłej i zimnej wody krążą po całym wszechoceanie. Jeśli ich kierunek zmieni się w jednym miejscu, zmienia się on wszędzie. To samo dotyczy wiatrów. W Polsce skutkiem pojawienia się El Niño są pojawiające się pół roku później (latem) szczególnie wysokie opady, natomiast np. w krajach śródziemnomorskich - występowanie bardzo wysokich temperatur.

Doświadczenie 4: Tornado w butelce



Przyrządy i materiały:

2 plastikowe butelki o pojemności 2 litry każda z zakrętkami, taśma silnie klejąca (np. taśma izolacyjna), woda z kranu, papierowy ręcznik lub szmata do podłogi, nożyk, szybko schnący klej do plastiku

Przygotowanie.

W denku każdej zakrętki wytnij okrągły otwór. Otwory powinny być mniej więcej takie same, o średnicy 1,5 – 2 cm. Sklej obie zakrętki zewnętrznymi stronami denek tak, aby powstał otwór na wylot.

Wypełnij do połowy wodą jedną butelkę. Zakręć ją przygotowaną wcześniej podwójną zakrętką. Do górnej zakrętki wkręć drugą, pustą butelkę („do góry nogami”).

Eksperyment.

Jedną ręką przytrzymaj miejsce połączenia butelek, a drugą trzymaj butelkę z wodą.

Delikatnie zakręć butelkami tak, aby woda w dolnej butelce wirowała i nie rozchlapała się o ścianki.

Obróć obie butelki „do góry nogami” - w tę samą stronę, w którą były kręcone. Niech pusta butelka znajdzie się na dole, a butelka z wodą - u góry. Jeśli w butelce nie powstało tornado, to ponownie zamień butelki miejscami, gdy tylko przeleje się z góry na dół połowa wody. Możesz odwracać butelki, zamieniając je miejscami wiele razy, kiedy tylko woda z górnej butelki przeleje się do dolnej.

Uwaga: Jeżeli butelki nie są dobrze skręcone, a nakrętki prawidłowo sklejone - podczas eksperymentu może się z nich wylapywać woda.

Obserwacja.

- Czy w butelce powstało „tornado”?
- Jaki kształt ma tornado? Czy potrafisz je narysować?
- Gdzie zaczynało się tworzyć tornado: przy szyjce butelki, czy w pobliżu tafla wody?
- W którą stronę wirowało tornado – w tę samą, w którą były kręcone butelki, czy w przeciwną?

Komentarz.

Tornado jest bardzo szybko wirującą kolumną powietrza, która łączy kłębiastą, deszczową chmurę z powierzchnią Ziemi. Dolna część kolumny otoczona jest chmurą odłamków i pyłu. Można je obserwować na każdym kontynencie, oprócz Antarktydy. Najwięcej tornad występuje w Stanach Zjednoczonych.

XIV. Fale i tornada

Szybkość wirującego wiatru w tornadach może być różna, ale zawsze osiąga ona bardzo duże wartości – od 115 km/h do 550 km/h. Im większa szybkość wiatru, tym tornado może dokonać więcej zniszczeń. Ich siłę mierzy się w skali Fujity. Najsilniejsze tornado mogą zrywać dachy, niszczyć całe budynki, porwać w górę ciężkie pojazdy (np. ciężarówki) i przenosić je nawet o kilkaset metrów.

Tornado występujące w Polsce nazywane są zwyczajowo trąbami powietrznymi. Występują one w naszym kraju kilka razy w roku.

Doświadczenie 5: Sejsmograf



Przyrządy i materiały:

Tekturowe pudełko po butach z przykrywką, nożyczki, kamień, taśma klejąca, cienki pisak lub zaostriżony ołówek z gumką, plastelina, małe obciążniki (stalowe kilki, gwoździe itp.), 2 spinacze, nitka bawełniana, 2-3 kartki czystego papieru, klej.

Przygotowanie.

- W pokrywce pudełka po butach wytnij niewielki otwór. Ustaw pudełko na krótszym boku, nałóż na jego przeciwległy bok pokrywkę (tak, aby wystawała, jak czapka z daszkiem).
- Przymocuj pokrywkę taśmą klejącą do pudełka.
- W celu jego stabilizacji do wnętrza pudełka włóż kamień.
- Za pomocą taśmy klejącej i plasteliny przymocuj obciążniki w pobliżu piszącej części pisaka, obciążając go równomiernie.
- Połącz dwa spinacze niewielkim kawałkiem nitki. Jeden spinacz przewlecz przez otwór w pokrywce pudełka po butach, drugi przymocuj do cienkiego pisaka lub ołówka.
- Ustaw całą konstrukcję tak, aby czubek ołówka lub pisaka dotykał stołu.
- Przetnij wszystkie kartki wzdłuż na trzy części. Sklej je razem, aby utworzyły długi pasek papieru.

Eksperyment.

- Podłóż jeden koniec paska papieru pod pisak. Przesuwaj pasek bardzo powoli pod pisakiem. Niech jednocześnie inna osoba potrząsa stolikiem, na którym stoi sejsmograf.

Obserwacja.

- Od czego zależą wychylenia (amplitudy) wykresu, rysowanego przez sejsmograf?

Komentarz.

Sejsmograf to urządzenie pokazujące fale rozchodzące się od hipocentrum trzęsienia znajdującego się w głębi Ziemi. Na podstawie jego zapisów (sejsmogramu) można wywnioskować, jakie zniszczenia spowoduje trzęsienie.

Doświadczenie 6: Tsunami



Projekcja filmów i animacji z Internetu.

Materiał można wcześniej skopiować na dysk lokalny.

- **Animacja powstawania Tsunami:** <http://www.youtube.com/watch?v=L-hMedWQjUg> (czas projekcji 21 s)

Tłumaczenie.

0:00 Tsunami rozpoczyna się podczas podwodnego zakłócenia, np. trzęsienia Ziemi, na skutek którego wytwarzane są drgania o dużej energii.

XIV. Fale i tornada

0:08 Drgania te powodują powstanie fali przemieszczającej się z prędkością około 600 mil na godzinę (czyli ok. 965 km/h).

0:10 W głębokiej wodzie fala jest ledwie dostrzegalna, ale kiedy dociera do płytszego miejsca, jej wysokość wzrasta i może osiągnąć wysokość nawet ponad 100 stóp (ponad 30 m).

0:16 Kiedy fala załamuje się na brzegu, uderza weń z niszczycielską siłą.

- **Trójwymiarowa animacją powstawania Tsunami:**
http://www.youtube.com/watch?v=_RAHgdcFJWA (czas projekcji 25 s)
- **Cztery różne krótkie filmy na temat Tsunami z 2004r.:**
<http://www.youtube.com/watch?v=nLaZjOjpdJA> (czas projekcji 1 min 38 s)
- **Skutki fali Tsunami z 26 grudnia 2004r. w Indonezji:**
<http://www.youtube.com/watch?v=rF0dy5DjEmQ> (czas projekcji 53 s)

Komentarz.

Tsunami powstaje na skutek podwodnego trzęsienia Ziemi, najczęściej spowodowanego ruchami tektonicznymi na dnie oceanu lub wybuchem podwodnego wulkanu. W głębokim oceanie fala tsunami jest ledwie zauważalna: może mieć wysokość około metra i rozciągać się na przestrzeni kilku kilometrów, podróżując z szybkością zbliżoną do szybkości dużych samolotów typu Boeing albo Jumbo Jet. Tuż przed dotarciem tsunami do brzegu, w pobliżu linii brzegowej gwałtownie obniża się poziom wody. Jest to niechybny sygnał do ucieczki w głąb lądu i ukrycia się w miejscu położonym jak najwyżej ponad poziomem wybrzeża. Gdy fala tsunami dociera do brzegu, zwalnia i spiętrza się, osiągając wysokość nawet 30 m (trzy piętrowy budynek ma wysokość ok. 15 m). Ogromna masa wody uderza w obiekty położone na jej drodze, burząc je i unosząc w głąb lądu. Tsunami składa się najczęściej z kilku fal, które mogą docierać do lądu jedna po drugiej nawet w godzinnych odstępach czasu.

XV. Co w trawie piszczy?

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest ciśnienie?
- Co to jest fala?
- Co to jest częstotliwość, długość i okres fali?

Pytania wstępne (4 min)

- Jaką falą: elektromagnetyczną, czy mechaniczną jest fala akustyczna?
 - Jaką falą: poprzeczną, czy podłużną jest fala akustyczna?
 - Czy dźwięk może rozchodzić się np. na Księżycu?
 - Czy natężenie fali zmienia się wraz z odległością od jej źródła?
 - Jaka jest wartość prędkości dźwięku w powietrzu?
 - Czy dźwięk szybciej podróżuje w powietrzu, czy w wodzie?
 - Dlaczego Indianie spodziewający się najazdu nieprzyjaciół przykładali ucho do ziemi?
 - Czy dźwięki wysokie mają wyższą, czy niższą częstotliwość niż dźwięki niskie?
- Inaczej: jakie jest powiązanie pomiędzy wysokością dźwięku a jego częstotliwością?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Fale akustyczne (3 min)

Doświadczenie 2: Łyżka jak dzwon (4 min)

Doświadczenie 3: Telefon z puszek (6 min)

Doświadczenie 4: Echo (2 min)

Doświadczenie 5: Wysokość dźwięku (4 min)

Doświadczenie 6: Śpiewające wydmy (10 min)

Doświadczenie 7: Efekt Dopplera (4 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (2 min)

Zdrowy człowiek może słyszeć dźwięki z zakresu częstotliwości 16 Hz- 20 000 Hz. Poniżej tego zakresu znajdują się infradźwięki, słyszane i wytwarzane np. przez słonie i wieloryby i wykorzystywane do komunikacji na dużych odległościach. Naturalnymi źródłami infradźwięków są także fale morskie, lawiny, silny wiatr (w tym tornada), pioruny, trzęsienia Ziemi, wulkany i zorze polarne.

Tuż powyżej zakresu częstotliwości fal akustycznych słyszalnych dla człowieka znajdują się ultradźwięki. Takie fale akustyczne mogą wytwarzać i słyszeć niektóre zwierzęta, np. psy, delfiny, nietoperze, szczury, wieloryby i chomiki. Część z nich wykorzystuje ultradźwięki do echolokacji, czyli orientacji w przestrzeni. Człowiek, chociaż nie słyszy ultradźwięków, stosuje je w rozwiązaniach technicznych, ze względu na małą długość tych fal akustycznych, dzięki której można uzyskać dokładne (pełne szczegółów) obrazy (topografie) przedmiotów i terenu. Ultradźwięki znalazły zastosowanie m.in. w sonarach – wykorzystywanych w podwodnych okrętach do orientacji w głębinach morskich. Natomiast w medycynie ultradźwięków używa się w ultrasonografach (USG) do badania szczegółów obrazów narządów wewnętrznych.

Nie wszystkie dźwięki słyszymy tak samo głośno. O głośności decyduje tzw. poziom natężenia fali akustycznej, wyznaczany w decybelach (dB). Próg słyszalności dźwięku to taki jego poziom, przy którym ledwie go słyszymy. Ucho ludzkie nie jest jednakowo czułe na wszystkie dźwięki. Fale akustyczne o niskich częstotliwościach słyszane są dopiero wówczas, gdy osiągną poziom 70-80 dB, fale o częstotliwościach około 1000 Hz słyszane są już przy poziomie 0 dB, a fale o wysokich częstotliwościach (ponad 10 000 Hz) są słyszane, gdy osiągną poziom natężenia ok. 10-25 dB. Za hałas uważa się poziom natężenia odpowiadający ok. 85 dB (choć należy podkreślić, że jest to wrażenie subiektywne). Dla większości dźwięków maksymalny dopuszczalny poziom natężenia fali wynosi dla wszystkich częstotliwości 110-120 dB. Przy słuchaniu dźwięków powyżej tego poziomu

XV. Co w trawie piszczy?

następują nieodwracalne mechaniczne zmiany wewnątrz ucha, prowadzące do częściowej lub całkowitej głuchoty.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Fale akustyczne: „Wybieram fizykę”, t.2, pod red. J. Salach, rozdz. 8.12 (Zamkor 2007).
2. Czułość ucha a częstotliwość fal akustycznych: „Wybieram fizykę”, t.2, pod red. J. Salach, rozdz. 8.13 (Zamkor 2007).
3. Echo i pogłos: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Echo>
4. Śpiewające wydmy (nagrania z 2001r.):
http://www.lps.ens.fr/~douady/SongofDunes/ArticleJduC/CD_CNRS/CD_Piste1.html
5. Artykuł dotyczący śpiewających wydm: „Duchy pustyni”, Foton 102, Jesień 2008:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/102/pdf/09%20duchy%20pustyni.pdf>
6. Kilka demonstracji efektu Dopplera dla fali akustycznej: <http://www.wonderhowto.com/how-to/video/how-to-do-a-demonstration-of-the-doppler-effect-176576/>
7. Zjawisko Dopplera: „Wybieram fizykę”, t.2, pod red. J. Salach, rozdz. 8.14 (Zamkor 2007)
8. Foton 95, Zima 2006: „Tłumienie dźwięku przez liście”:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/95/pdf/06%20praca%20uczniowska.pdf>



Doświadczenie 1: Fale akustyczne

Przyrządy i materiały:

balonik, gumka recepturka, słoik 1 l lub szklanka, kilkanaście ziaren kaszy, niewielki garnek (lub metalowa pokrywa, albo metalowa miska) - naczynie musi mieć cienkie ścianki i uchwyt, łyżka, nożyczki

Przygotowanie.

Postaw słoik lub szklankę na stole. Z balonika wytnij jak największy płat gumy, rozciągnij go w rękach, nałóż na otwór słoika lub szklanki i przymocuj gumką recepturką. Na tak powstałej membranie rozsyp ziarna kaszy.

Eksperyment.

Trzymając za uchwyt garnka, obróć go dnem na bok, zwróć otwór garnka w stronę słoika i zbliż go na odległość kilku-kilkunastu centymetrów do membrany słoika. Kilkakrotnie uderz łyżką w zewnętrzną powierzchnię dna garnka.

Obserwacja.

- Co się dzieje z ziarnami kaszy, gdy uderzasz w dno garnka?
- Czy rytm podskakiwania ziaren zależy od rytmu uderzania w dno garnka?
- Czy wysokość, na jaką podskakują ziarenka zależy od siły, z jaką uderzasz łyżką w dno garnka?

Komentarz.

Fale akustyczne to fale mechaniczne przemieszczające się w ośrodku (np. w powietrzu). Jak wszystkie fale – niosą one energię. Energia ta jest przekazywana elastycznej membranie, pobudzając ją do drgań. Ruchy membrany powodują podskakiwanie ziaren kaszy.

XV. Co w trawie piszczy?

Doświadczenie 2: Łyżka jak dzwon



Przyrządy i materiały:

duża łyżka, stół, nitka do szycia, nożyczki szkolne.

Przygotowanie.

Utnij dwa kawałki nitki o długości równej długości twojej ręki – od łokcia do nadgarstka. Przywiąż oba kawałki nitki do łyżki w miejscu jej zwężenia.

Eksperyment.

- Wyciągnij ręce przed siebie. Trzymając za końce nitek i nie dotykając rękami łyżki, uderz łyżką w brzeg stołu. Przytknij końce nitek do obu uszu, jak najbliższej otworów usznych. W tej pozycji huśtając widelcem, uderz jeszcze raz w brzeg stołu. Staraj się, aby siła uderzenia była podobna jak poprzednio.
- Stuknij w stół. Przyłóż prawe ucho do blatu stołu. Wyprostuj lewą rękę i stuknij nią w stół tak samo mocno jak poprzednio.

Obserwacja.

- Czy uderzając łyżką w stół można było odczuć drgania nitki?
- W którym przypadku dźwięk łyżki wydawał się głośniejszy?
- W którym przypadku w odgłosie łyżki słyszał było więcej dźwięków?
- Czy te dodatkowe dźwięki były niskie („ponure”), czy wysokie („wesole”)?
- W którym przypadku dźwięk stołu wydawał się głośniejszy: gdy Twoje ucho było przyłożone do stołu, czy też nie?

Komentarz.

Dźwięki są falami mechanicznymi, podłużnymi. Rozchodzą się jako zagęszczenia i rozrzedzenia ośrodka, w którym się poruszają. Dźwięki dochodzą do naszych uszu najczęściej poprzez drgania powietrza. Jednak fale dźwiękowe mogą także podróżować w cieczach (na przykład w wodzie, soku, oleju) i w ciałach stałych (na przykład w nici, drewnie, kamieniu, metalu).

Niektóre ciała stałe przewodzą dźwięki znacznie lepiej niż powietrze. Kiedy przykładasz ucho do stołu dźwięk uderzenia w stół dociera do twoich uszu poprzez drewno, dlatego wydaje się o wiele głośniejszy.

Pewne dźwięki zostają całkowicie **wytlumione** w powietrzu, ale słysząc je dobrze w drganiach niektórych ciał stałych. Kiedy przykładasz nitki do uszu, odgłos uderzanej łyżki dochodzi do ciebie, bo fala dźwiękowa podróżuje po nici. Przez drgania nici słyszysz więcej dźwięków niż wtedy, gdy dźwięk dociera do ciebie tylko przez powietrze.

Na wielu filmach przygodowych pojawia się motyw nasłuchiwania pociągu poprzez przyłożenie ucha do torów kolejowych albo nasłuchiwania tętentu kopyt z uchem przy ziemi. Drgania te przenoszą się na znacznie dalsze odległości w ciałach stałych (stal, ziemia) niż w powietrzu.

Doświadczenie 3: Telefon z puszek



Przyrządy i materiały:

dwie puste puszkę metalowe (przynajmniej tak wysokie jak szklanka) z odciętymi górnymi pokrywkami, młotek, gwóźdź, sznurek o długości 10-15 m, dwa pomieszczenia z drzwiami pomiędzy nimi (najlepsze są takie z drzwiami wahadłowymi).

Uwaga: Puszki muszą mieć tak zabezpieczony brzeg, aby nie powstało niebezpieczeństwo przecięcia się ostrym brzegiem metalu!

Przygotowanie.

W dnie każdej puszkę zrób mały otwór, wbijając w nie gwóźdź. Usuń gwóźdź. Przewlec jeden koniec sznurka przez otwór w jednej puszcze, a drugi koniec sznurka przez otwór w drugiej puszcze. Na

XV. Co w trawie piszczy?

końcach sznurków znajdujących się wewnątrz puszek zawiąż węzélki tak, aby sznurek nie wyslizgiwał się z otworów.

Ekspéryment.

- Niech dwie osoby wezmą po jednej z połączonych puszek i ustawią się w dwóch różnych pomieszczeniach rozdzielonych drzwiami. Osoby powinny się tak oddalić od siebie, aby sznurek został napięty. Należy przymknąć drzwi pomiędzy pomieszczeniami (a jeśli to są drzwi wahadłowe, można je zamknąć całkowicie). Najpierw wykonajcie próbę przyciszonego głosu: należy mówić na tyle cicho, aby partner nie słyszał słów, jeżeli nie przyłoży ucha do puszeki.
- Na umówiony sygnał jedna osoba mówi do swojej puszeki, a druga odsłuchuje informację przykładając ucho do swojej puszeki. W umówiony sposób można zamienić się rolami.

Obserwacja.

- Czy udaje się przekazać informację dzięki telefonowi z puszek?

Komentarz.

Ponieważ ciała stałe przewodzą dźwięk znacznie lepiej niż powietrze, przy odpowiednio dobranym natężeniu głosu, nie słyszysz, co mówi twój partner dopóki nie przyłożysz ucha do puszeki.

Doświadczenie 4: Echo



Przyrządy i materiały:

zupełnie puste pomieszczenie o jak największej powierzchni.

Uwaga: Jeżeli nie można znaleźć odpowiedniego pomieszczenia, wystarczy odwołać się do życiowych doświadczeń uczniów lub skorzystać z pliku audio zamieszczonego w Internecie (adres podany poniżej).

Ekspéryment.

- W pustym pomieszczeniu wypowiedz głośno kilka słów.
- Odsłuchaj plik audio zamieszczony w Internecie:



Niezbędne bezpośrednio połączenie z Internetem.

Plik audio zamieszczony na stronie Internetowej: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Echo>

Obserwacja.

- Słyszysz echo, czy pogłos?

Komentarz.

Echo powstaje w wyniku odbicia fal dźwiękowych od twardej powierzchni (np. od przeszkód: murów, ścian lasów, wzgórz, ścian tuneli, pionowych skał, itp.). Odbity dźwięk powraca do naszego ucha i oprócz głosu wypowiedzanego słyszymy głos powracający (echo).

Rozdzielczość ludzkiego słuchu pozwala na odróżnienie dwóch dźwięków docierających do ucha w odstępie czasu 0,05 s. Za echo uznaje się dźwięk, który dotrze do obserwatora z opóźnieniem większym niż 0,1 s po dźwięku docierającym wprost ze źródła. W temperaturze pokojowej odpowiada to odległości człowieka od powierzchni odbijającej równej przynajmniej 16,7 m (w pustej hali usłyszysz echo).

Jeżeli czas między docierającymi dźwiękami jest mniejszy niż 0,1 s, wówczas zjawisko to nazywamy **pogłosem** (w pustym pokoju najczęściej słyszysz tylko pogłos).

XV. Co w trawie piszczy?

Doświadczenie 5: Wysokość dźwięku



Przyrządy i materiały:

trzy jednakowe, sprężyste linijki o długości 30-50 cm, taśma klejąca, stół

Eksperyment.

- Przymocuj wszystkie linijki na stole tak, aby poza blat wystawały fragmenty linijek o trzech różnych długościach.
- Napinając wystające fragmenty linijek, kolejno wprowadzaj je w drgania (dociskając jednocześnie drugą ręką linijkę do blatu). Za każdym razem staraj się użyć sił o takiej samej wartości.

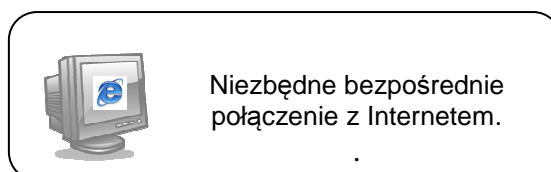
Obserwacja.

- Która linijka wydaje wyższy dźwięk?
- Czy wysokość dźwięku w zauważalnym stopniu zależy od wartości siły przyłożonej do linijki?
- Czy natężenie dźwięku zależy od wartości siły przyłożonej do linijki?

Komentarz.

Dźwięki powstają na skutek drgań ciał giętkich, powodujących drgania powietrza. Im mniejsza wystająca część linijki, tym więcej drgań na sekundę, czyli tym większa częstotliwość dźwięku. Im dłuższa drgająca część linijki, tym dźwięk jest niższy.

Doświadczenie 6: Śpiewające wydmy



Wybór kilku rejestracji „Śpiewających wydym” dokonanych w Maroku (2001r.):
http://www.lps.ens.fr/~douady/SongofDunes/ArticleJduC/CD_CNRS/CD_Piste1.html

Wydmy można rozśpiewać także samodzielnie poruszając piasek rękoma:
<http://www.lps.ens.fr/~douady/SongofDunes/MovieLeSon.html>

Obserwacja.

- Jak można określić dźwięk wydym – jako niski czy wysoki?
- Czy dźwięk pochodzący z wydym jest przenikliwy?

Komentarz.

Przeczytaj artykuł dotyczący dźwięków wydobywających się z wydym (Foton 102, Jesień 2008):
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/102/pdf/09%20duchy%20pustyni.pdf>

Doświadczenie 7: Efekt Dopplera



Niezbędne bezpośrednie połączenie z Internetem.

W miarę możliwości można zamiast projekcji filmu odtworzyć przebieg demonstrowanych w nim doświadczeń podczas zajęć.

Kilka demonstracji efektu Dopplera:

<http://www.wonderhowto.com/how-to/video/how-to-do-a-demonstration-of-the-doppler-effect-176576/>

(czas projekcji 2 min 44 s)

Tłumaczenie.

0:05 (Kamerton) wydaje tylko jeden dźwięk.

0:08 Jeśli jednak wezmę go i zacznę poruszać...

0:12 NAPIS: Dźwięk staje się wyższy w miarę przybliżania obiektu i niższy w miarę jego oddalania.

0:14 ... po okręgu, możecie usłyszeć dźwięki o przesuniętych częstotliwościach.

0:25 Lub jeśli będę go po prostu przesuwał względem was, dźwięk zacznie (wibrować).

0:39 OK. ... Pierwsza popularna własność jest taka: oczywiście Doppler daje przesunięcie. Przesunięcie częstotliwości dźwięku, jakie powstaje, kiedy przedmioty (wydające dźwięk) poruszają się w Twoją stronę lub w przeciwną.

0:53 Więc zamiast włożyć ... do wnętrza tak jak to widzicie powinno się zrobić, włożyłem tam mały głośnik.

1:01 Malutki głośnik od radia i baterię.

1:10 Czekaj... Bateria... OK.

1:15 To już mamy.

1:17 OK., więc zamknąłem.

1:20 Ten głośnik wytwarza tylko jeden dźwięk (o jednej częstotliwości).

1:25 To wszystko. Naprawdę denerwujący, no nie?

1:31 ...

1:40 Może on wytwarzać jeden dźwięk. Jedyne dźwięk, jaki może wytwarzać. Wiem, że jest denerwujący.

1:44 To, co zobaczycie,... Brian chodź tutaj,... tak daleko, jak tylko możemy się przesunąć...

1:52 Zobaczycie, jak w miarę przesuwania się zabawki tam i z powrotem pomiędzy mną a Brian'em, ...wpróbujemy to...

1:58 Gotowy? Wiesz, jak to działa?

2:08 Dlaczego tam jesteś? Dlaczego nie ... OK.

2:15 Teraz posłuchajcie tego dźwięku.

2:29 Czy słyszeliście przesunięcie (częstotliwości) dźwięku?

2:31 Taak

2:32 Dobrze. Kiedy zabawka przemieszcza się w waszą stronę, dźwięk staje się wyższy. A gdy się od was oddala – dźwięk jest niższy.

2:37 Chociaż (głośnik) wytwarza tylko jeden dźwięk - o jednej częstotliwości.

2:45 Cięcie.

Komentarz.

Gdy źródło przemieszcza się względem słuchacza, zmienia się częstotliwość wysłanego przez źródło dźwięku i to tym bardziej, im większa prędkość źródła. Podobnie dzieje się, gdy źródło jest nieruchome, a obserwator się przesuwa. Podczas przybliżania źródła i obserwatora, częstotliwość odbieranego dźwięku zawsze rośnie, a podczas ich oddalania – częstotliwość odbieranego dźwięku zawsze maleje. Efekt ten nazywamy **efektem Dopplera**. Efekt ten występuje także dla fal elektromagnetycznych.

XVI. Instrumenty muzyczne

Co już wiemy (2 min)

- Co kryje się pod terminem „bezwładność ciała”?
- Co to jest fala mechaniczna?
- Co to jest częstotliwość fali akustycznej?
- Co to jest amplituda fali akustycznej?

Pytania wstępne (4 min)

- Wzmacnianie fali akustycznej oznacza zwiększanie jednego z jej parametrów. Którego?
- Czy swobodna struna może wytwarzać dźwięk? Co trzeba z nią zrobić, aby mogła wytwarzać dźwięk?
- Wymień kilka instrumentów strunowych.
- Od czego zależy wysokość wytwarzanego dźwięku w instrumencie strunowym?
- Jakie instrumenty zbudowane są z rur dwustronnie otwartych? Od czego zależy wysokość wytwarzanego dźwięku w takich instrumentach?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Koncert na osiem szklanek (4 min)

Doświadczenie 2: Rujnujący dźwięk (2 min)

Doświadczenie 3: Struny (6 min)

Doświadczenie 4: Instrumenty dęte (6 min)

Doświadczenie 5: Helowy Kaczor Donald (2 min)

Doświadczenie 6: Drgające membrany (8 min)

Doświadczenie 7: Modelowy koncert (4 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (2 min)

Człowiek wyposażony jest w aparat głosowy służący do komunikacji. Głos powstaje jako wibracje wytwarzane przez struny głosowe człowieka (dźwięki o określonej częstotliwości). Fałdy głosowe w połączeniu z m.in. zębami, językiem i ustami mogą wytworzyć szerokie spektrum dźwięków, umożliwiając całkowitą zmianę znaczenia wypowiedzi poprzez manipulację tonu lub akcentowanie pojedynczych części. Pojmowany jako instrument muzyczny, ludzki aparat głosowy jest uważany za najdoskonalszy instrument dęty.

Ludzki gwizd polega na wydawaniu dźwięku poprzez stałe wydmuchiwanie lub wdmuchiwanie powietrza przez usta. Powietrze jest hamowane przez język, wargi, zęby lub palce w celu wytworzenia drgań, a jama ustna pełni rolę pudła rezonansowego zwiększając natężenie wyjściowego dźwięku. Gwizd może być wytworzony również przy pomocy rąk, instrumentu (na przykład gwizdka), a nawet przy pomocy źdźbła trawy.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

XVI. Instrumenty muzyczne

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Foton 85, Lato 2004: „Szampańska muzyka”: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/85/pdf/kieliszki.pdf>
2. Źródła dźwięków w muzyce: D. Halliday, R. Resnick, J. Walker “Podstawy fizyki” t.2, rozdz. 18.6 (PWN 2005).
3. Animacja fali stojącej: http://pl.wikipedia.org/wiki/Fala_stoj%C4%85ca
4. Symulacja powstawania fali stojącej: http://www.zamkor.pl/programy%20fizyka%20liceum/ph14pl/fala_stojaca.htm
5. Foton 99, Zima 2007: „I gra gitara, czyli o fizyce gitary”: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/99/pdf/10%20krupinski%20gitara.pdf>
6. Instrumenty dęte: http://pl.wikipedia.org/wiki/Instrumenty_d%C4%99te
7. Rodzina saksofonów: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Saksofon>
8. Rodzina instrumentów smyczkowych: http://pl.wikipedia.org/wiki/Instrumenty_smyczkowe
9. Foton 48, styczeń/luty 1997: „Fizyczne podstawy fizyki. Piękno ukryte w liczbach” (Piotr Zieliński), „Fraktalne własności fizyki” (Marek Wolf), „Kompozytor o twórczości komputerowej” (Krzysztof Meyer), i „Fizyka głosu” (Barbara Blicharska).
10. Krótki film dotyczący wytwarzania głosu podczas oddychania helem: <http://www.youtube.com/watch?v=FVEKuuMf0lk>
11. Figury Chłodniego: http://pl.wikipedia.org/wiki/Figury_Chłodniego
12. Figury Chłodniego – opis doświadczenia: http://www.ftj.agh.edu.pl/zdf/figury_chłodniego.html
13. Figury Chłodniego: <http://www.youtube.com/watch?v=wMlvAsZvBiw> (wersja długa) lub <http://www.youtube.com/watch?v=MPcJbb5Qfj0> (wersja krótsza).
14. Powierzchniowe i przestrzenne źródła dźwięku (w tym – figury Chłodniego): Sz. Szczeniowski „Fizyka doświadczalna”, t.1(PWN Warszawa 1972), rozdz. 112.
15. Fantastyczna animacja instrumentów muzycznych:
16. [http://video.google.pl/googleplayer.swf?docid=2942922314315974986&hl=pl&fs=true"](http://video.google.pl/googleplayer.swf?docid=2942922314315974986&hl=pl&fs=true)



Doświadczenie 1: Koncert na osiem szklanek

Przyrządy i materiały:

osiem jednakowych szklanek lub kieliszków z cienkiego szkła (do wina, szampana itp.), woda z kranu, plastikowa lub drewniana (najlepiej lakierowana) pałeczka.

Uwaga: Ważne jest, aby górne brzegi naczyń były jak najcieńsze. Nie wybieraj do tego eksperymentu szklanek z pogrubionym brzegiem!

Przygotowanie.

Napełnij każdą ze szklanek inną ilością wody (w 1/8 części, w 1/4 części, w 3/8 części i tak dalej). Szklanki ustaw jedną obok drugiej na stole.

Eksperyment.

Uderzaj pałeczką kolejno w górny brzeg każdej szklanki. Staraj się tak uderzać, aby wydobywający się dźwięk był jak najczystszy (czyli jak najbardziej „dźwięczny”).

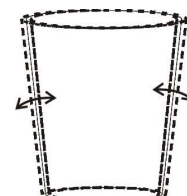
Uwaga: W innej wersji tego doświadczenia nie uderza się naczyń pałeczką, ale pociera się ich górny brzeg palcem zwilżonym wodą, ruchem kolistym z odpowiednią częstotliwością. Ta wersja daje dużo lepszy efekt, ale wymaga ćwiczeń i sporo cierpliwości.

Obserwacja.

- Z której szklanki (lub kieliszka) wydobywa się najwyższy dźwięk?
- Z której szklanki wydobywa się najniższy dźwięk?
- Uzupełnij zdanie: „Im więcej wody w szklance (kieliszku), tym ... dźwięk.”

Komentarz.

Uderzając w szklankę, sprawiasz, że jej ścianki zaczynają drgać. Drgania te pobudzają drgania powietrza – powstaje fala dźwiękowa (akustyczna). Dźwięk dociera do twoich uszu właśnie poprzez drgające powietrze, które pobudza do drgania błonę bębenkową we wnętrzu twojego ucha.



XVI. Instrumenty muzyczne

Im mniej wody w szklance, tym mniejsza jest jej bezwładność, zatem tym szybciej drgają jej ścianki i tym wyższy wytwarzają dźwięk.

Doświadczenie 2: Rujnący dźwięk



Projekcja filmów i animacji z Internetu.
Materiał można wcześniej skopiować na dysk lokalny.

Rezonans akustyczny: <http://www.youtube.com/watch?v=17tqXgvCN0E> (czas projekcji 41 s)

Komentarz.

Uderzając w kieliszek, słyszymy dźwięk, który jest mieszaniną kilku tonów o ściśle ustalonej częstotliwości, z których jeden wyraźnie dominuje. Jest on identyczny z tak zwaną częstotliwością własną kieliszka, czyli częstotliwością mechanicznych drgań poprzecznych jego ścianek. Jeżeli w otoczeniu kieliszka znajdzie się dowolna fala mechaniczna lub dźwiękowa o bardzo zbliżonej częstotliwości, kieliszek jako bryła zaczyna się do niej dopasowywać, czyli drgać z tą częstotliwością. Oglądając w zwolnionym tempie film rejestrujący takie zjawisko, można odnieść wrażenie, że kieliszek zachowuje się tak, jakby był zrobiony z galaretki. Gdy częstotliwość fali wymuszającej drgania zrówna się z częstotliwością drgań własnych kieliszka, dochodzi do tak zwanego zjawiska rezonansu, czyli wzmocnienia drgań własnych. Objawia się to niekontrolowanym wzrostem amplitudy wychyleń ścianek kieliszka z ich naturalnego położenia. Takiego naprężenia nie może znieść szkło, z którego kieliszek jest wykonany, dlatego pęka.

W dźwiękach wydawanych przez człowieka można wyróżnić wiele tonów składowych. Wybitni śpiewacy potrafią wydobyć dźwięki o jednej wyraźnej składowej, odpowiadającej określonej częstotliwości. Jeśli częstotliwość ta odpowiada częstotliwości drgań własnych kieliszka, a fala dźwiękowa dociera od śpiewaka do kieliszka niezaburzona (np. szumami z otoczenia) i nierozproszona, to śpiewak jest w stanie rozbić szkło głosem. W praktyce jest to trudne i wymaga od śpiewaka subtelnych zmian wysokości jego głosu podczas dostosowywania go do częstotliwości drgań własnych kieliszka.

Doświadczenie 3: Struny



Przyrządy i materiały:

kawałek nici bawełnianej długości ok. 1 m, strunowy instrument muzyczny

Eksperyment.

- Przytrzymując końce nici w obu dłoniach, naciągnij nić tak, aby była napięta. Niech druga osoba jednym pociągnięciem wprawi nić w drgania.
- Skróć nić o 10 cm i powtórzcie doświadczenie.
- Kolejno skracaj nić co 10 cm powtarzając doświadczenie.

Obserwacja.

- Jaki kształt przyjmuje napięta nić po wprowadzeniu jej w drgania?
- W którym przypadku drgająca nić generuje dźwięk o najwyższej częstotliwości?

Komentarz.

Źródłem dźwięku stają się przedmioty, w których wytwarzana jest akustyczna **fala stojąca**. Powstanie fali stojącej wiąże się z nałożeniem się na siebie dwóch drgań biegnących w przeciwnych kierunkach: drgania podstawowego oraz drgania odbitego od przeszkody. W przypadku struny drganie odbija się

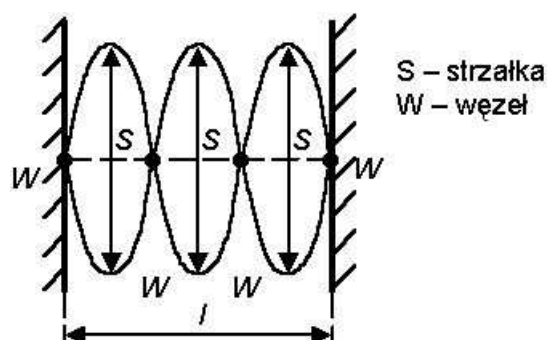
XVI. Instrumenty muzyczne

od miejsc, w których struna jest przytrzymywana (unieruchamiana), bądź to palcami – jak w doświadczeniu z nicią, bądź to przykręcana - jak w instrumentach strunowych. Fala stojąca nie może powstać na strunie swobodnej.

W miejscu unieruchomienia struny muszą zawsze powstać tzw. **węzły fali** stojącej (to jest punkty, które podczas drgań struny nie poruszają się). Pośrodku pomiędzy dwoma węzłami zawsze występuje przynajmniej jedna **strzałka** - tj. takie miejsce na strunie, które drga z maksymalną amplitudą. Jeśli występują dwie strzałki, to muszą być oddzielone kolejnym węzłem, czyli ogólnie rzecz ujmując - w fali stojącej na przemian występują węzły i strzałki. **Odległość między węzłem a najbliższą mu strzałką jest zawsze równa ćwiartce długości fali.** Aby na strunie powstała jakakolwiek fala stojąca musi

zostać spełniony warunek: $\lambda = \frac{2L}{n}$ (λ - długość fali, L- długość struny, n – liczba naturalna).

Animację fali stojącej można znaleźć na: http://pl.wikipedia.org/wiki/Fala_stoj%C4%85ca



Rysunek pochodzi ze strony: <http://sciaga.onet.pl>

Symulację powstawania fali stojącej znajdziesz na:

http://www.zamkor.pl/programy%20fizyka%20liceum/ph14pl/fala_stojaca.htm

Doświadczenie 4: Instrumenty dęte



Przyrządy i materiały:

jeden lub kilka kawałków harmonijkowej rury plastikowej (typu rury do odkurzacza) o różnych długościach od 0,5m do 1 m, plastelina

Eksperyment.

- Trzymając za jeden koniec obustronnie otwartej rury zataczaj nią okręgi nad głową.
- Trzymając za zamknięty koniec jednostronnie otwartej rury (z drugiej strony zamkniętej – np. przylepionym kawałkiem plasteliny) zataczaj nią okręgi nad głową.

Obserwacja.

- Czy wysokość dźwięku generowanego w rurze zależy od szybkości, z jaką zataczasz kręgi?
- Czy natężenie dźwięku generowanego w rurze zależy od szybkości zataczania kręgów?
- Czy w rurze zamkniętej wytwarzany dźwięk ma taką samą częstotliwość, jak w rurze otwartej?

Komentarz.

Powietrze wpływające do rury jednostronnie zamkniętej, może spowodować powstanie fali stojącej poprzez nałożenie się fali padającej i fali odbitej od zamkniętego końca rury. Następuje to tylko wówczas, gdy długość fali dźwiękowej jest dopasowana do długości rury tak, aby odpowiadała częstotliwości rezonansowej rury. Powietrze w rurze drga z dużą i niezaniżającą amplitudą, emitując na każdym otwartym końcu falę dźwiękową o takiej samej częstotliwości, co drgania w rurze.

W miejscach otwartych końców rury musi zawsze powstać strzałka, a w miejscach zamkniętych – węzeł fali stojącej. Najprostszą falą stojącą, która może powstać w rurze o jednym otwartym końcu jest fala z węzłem na zamkniętym końcu rury i bez żadnego węzła w jej środku. Warunkiem powstania takiej fali jest, aby długość rury była równa ćwiartce długości fali. Można także wytworzyć wyższe

XVI. Instrumenty muzyczne

dźwięki (tak zwane wyższe harmoniczne), których długość fali dana będzie ogólnym wzorem: $\lambda = \frac{4L}{n}$ (λ - długość fali, L- długość rury, n – liczba naturalna, nieparzysta).

Przepływ powietrza przez rurę może spowodować powstanie fali stojącej w wypełnionej powietrzem rurze nawet wtedy, gdy końce rury są otwarte z obu stron (przy czym wówczas następuje niecałkowite odbicie fali). W miejscach otwartych końców rury musi zawsze powstać strzałka. Najprostszą falą stojącą, która może powstać w rurze o dwóch otwartych końcach jest fala z pojedynczym węzłem w środku rury. Warunkiem jej powstania jest, aby długość rury była równa połowie długości fali. Można także wytworzyć wyższe dźwięki (tak zwane wyższe harmoniczne),

których długość fali dana będzie ogólnym wzorem: $\lambda = \frac{2L}{n}$ (λ - długość fali, L- długość rury, n – liczba

naturalna). Częstotliwość fali zależy od długości fali i prędkości dźwięku w rurze.

Rozmiary instrumentu muzycznego odzwierciedlają zakres częstotliwości, dla jakich został zaprojektowany – mniejsze rozmiary oznaczają większe częstotliwości. Dlatego np. duży saksofon basowy wytwarza niższe dźwięki niż mały saksofon sopranowy.

Doświadczenie 5: Helowy Kaczor Donald



Projekcja filmów i animacji z Internetu.

Materiał można wcześniej skopiować na dysk lokalny.

Zmiana głosu po wdychaniu mieszanki z helem: <http://www.youtube.com/watch?v=FVEKuuMf0Ik> (czas projekcji 1 min 15 s)

Komentarz.

Tchawica, krtani, jama gardłowa i jama ustna pełnią funkcję skomplikowanego pudła rezonansowego (podobnie jak pudło gitary). Od jego kształtu i rozmiarów zależy długość wytwarzanej fali dźwiękowej, a przez to także częstotliwość fali, czyli wysokość dźwięku.

Jeśli w krtani, zamiast powietrza (w którego skład wchodzi głównie azot i tlen) znajdzie się hel, to struny głosowe wytworzą dźwięk o takiej samej długości fali, gdyż obecność helu nie wpływa na wielkość pudła rezonansowego. Jednak w czystym helu fala akustyczna rozchodzi się z szybkością ponad 1000 m/s, czyli 3 razy szybciej niż w powietrzu (około 334 m/s). Zatem częstotliwość dźwięku wytwarzanego przez aparat mowy wypełniony helem jest większa od częstotliwości dźwięku wytwarzanego w powietrzu. Ważne jest również to, że fala dźwiękowa przechodząc z krtani i gardła wypełnionych helem do znajdującego się na zewnątrz powietrza, nie zmienia już swej częstotliwości! Zatem do ucha słuchacza dociera wyższy ton, niż gdyby fala była generowana podczas oddychania powietrzem.

Uwaga: nie wolno oddychać czystym (tzn. 100%) helem, gdyż może doprowadzić to do utraty przytomności na skutek niedotlenienia, a w przypadku braku pomocy skończyć się śmiercią! Jeden wdech helu nie zabije, gdyż nie jest to gaz toksyczny, ale przed następnym wdechem lepiej pooddychać powietrzem. Jeżeli już chcemy pooddychać mieszanką helową, to można użyć do tego mieszaniny helu i tlenu - zawartość tlenu powinna wynosić przynajmniej 21%.

Doświadczenie 6: Drgające membrany



Projekcja filmów i animacji
z Internetu.

Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Powstawanie dwuwymiarowej fali stojącej – figury Chladniego:

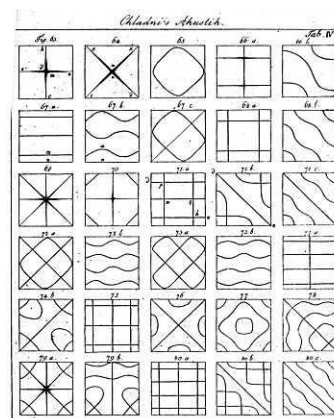
- wersja dłuższa (z komentarzem w j. angielskim):
<http://www.youtube.com/watch?v=wMlvAsZvBiw> (czas projekcji 7 min 49 s)
- wersja krótsza: <http://www.youtube.com/watch?v=MPcJbb5Qfj0> (czas projekcji 2 min 06 s)

Komentarz.

Każda sprężysta płytkę charakteryzuje się jedną lub kilkoma częstotliwościami własnymi drgań. Jeżeli wysypiemy piasek, sól lub drobne opiłki korka na sprężystą płytkę (np. metalową), przyłączoną do generatora drgań, to zmieniając częstotliwość pobudzającą możemy dostosować jej wartość do wartości częstotliwości własnej płytki (lub jej wielokrotności), doprowadzając do powstania dwuwymiarowej **fali stojącej**. Wówczas sypki materiał zacznie się gromadzić w **węzłach** tej fali, tworząc symetryczne wzory, zależne od częstotliwości pobudzającej do drgań oraz od częstotliwości własnych drgań płytki – czyli tzw. **figury Chladniego**. Natomiast przy częstotliwościach generatora z zakresów pomiędzy częstotliwościami własnymi (lub ich wielokrotnościami), materiał sypki rozsypuje się chaotycznie po całej tarczy.

Każdej figurze Chladniego odpowiada określona częstotliwość własna lub jej wielokrotność. Wygląd figur Chladniego zależy od kształtu płytki i od sposobu jej zamocowania.

Rysunek pochodzi z Wikipedii



Doświadczenie 7: Modelowy koncert



Niezbędne bezpośrednie
połączenie z Internetem.

Fantastyczna animacja koncertu samodzielnych instrumentów muzycznych:

<http://video.google.pl/googleplayer.swf?docid=2942922314315974986&hl=pl&fs=true>

(czas projekcji 3 min 24 s)

XVII. Włosy stają dęba

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest konwekcja?
- Z czego składa się atom?

Pytania wstępne (4 min)

- Jaki ładunek elektryczny posiadają elektrony, a jaki protony?
- Dlaczego metale dobrze przewodzą prąd elektryczny, a izolatory – nie?
- Dlaczego ekrany starych telewizorów pokrywają się kurzem?
- Dlaczego podczas czesania włosów plastikowym grzebieniem (szczególnie w zimie w suchych pomieszczeniach), włosy stają dęba?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Skaczące papierki (4 min)

Doświadczenie 2: Taśma klejąca (5 min)

Doświadczenie 3: Puszka (4 min)

Doświadczenie 4: Kserokopiarka (5 min)

Doświadczenie 5: Elektroskop (6 min)

Doświadczenie 6: Kondensator (4 min)

Doświadczenie 7*: Generator Kelvina (2-4 godziny)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (2 min)

Istnieją trzy sposoby elektryzowania ciał: przez tarcie, gdy pocieramy o siebie dwa ciała stałe, zdzierając elektrony z jednego z nich i przenosząc je tym samym na drugie ciało); przez indukcję, gdy podczas zbliżania naładowanego wcześniej ciała do innego ciała - obojętnego elektrycznie – elektrony w tym drugim ciele ulegają przemieszczeniu (aby efekt był wyraźny drugie ciało musi być zbudowane z metalu) oraz przez dotyk (gdy ciało naładowane elektrycznie dotknie ciała obojętnego i część ładunku przemieści się pomiędzy ciałami).

Przykładem elektryzowania przez pocieranie jest m.in. efekt stawania włosów dęba, obserwowany często u dzieci zjeżdżających ze zjeżdżalni. Podczas takiej zabawy dziecko pociera swoje ubranie o zjeżdżalnię, następuje zderzenie części ładunku i naelektryzowanie zarówno zjeżdżalni, jak i dziecka (ładunkami o przeciwnych znakach). Nadmiarowy ładunek rozkłada się w ciele dziecka – lokując się m.in. w jego włosach. Zgromadzony na włosach ładunek jednego znaku powoduje ich odpychanie, a to z kolei oddziaływanie powoduje rozsuniecie się i podniesienie włosów (tym silniejsze im cieńsze są pojedyncze włosy).

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Animacja działania najprostszej kserokopiarki:
<http://home.howstuffworks.com/photocopier1.htm> (konieczna wcześniejsza instalacja programu Adobe Flash Player)

XVII. Włosy stają dęba

2. Opis działania kserokopiarki: Foton 94, Jesień 2006:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/94/pdf/10%20ksero94%20-%20dagmara.pdf>
3. Elektryzowanie taśm klejących – demonstracja doświadczenia: „Doświadczenia Wojciecha Dindorfa” – cz. 4 (DVD lub VHS), doświadczenie 4; Wydawnictwo Zamkor
4. Proste doświadczenie - budowa elektroskopu (w jęz. angielskim):
<http://www.mos.org/sln/toe/simpleelectroscope.html>
5. Animacja działania elektroskopu:
<http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/mmedia/estatics/esn.html>
6. Generator Kelvina – obszerny opis, zasada działania, zdjęcia i relacje:
<http://www.lwiatko.org/index.php?opt=5&kelv=1>



Doświadczenie 1: Skaczące papierki

Przyrządy i materiały:

kartka z zeszytu, 2 plastikowe słomki do napojów

Eksperyment.

- Podrzyj część kartki papieru na małe kawałeczki, nie większe, niż ćwierć paznokcia i ułóż je w stosik na stole. Nie używaj nożyczek!
- Zbliż słomkę na odległość ok. 1-2 cm do stosu papierków.
- Potrzymaj tę samą słomkę mocno o swoje włosy lub o sweter. Zbliż słomkę na odległość ok. 1-2 cm do stosiku.
- Potrzymaj drugą słomkę o włosy lub sweter. Trzymając każdą słomkę w innej dłoni, zbliż obie słomki do siebie, ale tak, aby się nie dotknęły.

Obserwacja.

- Co się dzieje z papierkami, gdy zbliżasz do nich słomkę niepotartą, a co, gdy zbliżasz słomkę potartą?
- Ile papierków udało ci się podnieść ze stołu przy pomocy słomki?
- Co się dzieje, gdy dwie potarte słomki chcesz zbliżyć jedną do drugiej?

Komentarz.

Materia składa się z bardzo małych elementów - atomów, natomiast atomy składają się z mocno ze sobą związanych cząstek: protonów i neutronów oraz ze słabiej związanych z nimi – elektronów. Protony posiadają ładunek elektryczny dodatni, elektrony – ładunek elektryczny ujemny, a neutrony są elektrycznie obojętne (nie mają ładunku). W każdym atomie jest tyle samo protonów, co elektronów, więc cały atom jest elektrycznie obojętny.

Cząstki o takim samym ładunku zawsze się odpychają, czyli proton odpycha proton, a elektron odpycha elektron. Cząstki o przeciwnych ładunkach – przyciągają się (czyli proton i elektron przyciągają się). Neutrony nie mają ładunku, więc nie działają na siebie, ani na inne cząstki siłami elektrycznymi.

Protony i elektrony można czasami rozdzielić. Na przykład, kiedy mocno pocierasz plastikową rurkę o włosy lub sweter, odrywasz z nich niektóre elektrony. Te elektrony przepływają na słomkę, która w ten sposób otrzymuje dodatkowy ładunek ujemny. Natomiast na włosach pozostaje nadmiarowy ładunek dodatni.

„Ujemna” słomka przyciąga wszystkie inne przedmioty z ładunkiem dodatnim, (czyli np. Twoje włosy) i odpycha wszystkie przedmioty z ładunkiem ujemnym (np. drugą potartą o włosy drugą słomkę). Minusy „nie lubią się” z minusami, a plusy „nie lubią się” z plusami, czyli odpychają się.

Okazuje się, że papier podarty na kawałeczki ma niewielki ładunek dodatni. Dlatego ujemnie naładowana słomka przyciąga go i możesz nawet podnieść jego kawałeczki ze stołu (siła elektrostatycznego przyciągania pomiędzy słomką a papierkiem jest większa niż siła grawitacji działająca na papierek).

Nie można jednak podnieść papierków słomką, przed jej potarciem. Taka słomka jest obojętna elektrycznie, a wtedy ani nie przyciąga, ani nie odpycha innych ładunków.

Ekran telewizorów starego typu szybko pokrywają się kurzem. Drobinki kurzu są bowiem naelektryzowane przeciwnym znakiem niż powierzchnie tych ekranów. W nowoczesnych telewizorach ekrany są skonstruowane tak, aby pozostawały elektrycznie obojętne – dlatego kurz praktycznie na nich nie osiada.

XVII. Włosy stają dęba

Doświadczenie 2: Taśma klejąca



Przyrządy i materiały:

taśma klejąca (najlepiej wąska taśma izolacyjna, ale może też być zwykła taśma przezroczysta), nożyczki, blat gładkiego stołu

Eksperyment.

- Utnij dwa kawałki taśmy, długości około 15 cm każdy i przyklej każdy z nich na stole. Oderwij szybkim ruchem oba kawałki taśmy, jeden kawałek prawą ręką, a drugi - lewą. Trzymaj je tak, aby oba zwisały pionowo.

Uwaga: Jeżeli po oderwaniu końcówka taśmy jest bardzo zawinięta do góry, należy użyć innego rodzaju taśmy.

Trzymając każdy kawałek taśmy w innej dłoni, zbliż je do siebie, ale tak, aby się nie zetknęły. Zaobserwuj, co się dzieje z dolnymi, swobodnie wiszącymi końcami taśm.

- Utnij dwa kawałki taśmy, jeden o długości 15 cm, a drugi o długości 14,5 cm. Dłuższy kawałek przyklej do blatu stołu, a krótszy naklej na pierwszy tak, aby nie stykał się w ogóle ze stołem. Oderwij szybkim ruchem zlepione taśmy od blatu stołu. Oderwij taśmy od siebie. Niech po oderwaniu się nie stykają! Trzymając każdy kawałek taśmy w innej dłoni, zbliż je ostrożnie do siebie, ale tak, aby się nie zetknęły. Zaobserwuj, co się dzieje z dolnymi, swobodnie wiszącymi końcami taśm.

Obserwacja.

- Co się stało z dolnymi końcami taśm po zbliżeniu ich do siebie w pierwszej części doświadczenia?
- Co się stało z dolnymi końcami taśm po zbliżeniu ich do siebie w drugiej części doświadczenia?

Komentarz.

Po przyklejeniu kawałków taśm do blatu stołu, taśma przywiera bardzo ściśle do jego powierzchni. W miejscu ich połączenia, atomy kleju taśmy znajdują się bardzo blisko atomów stołu. Gdy gwałtownie oderwiemy taśmę, fragmenty atomów, najsłabiej związanych ze stołem (elektrony), przylepią się do taśmy. Na każdej taśmie, oprócz elektrycznie obojętnych atomów taśmy, znajdą się elektrony ze stołu. Elektrony jednej taśmy oddziałują na tyle silnie z elektronami drugiej, że potrafią spowodować odpychanie się obu taśm.

Sklejone ze sobą taśmy i przyklejone do stołu, również ściśle przylegają do blatu. Po oderwaniu od stołu część elektronów z jego powierzchni przylepi się do kleju dolnej taśmy. Taśmy są ze sobą mocniej sklejone, niż pojedyncza taśma ze stołem (trudniej jest je rozdzielić, niż oderwać ze stołu). Dlatego po ich rozłączeniu do kleju taśmy górnej przylepi się więcej elektronów z taśmy dolnej, niż wcześniej przykleiło się do dolnej ze stołu. Ostatecznie dolna taśma będzie miała nieco więcej protonów, niż elektronów (naładuje się dodatnio), a górna – nieco więcej elektronów niż protonów (naładuje się ujemnie). Dlatego oba kawałki taśm będą się przyciągać.

Podczas prania w pralce ubrania ocierają się o siebie, powodując zdzieranie elektronów z jednych materiałów i ich przenoszenie na inne materiały. W ten sposób ubrania elektryzują się, co daje następnie nieprzyjemny efekt po ich wysuszeniu i założeniu na siebie – człowiek czuje się naelektryzowany. Aby temu zapobiec, jeszcze podczas prania lub suszenia w suszarkach automatycznych stosujemy płyny lub serwetki antyelektrostatyczne. Zawierają one silnie polarne molekuly z przyłączonymi dodatkowymi protonami w jednym miejscu i elektronami – w innym. Po zetknięciu tych naładowanych wypustek z nadmiarowymi ładunkami zgromadzonymi na materiałach, te ostatnie zostają zneutralizowane, co znacznie obniża stopień naelektryzowania ubrań.

XVII. Włosy stają dęba

Doświadczenie 3: Puszka



Przyrządy i materiały:

pusta puszka po napoju, słomka do napojów, suche pomieszczenie (doświadczenie może nie wyjść, gdy w powietrzu jest dużo wilgoci)

Eksperyment.

- Połóż puszkę na stole tak, aby popchnięta mogła się toczyć. Unieruchom puszkę. Potrzymaj słomkę o włosy lub o sweter. Zbliż słomkę do puszki, ustawiając ją równolegle do osi puszki.

Uwaga: Nie dotykaj słomką puszki. Jeżeli przez przypadek to zrobisz, dotknij słomką kaloryfera i zetknij puszkę z kaloryferem (w celu neutralizacji ładunku), a następnie powtórz ćwiczenie.

Obserwacja.

Puszka powinna zacząć się toczyć w stronę słomki. Można w ten sposób przetoczyć puszkę po całym stole.

Komentarz.

Obojętna elektrycznie puszka zawiera tyle samo elektronów, co protonów. Jednakże, ponieważ puszka jest wykonana z metalu, część jej elektronów jest słabo związana z atomami i może się swobodnie przemieszczać w obrębie całej puszki.

Potarta słomka do napojów elektryzuje się ładunkiem ujemnym. Po zbliżeniu jej do puszki, swobodne elektrony w puszcze zostają odepchnięte (poprzez oddziaływanie na odległość) przez nadmiarowe elektrony w słomce i przepłyną na drugą stronę puszki (do części najbardziej oddalonej od słomki). Chociaż całkowity ładunek puszki w dalszym ciągu będzie zerowy, część elektronów i protonów w puszcze odsunie się od siebie na znaczną odległość. Mówimy, że puszka naelektryzowała się przez indukcję, tzn. chociaż jej nie dotknęliśmy, to od strony słomki puszka naelektryzowała się dodatnio. Ładunek dodatni z puszki i ujemny ze słomki przyciągają się, a siła tego oddziaływania przewyższa sumę sił odpychania pomiędzy elektronami z puszki i elektronami ze słomki oraz sił tarcia. Dlatego puszka zaczyna się toczyć w stronę słomki.



Doświadczenie 4: Kserokopiarka



Niezbędne bezpośrednie połączenie z Internetem.

Najprostsza animacja przedstawiająca schemat działania kserokopiarki:

<http://home.howstuffworks.com/photocopier1.htm>

Uwaga: Przejścia pomiędzy kolejnymi etapami animacji następują poprzez klikanie na zielony przycisk znajdujący się na żółtym polu.

Opis działania kserokopiarki znajduje się w artykule:

<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/94/pdf/10%20ksero94%20-%20dagmara.pdf>

Elementy składowe w animacji:

Photoconducting plate – płyta fotorprzewodząca,

Corona wire – element powodujący wyładowanie koronowe

Fuser rollers – wałki utrwalające

XVII. Włosy stają dęba

Wolne tłumaczenie napisów znajdujących się w polu animacji (ponumerowano informacje pojawiające się przy zielonym przycisku, na żółtym obszarze animacji; natomiast dodatkowe informacje, które pojawiają się na białym obszarze animacji, po naciśnięciu zielonego przycisku zostały wypunktowane):

1. Wprowadzenie oryginalnego dokumentu do skopiowania.
2. Naładowanie bębna (płyty fotoprzewodzącej) ładunkiem dodatnim podczas wyładowania koronowego (w ciemności).
3. Wystawienie płyty fotoprzewodzącej na działanie światła.
 - Po przepuszczaniu światła ciemne miejsca pozostają dodatnio naładowane, a jasne miejsca zostają zubożone elektrycznie
4. Pokrycie płyty fotoprzewodzącej drobinami tonera (ujemnie naładowanym proszkiem).
 - Toner przylega do dodatnio naładowanych fragmentów płyty fotoprzewodzącej.
5. Wprowadzenie czystej kartki papieru w celu wykonania kopii.
6. Naładowanie papieru poprzez wyładowanie koronowe.
 - Naładowana kartka papieru jest teraz gotowa do przyłączenia drobin tonera.
7. Przyklejenie się tonera do papieru.
 - Podgrzane wałki utrwalające powodują roztopienie się proszku tonera na kopii.



Doświadczenie 5: Elekroskop

Przyrządy i materiały:

szklanka lub szklany stoik o pojemności 0,5-1 l, pasek folii aluminiowej, kawałek tekturki lub kartka z bloku technicznego o wymiarach większych niż otwór użytego szklanego naczynia, spinacz biurowy, taśma klejąca, słomka do napojów, plastikowy grzebyk, szklana rurka

Przygotowanie.

Utnij dwa paski z folii o wymiarach 1 cm x 4 cm każdy. Odegnij spinacz z jednej strony tak, aby przyjął kształt haka. Przebij spinaczem tekturkę i przymocuj do niej spinacz za pomocą taśmy klejącej tak, aby z tekturki wystawał jego kawałek pod kątem prostym. Połóż dwa paski folii jeden na drugim i razem zawieś je na spinaczu (przebijając paski w pobliżu ich brzegu końcem spinacza w kształcie haka). Przykryj tekturką stoik tak, aby spinacz z paskami folii zwiisał wewnątrz naczynia, nie dotykając ścianek stoika.

Eksperyment.

- Potrzymaj słomkę do napojów o swoje włosy. Zbliż naładowaną słomkę do wystającego ze stoika końca spinacza. Obserwuj, co stanie się z paskami folii (listkami elektroskopu). Oddal słomkę od elektroskopu i zaobserwuj, co się stanie z listkami (jeżeli listki nie wracają do pozycji wyjściowej, dotknij wystającego końca spinacza ręką).
- Przeprowadź opisany powyżej eksperyment z plastikowym grzebieniem oraz szklaną rurką.

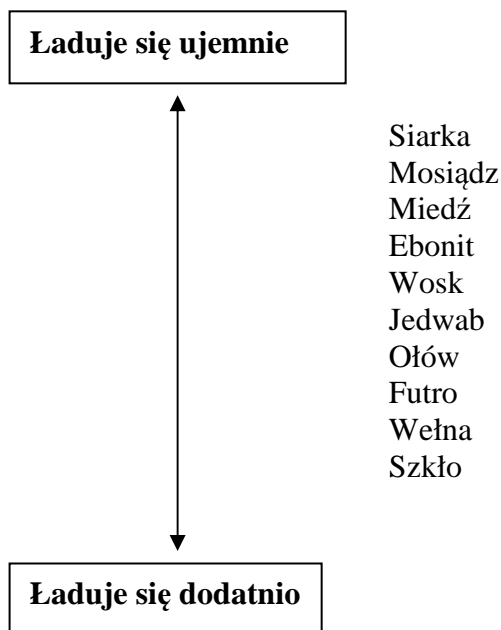
Komentarz.

Elektroskop jest przyrządem służącym do wykrywania obecności ładunku elektrycznego. Jeśli w pobliżu główki elektroskopu przymocowanej do pręta znajdzie się źródło ładunku elektrycznego, to zgodnie z zasadą indukcji elektrycznej:

- część elektronów z główki odpłynie w dół pręta (jeśli źródłem są ładunki ujemne)
- część elektronów z dołu pręta dopłynie do główki (jeśli źródłem są ładunki dodatnie)

W obu przypadkach spowoduje to naelektryzowanie dolnej części pręta, a tym samym dołączonych do niego metalowych listków. Ponieważ cała dolna część pręta elektryzuje się ładunkiem o takim samym znaku, listki zaczną się odpychać. Rozwartość listków jest proporcjonalna do ładunku źródłowego (pod warunkiem zachowania tej samej odległości pomiędzy główką a każdym badanym źródłem).

Elektroskop nie może wskazać znaku ładunku źródła.



Schemat skłonności do elektryzowania materiałów ładunkiem określonego znaku

Na zakończenie doświadczenia można skorzystać z prostej animacji działania elektroskopu (on-line):
<http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/mmedia/estatics/esn.html>



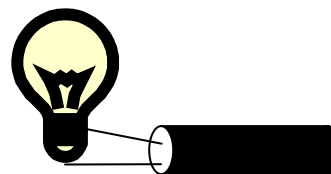
Doświadczenie 6: Kondensator

Przyrządy i materiały:

kondensator, bateria 4,5 V, standardowa żaróweczka do latarki z gwintem (E10)

Eksperyment.

- Przyłóż metalowe końcówki kondensatora do żaróweczki: jedną końcówkę do metalowej oprawki żaróweczki, drugą do stopki (jak pokazano na rysunku). Zaobserwuj, czy żaróweczka świeci.



- Zetknij końcówki kondensatora – każdą z innym biegunem baterii. Odłącz kondensator od baterii nie zwierając jednocześnie jego końcówek. Ponownie przyłóż metalowe końcówki kondensatora o żaróweczki: jedną końcówkę do metalowej oprawki żaróweczki, drugą do stopki (jak pokazano na rysunku). Zaobserwuj, czy żaróweczka zaświeci się.

Komentarz.

Kondensator składa się z dwóch metalowych płytek, zwanych okładkami, oddzielonych od siebie warstwą izolatora (np. powietrza). Po podłączeniu do baterii, na obu okładkach kondensatora gromadzą się ładunki: do jednej z okładek dopływają elektrony posiadające ładunek ujemny, a na drugiej – pozostają nadmiarowe dodatnie protony, (na skutek odpłynięcia z tej okładki elektronów do

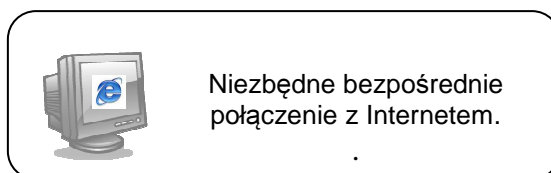
XVII. Włosy stają dęba

baterii). Ponieważ pomiędzy okładkami kondensatora znajduje się warstwa izolatora, ładunki zgromadzone na dwóch różnych okładkach nie mogą się ze sobą połączyć.

Kondensator ładuje się do maksymalnej wartości określonej przyłożonym napięciem i pojemnością elektryczną kondensatora. Po osiągnięciu tej maksymalnej wartości pomiędzy kondensatorem a baterią przestaje płynąć ładunek. Wówczas kondensator można odłączyć od baterii – tworząc w ten sposób naładowany element elektroniczny. Po ponownym zwarciu końcówek kondensatora dowolnym opornikiem – np. żarówką – przez opornik ten popłynie bardzo krótkotrwały prąd elektryczny, powodujący rozładowanie kondensatora. Dlatego w doświadczeniu obserwowany jest krótki błysk włókna żarówki.

Kondensatory wykorzystywane są do gromadzenia ładunku elektrycznego i generowania krótkotrwałych prądów o dużej mocy. To dzięki obecności kondensatora działa lampa błyskowa: ładunek zgromadzony w kondensatorze jest gwałtownie wyzwolany, co powoduje krótkotrwały, ale silny błysk lampy. Kondensatory są także wykorzystywane w monitorach i odbiornikach telewizyjnych do ich szybkiego uruchamiania.

Doświadczenie 7*: Generator Kelvina



Zdjęcia elementów generatora Kelvina oraz krótki film ukazujący działanie tego urządzenia można znaleźć na: <http://www.lwiatko.org/index.php?opt=5&kelv=1>

Znajduje się tam także obszerny opis konstrukcji i zasady działania generatora. Warto zwrócić szczególną uwagę na zamieszczone tam relacje uczniów z przebiegu doświadczenia.

Komentarz.

Generator kropłowy (wynaleziony w 1867 roku przez Lorda Kelvina) to rodzaj generatora elektrostatycznego, wykorzystującego spadające krople wody do wytworzenia różnicy potencjału elektrycznego pomiędzy dwoma wzajemnie przeciwnie ładującymi się zbiornikami. Zasada działania opiera się na indukcji elektrostatycznej, a energia elektryczna wytwarzana jest przez pracę siły grawitacji.

XVIII. Piorunujące wrażenie

Co już wiemy (2 min)

- W jaki sposób można elektryzować ciała?
- Na czym polega elektryzowanie przez indukcję?
- Na czym polega elektryzowanie przez tarcie?

Pytania wstępne (4 min)

- Co to jest piorun i jak powstaje?
- Dlaczego podczas burzy lepiej nie stać pod wysokim drzewem?
- Dlaczego grzmot i błysk pioruna nie docierają do obserwatora w tym samym czasie?
- Co to jest piorunochron i do czego służy?
- Dlaczego podczas tankowania samolotu przewód tankujący łączony jest z obudową (np. ze skrzydłem samolotu)?
- Czym różni się przewodnik od izolatora?
- Czym jest prąd elektryczny?
- Jakie elementy są niezbędne, aby w obwodzie elektrycznym popłynął prąd?
- Co to jest zwarcie?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Pioruny (6 min)

Doświadczenie 2: Cytrynowa bateria (7 min)

Doświadczenie 3: Przewodniki i izolatory (8 min)

Doświadczenie 4: Świecący ogórek (2 min)

Doświadczenie 5: Moc żarówki (6 min)

Doświadczenie 6: Połączenia żarówek (4 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Piorun to łuk elektryczny powstały w obecności bardzo silnej różnicy potencjałów (napięcia) pomiędzy dolną częścią chmury a powierzchnią Ziemi. Podobne łuki elektryczne w sposób kontrolowany wykorzystuje się w technice: w świecy zapłonowej samochodu oraz w spawarce.

Podczas tankowania samolotu chcemy z kolei uniknąć niekontrolowanego, przypadkowego zapłonu, który mógłby nastąpić na skutek powstania nawet niewielkiej różnicy potencjałów pomiędzy samolotem a przewodem paliwowym. Łącząc przewód paliwowy ze skrzydłem samolotu za pomocą kabla wyrównujemy potencjały obu obiektów, zapobiegając w ten sposób ewentualnemu powstaniu łuku elektrycznego.

Podczas wędrówek pieszych przez tereny przecinające wiejskie pola możemy natknąć się na niepozorne płotki okalające pastwiska dla krów, owiec lub koni, podłączone do źródła wysokiego napięcia i z tej racji zwane „elektrycznymi pastuchami”. Ogradzenia takie składają się z rzędu słupków izolacyjnych, na których rozciągnięty jest drut z nieizolowanego przewodnika, okalający chroniony obszar i podłączony do urządzenia doprowadzającego prąd w formie impulsów elektrycznych. Wysokie napięcie płotka (około 10 000 V) pojawia się w odniesieniu do potencjału ziemi i działa na wszystkie przedmioty oraz istoty żywe stykające się z ziemią i płotkiem jednocześnie. Rolą „elektrycznego pastucha” jest odstraszenie zwierząt od prób przekroczenia obszaru chronionego, poprzez efekt krótkotrwałego porażenia prądem podczas zetknięcia z ogrodzeniem. W przypadku prawidłowej konstrukcji ogrodzenia porażenie to nie ma negatywnego wpływu na zdrowie zwierząt.

XVIII. Piorunujące wrażenie

Okazuje się także, że istotne znaczenie dla reakcji organizmu żywego ma czas kontaktu z prądem elektrycznym oraz fakt, czy natężenie prądu jest stałe, czy zmienne w czasie (jak to ma miejsce przy zasilaniu z sieci elektrycznej).

Gdy przechodząc obok „elektrycznego pastucha” przypadkiem dotkniemy drutów ogrodzenia, impuls elektryczny przepłynie przez nasze ciało od punktu zetknięcia z drutem do Ziemi. Jest on na tyle krótkotrwały, że nie powinien wyrządzić nam krzywdy. Pod żadnym jednak pozorem nie chwytajmy przewodów dłońmi! W takim bowiem przypadku mimowolny skurcz mięśni, jaki zazwyczaj następuje pod wpływem wysokiego napięcia, może doprowadzić do przedłużenia kontaktu z prądem (np. przez niekontrolowane zaciśnięcie dłoni) i stać się niebezpieczny dla zdrowia i życia.

Szczególnym rodzajem ogniwa galwanicznego jest kwasowo-ołowiowy akumulator, niezbędny do uruchamiania samochodu. Typowy akumulator samochodowy jest zbudowany z 6 ogniw ołowiowo-kwasowych połączonych szeregowo. Każde ogniwo generuje siłę elektromotoryczną (SEM) równą 2,1 V. Cały akumulator generuje zatem napięcie znamionowe równe 12,6 V.

Domową instalację elektryczną zabezpiecza się bezpiecznikami. Ich zadaniem jest odłączyć wszystkich odbiorników od sieci energetycznej, gdy w przewodzie doprowadzającym lub odbiorniku natężenie prądu wzrasta powyżej pewnej, ustalonej wartości. W takim bowiem przypadku, przewód lub elementy odbiornika mogłyby się zbyt mocno rozgrzać, co w konsekwencji mogłoby doprowadzić do pożaru.

Badanie EKG jest pośrednią metodą badania serca, polegająca na rejestracji elektrycznej czynności mięśnia sercowego z powierzchni klatki piersiowej w postaci różnicy potencjałów (napięć) pomiędzy dwoma elektrodami, co graficznie odczytujemy w formie krzywej elektrokardiograficznej, na specjalnym papierze milimetrowym bądź na ekranie monitora. Animację wykreślenia krzywej EKG w połączeniu z akcją serca znajdziesz na: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Ekg>

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Film dokumentalny o piorunach powstających w czasie burzy w Santa Maria w Kalifornii w 2006r.: <http://www.youtube.com/watch?v=jiKNisWj-Hs>
2. Pioruny uderzające w wieżę CN w Toronto: <http://www.youtube.com/watch?v=2iJtysax3nE>
3. Film instruktażowy dotyczący wykonania baterii z cytryny:
<http://www.youtube.com/watch?v=AY9qcDCFeVI>
4. Diody LED: http://pl.wikipedia.org/wiki/Dioda_elektroluminescencyjna
5. Świeący ogórek: <http://www.youtube.com/watch?v=j7mt7iTKA6U> (w razie komunikatu o błędzie należy w wyszukiwarce YouTube wpisać: „świeący ogórek” i poszukać filmu trwającego 22 s)
6. Budowa świecy zapłonowej: http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Spark_plug_construction.jpg
7. Zasada działania świecy zapłonowej:
http://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Awieca_zap%C5%82onowa
8. Spawarka elektryczna: http://pl.wikipedia.org/wiki/Spawarka_elektryczna
9. Bezpiecznik: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Bezpiecznik>
10. Kiedy bezpiecznik wyłącza sam prąd?, „Fizyka i astronomia dla każdego”, pod red. B. Sagnowskiej, (Zamkor 2007), rozdz. 6.3.
11. EKG: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Ekg>

Doświadczenie 1: Pioruny



Projekcja filmów i animacji
z Internetu.
Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Film o piorunach podczas burzy w Santa Maria w Kalifornii (2006)

<http://www.youtube.com/watch?v=jiKNisWj-Hs>

(czas projekcji: 5 min 12 s)

Pioruny uderzające w wieżę CN w Toronto: <http://www.youtube.com/watch?v=2iJtysax3nE> (czas projekcji: 22 s)

Komentarz.

Naukowcy do tej pory spierają się, co do szczegółów mechanizmu powstawania piorunów. W kilku kwestiach są jednak zgodni.

- Chmura burzowa powstaje dzięki szybkiej konwekcji dużej ilości wilgotnego, ciepłego powietrza. Wędrując ku górze powietrze to napotyka na zimny obszar, w którym skrapla się para wodna, a następnie powstają małe i duże kryształki lodu.
- Duże kryształki lodu lokują się w dolnej części chmury. Małe kryształki są na tyle lekkie, że konwekcja unosi je w górne partie chmury. Podczas przeciskania się małych kryształków pomiędzy dużymi, ze względu na zjawisko tarcia następuje odarcie małych kryształków z elektronów. Elektrony te pozostają na dużych kryształkach. Dolna część chmury elektryzuje się ujemnie, a górna – dodatnio.
- Naładowana chmura wisząca nad Ziemią, powoduje naelektryzowanie powierzchni Ziemi, dzięki zjawisku indukcji elektrostatycznej. Z obszaru bezpośrednio pod chmurą elektrony odpływają w głąb Ziemi (gdzie mogą swobodnie wędrować dzięki obecności wody w Ziemi). Zjawisko odpływu elektronów dotyczy także stojących na Ziemi budynków, drzew, a nawet ludzi przebywających pod chmurą – wszystkie obiekty zostają dodatnio naelektryzowane.
- Zarówno rozdzielanie ładunków w chmurach, jak i dodatnio elektryzowanie powierzchni Ziemi postępuje przez pewien czas. Jednocześnie wzrasta napięcie elektryczne pomiędzy chmurą a powierzchnią Ziemi. W normalnych warunkach (nie burzowych) powietrze jest bardzo dobrym izolatorem, ale powstałe podczas burzy bardzo wysokie napięcie w końcu powoduje jonizację powietrza pomiędzy chmurą a powierzchnią Ziemi. Jonizacja ta polega na odarciu elektronów z zewnętrznych warstw atomów gazów znajdujących się w powietrzu. Powietrze zamienia się w zupełnie dodatnio naładowanych jonów i swobodnych elektronów.
- Początkowo powstaje coś w rodzaju ścieżki, którą zaczynają podążać pojedyncze elektrony z dolnej części chmury ku Ziemi (z prędkością ok. 30 000 km/s !). Elektrony te przemieszczają się po zygzakowatych, rozgałęziających się torach. Naukowcy przypuszczają, że powstawanie bardziej przewodzących obszarów powietrza sterowane obecnością zanieczyszczeń i pyłów w powietrzu. Następuje wyładowanie pilotujące (najczęściej niewidoczne lub widoczne w postaci fioletowej poświaty, charakterystycznej dla zjonizowanego powietrza). Wyładowanie to silnie jonizuje powietrze wokół ścieżki.
- Kiedy cały kanał od ziemi do chmury jest zjonizowany, znacznie zmniejsza się opór powietrza, co pozwala na przepływ znacznej ilości ładunku (wyładowanie główne). Wyładowanie główne porusza się ze znacznie mniejszą prędkością rzędu 10 000 km/s, trwa kilkadziesiąt milionowych części sekundy, powoduje przepływ prądu o natężeniu około 30-50 kA, przy napięciu około 30 milionów V. Powstaje wyładowanie, które podgrzewa otaczające je powietrze powodując błysk i gwałtowne rozprężenie gazu – tworzy się fala uderzeniowa obserwowana jako grzmot.
- Ze względu na bardzo dużą prędkość światła błysk dociera do obserwatora natychmiastowo, a grzmot, podróżujący z szybkością 334 m/s dociera z opóźnieniem. Jeżeli pomiędzy

XVIII. Piorunujące wrażenie

błyskiem a grzmotem następuje przerwa o długości 3s, oznacza to, że piorun uderzył w odległości 1 km od obserwatora.

Do ochrony domostw przed piorunami służą piorunochrony – cienkie metalowe przewody, wystające ponad dach budynku, wkopane do Ziemi. Ponieważ odległość czubka piorunochronu od chmury jest mniejsza niż odległość dachu sąsiadującego budynku od chmury, wyładowanie główne zwykle przebiega właśnie do piorunochronu. A ponieważ piorunochron wykonany jest z metalu, czyli materiału o małym oporze – następuje bardzo szybkie rozładowanie chmury poprzez odprowadzenie ładunku do Ziemi.

Niewielki piorun można zaobserwować w domu, gdy powietrze jest suche (np. w zimie, przy włączonym ogrzewaniu). Nosząc na sobie sweter, pociera się nim o inne części garderoby i o dłoń – w ten sposób elektryzuje się zarówno człowiek, jak i jego sweter (przeciwnymi ładunkami). Jeśli w takim przypadku człowiek dotknie metalowej klamki, może poczuć nieprzyjemny wstrząs elektryczny. Przy zgaszonym świetle można nawet zaobserwować błysk – wyładowanie elektryczne pomiędzy klamką a dłonią.

Doświadczenie 2: Cytrynowa bateria



Projekcja filmu z Internetu.
Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

W miarę możliwości zamiast projekcji filmu można odtworzyć przebieg doświadczenia podczas zajęć.

Jak przygotować cytrynową baterię i do czego może ona służyć:
<http://www.youtube.com/watch?v=AY9qcDCFeVI> (czas projekcji 6 min 48 s)

W przedstawionym filmie oraz tłumaczeniu słowo „bateria” i „ogniwo” używane są wymiennie na oznaczenie ogniwa, podobnie jak to się robi w języku potocznym. W języku fizyki „bateria” oznacza najczęściej dwa lub więcej pojedynczych ogniw połączonych ze sobą. W takim rozumieniu tytuł ćwiczenia powinien brzmieć: „cytrynowe ogniwo galwaniczne”

Tłumaczenie.

0:29 Oto słynna bateria z cytryny.

0:31 Zróbmy taką sami.

0:37 Wiemy, że można skonstruować baterię poprzez umieszczenie dwóch różnych metali w kwasie.

0:42 Cytryny zawierają kwas cytrynowy.

0:46 Jeśli umieścimy galwanizowany gwóźdź (pokryty cynkiem) w jednej części cytryny, a w innej części cytryny zrobimy szczelinę, w której umieścimy miedziany pieniążek (np. jednocentówkę europejską), powinniśmy otrzymać baterię.

1:05 Wskazanie woltomierza potwierdza, że po umieszczeniu w cytrynie dwóch metali: cynku i miedzi, powstaje pomiędzy nimi napięcie o mierzalnej wartości.

1:13 W tym przypadku – napięcie o wartości nieco powyżej jednego wolta.

1:16 Czerwony kabel z woltomierza został przyłączony do dodatniego bieguna baterii, a czarny – do ujemnego.

1:22 Po zamianie kabli stronami widzimy ujemny znak pojawiający się na wyświetlaczu miernika, co oznacza, że kable zostały przyłączone odwrotnie niż należało.

1:29 Miedziana moneta jest zatem dodatnim biegunem baterii.

1:43 Podłączmy diodę świecącą (LED) do tej baterii.

1:46 Diody LED są szczególnie niskoprądowymi i niskonapięciowymi urządzeniami.

1:52 Łatwo mogą ulec zniszczeniu przez prąd o zbyt dużym natężeniu.

1:56 Litery w skrócie LED pochodzą od trzech wyrazów: **L**ight **E**mitting **D**iode (dioda emitująca światło), dioda elektroluminescencyjna.

XVIII. Piorunujące wrażenie

- 2:02 Słowo „dioda” wskazuje na to, że LED jest czymś szczególnym.
2:06 W przeciwieństwie do zwykłych żarówek, diody LED muszą być podłączane do źródła napięcia w jeden szczególny sposób.
2:11 Jedna końcówka (drucik) musi zostać podłączona do dodatniego bieguna baterii, a drugi – do ujemnego (i nie można ich zamienić).
2:18 Płaskie ścięcie u podstawy diody wskazuje ujemny drucik.
2:22 Ten drucik powinien być podłączony do ujemnego bieguna baterii.
2:27 Elektronów wpływają do diody ujemnym drucikiem i wypływają dodatnim.
2:32 Jeśli podłączymy diodę odwrotnie, nie będzie działać.
2:37 Użyjemy drucików z krokodylkami do połączenia diody LED do cytrynowej baterii.
2:44 Wiemy, że miedziana moneta jest dodatnim biegunem baterii, a pokryty cynkiem gwóźdź – biegunem ujemnym.
2:51 Nasza dioda została podłączona prawidłowo, ale nie świeci.
2:55 Nie mamy prądu o wystarczająco dużym natężeniu, aby zaświecić naszą diodę.
3:00 Wyższe napięcie spowoduje przepływ przez diodę prądu o większym natężeniu.
3:03 Podwyższymy napięcie poprzez dodanie jeszcze jednej baterii z cytryny.
3:08 Szeregowe łączenie baterii powoduje sumowanie napięć poszczególnych baterii.
3:13 Pamiętaj, aby podłączać dodatni biegun jednej baterii z ujemnym biegunem drugiej.
3:24 Dwie cytryny dają napięcie znacznie powyżej jednego wolta, ale nasza dioda w dalszym ciągu nie świeci.
3:34 Wciąż natężenie prądu nie jest wystarczające, aby zaświecić diodę LED.
3:40 Dodajmy jeszcze dwie cytryny.
4:34 Teraz mamy napięcie ponad trzech i pół wolta.
4:49 Po podłączeniu diody, mogą zaobserwować bardzo słabą poświatę.
4:56 Zaciemniając pokój i patrząc z bliska, możemy zauważyć, że nasza dioda świeci.
5:03 Cztery szeregowo połączone cytryny wytworzyły wystarczająco wysokie napięcie i prąd o wystarczająco dużym natężeniu, aby dioda zaświeciła się po włączeniu jej w obwód elektryczny zawierający cytrynowe baterie.
5:13 Diody LED sprzedawane są w różnych kolorach i rozmiarach.
5:18 Oto przezroczysta dioda o dużej intensywności światła.
5:19 Po podłączeniu jej do naszego szeregu cytrynowych baterii, możemy zaobserwować niekłe, czerwone światło.
5:40 Baterie cytrynowe nie są w stanie wytworzyć prądu o natężeniu wystarczającym do działania większości urządzeń elektrycznych.
5:47 Jednakże niskoprądowe urządzenia, takie jak ten kalkulator, mogą być z łatwością zasilane przez baterię złożoną z dwóch cytryn.
5:53 Przejrzyj film dotyczący baterii octowych, gdzie znajdziesz informacje na temat sposobu podłączania do nich kalkulatora.
6:07 jeśli chcesz połączyć ze sobą większą liczbę cytrynowych baterii, możesz właściwie pociąć cytryny na ćwiartki lub na mniejsze części, a każdy kawałek będzie działać jak osobne ogniwo.
6:18 Zachowaj jednak wówczas ostrożność podczas krojenia i upewnij się, że blat pomiędzy poszczególnymi kawałkami cytryn jest suchy.
6:24 Jeśli bowiem kawałki cytryn zostaną połączone plamą rozchłapanego soku cytrynowego, wpłynie to na wydajność baterii.
6:35 Więcej informacji na temat baterii cytrynowych znajdziecie na naszej stronie: hillard.com

Doświadczenie 3: Przewodniki i izolatory



Przyrządy i materiały:

bateria 4.5V (R12) lub trzy baterie 1,5V (AA) złączone szeregowo (czyli poprzez zetknięcie + jednej baterii z – kolejnej) za pomocą plasteliny lub taśmy klejącej, trzy izolowane przewody o długości ok.20 cm z końcówkami odartymi z izolacji (ok.1,5 cm), standardowa żaróweczka do latarki z gwintem (E10) lub dioda świecąca (LED), plastelina lub lutownica, różne przedmioty codziennego użytku: metalowa łyżka, drewniana łyżka lub klocek, puszka po napoju, grafit z ołówka, szklanka, sól kuchenna, woda z kranu

XVIII. Piorunujące wrażenie

Przygotowanie.

- Przyklej plasteliną dwa przewody do żarówki (patrz rysunek) lub przylutuj je.
- Sporządź wodny nasycony roztwór soli kuchennej.

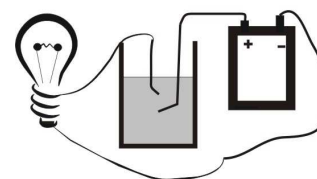


Eksperyment.

- Owiń nieizolowanym końcem jednego przewodu od żarówki zacisk baterii o symbolu $+$ oraz nieizolowanym końcem trzeciego przewodu zacisk baterii o symbolu $-$. Swobodne, końce dwóch przewodów kolejno obwiąż wokół jednego badanego przedmiotu, tak, aby się nie stykały oraz by całość utworzyła obwód zamknięty (tak jak na rysunku).



- Jeżeli badasz ciecz w szklance, to końce przewodów (od zacisku baterii i od żarówki) wkładaj bezpośrednio do płynu, tak aby się ze sobą nie stykały oraz aby całość utworzyła obwód zamknięty (jak na rysunku). Jeżeli żarówka nie świeci po podłączeniu baterii 4,5V, należy dołączyć do obwodu jeszcze jedną lub dwie baterie 4,5V (szeregowo, czyli łącząc $+$ jednej baterii z $-$ kolejnej).



Obserwuj, przy użyciu którego badanego przedmiotu lub cieczy żarówka świeci.

Uwaga: Jeżeli żarówka nie świeci nawet po włączeniu do obwodu metalowego widelca, to najpierw sprawdź, czy obwód elektryczny jest zamknięty. Dla pewności można przylutować kabelki do żarówki (zamiast łączenia ich z żarówką za pomocą plasteliny).

Obserwacja.

- Czy grafit przewodzi prąd?
- Czy roztwór soli przewodzi prąd? Jak duże musi być w tym przypadku przyłożone napięcie, aby żarówka zaczęła świecić?
- Który przedmiot lub substancja były najlepszym izolatorem, a który najlepszym przewodnikiem?

Komentarz.

Jeżeli żarówka jasno świeci, to znaczy, że przedmiot lub ciecz włączone do obwodu elektrycznego dobrze przewodzą prąd (mają mały opór elektryczny). Im gorszy przewodnik włączono do obwodu, tym słabiej świeci żarówka.

Jeżeli wkładając swobodne końce kabli do roztworu przez przypadek zetkniesz je ze sobą odartymi z izolacji końcówkami nastąpi zwarcie, powodujące przepływ prądu o dużym natężeniu i spalenie żarówki.

Doświadczenie 4: Świeący ogórek



Projekcja filmu z Internetu.
Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Świeący ogórek kiszony (czas projekcji 22 s): <http://www.youtube.com/watch?v=j7mt7iTKA6U>
(w razie komunikatu o błędzie należy w wyszukiwarce YouTube wpisać: "świeący ogórek" i poszukać filmu trwającego 22 s)

Uwaga: Należy przestrzec uczniów przed wykonywaniem tego doświadczenia samodzielnie w domu.

Komentarz.

Ogórek kiszony zawiera bardzo dużo wody, kwasu i soli, przez co staje się dobrym przewodnikiem (elektrolitem). Po przyłączeniu do niego napięcia 230V z sieci elektrycznej przepływa więc przez niego prąd o bardzo dużym natężeniu, powodując silne rozgrzanie i świecenie ogórka.

W zależności od wieku i płci 60-75% objętości człowieka stanowi woda, w której rozpuszczone są sole mineralne (tworzące elektrolity). Dlatego ludzkie ciało, podobnie jak ogórek posiada bardzo mały opór. Co prawda, pod wpływem napięcia 230V człowiek nie świeci, ale może ulec poważnemu (nawet śmiertelnemu) porażeniu prądem.

Prawidłowe funkcjonowanie organizmu żywego, w tym organizmu człowieka, związane jest z nieustannym, lokalnym przepływem prądów o bardzo małych natężeniach rzędu ułamków miliamperów (mA) i powstawaniem niewielkich napięć rzędu ułamków voltów (V). Ujemny wpływ na zdrowie i życie mają nie tyle wysokie wartości napięcia, co przekroczenie pewnych progowych wartości natężenia prądu elektrycznego.

Zetknięcie z zewnętrznym źródłem napięcia, powodujące przepływ przez organizm człowieka dodatkowego prądu elektrycznego o natężeniu rzędu 0,5 mA, nie jest przez niego odczuwalne. Dla prądu o stałym natężeniu ta wartość progowa jest nawet wyższa i wynosi 2mA. Do granicznej wartości około 1,6 mA receptory dotyku odczuwają szczypanie (np. przy dotknięciu językiem zwykłej płaskiej baterijki o napięciu 4,5V), a powyżej tej wartości – dyskomfort związany z cierpieniem kończyn lub ich sztywnieniem. Przekroczenie wartości 500mA dla impulsu trwającego krócej niż 0,1 s lub wartości 30 mA w przypadku kontaktu trwającego dłużej niż 1s może doprowadzić do migotania komór serca, a w konsekwencji do śmierci.

Natężenie prądu przepływającego przez ludzki organizm zależy od oporu ciała ludzkiego oraz oporu ubrania: im bardziej są one suche, tym większy opór, a jednocześnie mniejsze natężenie prądu. Wilgotny język czy mokre ręce mają opór dwadzieścia razy mniejszy, niż sucha skóra, a mokre obuwie tekstylne – opór kilka milionów razy mniejszy, niż suche obuwie na gumowych podszewkach.

Doświadczenie 5: Moc żarówki



Przyrządy i materiały:

bateria 4,5V (R12), bateria 1,5V (AA), standardowa żaróweczka do latarki (E10) lub dioda świecąca (LED), plastelina lub lutownica, zwykła żarówka

Przygotowanie.

- Przyklej plasteliną dwa przewody do żarówki (patrz rysunek) lub przylutuj je.



XVIII. Piorunujące wrażenie

Eksperyment.

- Przyłącz dwa końce przewodów do dwóch biegunów baterii 1,5V(w przypadku diody LED należy zwrócić uwagę na to, aby odpowiednia końcówka była przyłączona do odpowiedniego bieguna, natomiast w przypadku zwykłej żaróweczki do latarki nie ma to znaczenia).
- Przyłącz dwa końce przewodów do dwóch biegunów baterii 4,5V(w przypadku diody LED należy zwrócić uwagę na to, aby odpowiednia końcówka była przyłączona do odpowiedniego bieguna, natomiast w przypadku zwykłej żaróweczki do latarki nie ma to znaczenia).

Obserwacja.

- Oglądnij małą żarówkę i odczytaj informacje, które się na niej znajdują.
- Przy użyciu której baterii żaróweczka świeci jaśniej?
- Oglądnij zwykłą żarówkę i odczytaj informacje, które się na niej znajdują.

Komentarz.

Na małych żaróweczkach można znaleźć informacje o napięciu (podawanym w woltach, V) i natężeniu prądu (podawanym w amperach, A) przepływającym przez tę żaróweczkę przy wskazanym napięciu. Ani napięcie U , ani natężenie prądu I nie charakteryzuje z osobna takiej żarówki. Jej cechą indywidualną jest opór R , będący ilorazem napięcia i natężenia prądu przepływającego przez żarówkę przy tym właśnie napięciu (zgodnie z prawem Ohma): $R=U/I$.

Jasność świecenia żarówki charakteryzuje jej moc P . Moc można obliczyć na trzy sposoby: $P = U \cdot I$,

$$P = \frac{U^2}{R}, \quad P = I^2 \cdot R.$$

Na dużych żarówkach podawane są dwie informacje: moc żarówki (w watach, W) oraz napięcie, przy którym ta moc jest osiągnięta (w woltach, V). Ponieważ duże żarówki w Polsce zasilane są z sieci elektrycznej o ustalonym napięciu zmiennym 230V, te dwie informacje jednoznacznie określają jasność świecenia żarówki. Jeżeli jednak do takiej żarówki przyłączymy źródło napięcia o innej wartości niż 230V, moc żarówki (a tym samym jasność świecenia) zmienią się. Bowiem cechą charakterystyczną każdej żarówki nie jest ani jej moc, ani napięcie, ani natężenie przepływającego prądu, ale opór jej włókna.

XVIII. Piorunujące wrażenie

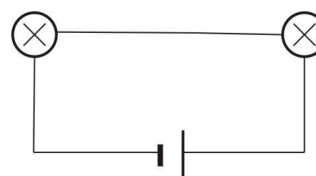
Doświadczenie 6: Połączenia żarówek

**Przyrządy i materiały:**

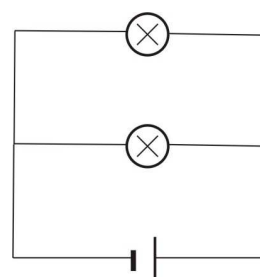
2 żaróweczki do latarki (E10) z przylutowanymi lub przymocowanymi za pomocą plasteliny kablami jak na rysunku, bateria 4.5V (R12) lub trzy baterie 1,5V (AA) złączone szeregowo (czyli poprzez zetknięcie + jednej baterii z – kolejnej) za pomocą plasteliny lub taśmy klejącej.

Eksperyment.

- Połącz 2 żarówki szeregowo według schematu:



- Połącz 2 żarówki równolegle według schematu:

**Obserwacja.**

- W którym przypadku żarówki świecą jaśniej?
- Czy po połączeniu dwóch żarówek i baterii w obwód elektryczny obie żarówki świecą jednakowo?

Komentarz.

Wszystkie urządzenia w naszych mieszkaniach podłączone są w równoległą instalację elektryczną przyłączoną do źródła napięcia doprowadzanego z zewnętrznej sieci energetycznej. W połączeniu równoległym bowiem, między końcami każdego odbiornika występuje jednakowe napięcie i każde urządzenie może pracować niezależnie od pozostałych. Natężenia prądów płynącego przez poszczególne urządzenia mogą się natomiast od siebie różnić, zależnie od oporów wewnętrznych tych urządzeń.

W połączeniu szeregowym, przez wszystkie urządzenia płynie prąd o jednakowym natężeniu. Przerwanie obwodu (np. wyłączenie urządzenia wyłącznikiem) powoduje przerwanie dostawy prądu do obwodu, czyli do wszystkich pozostałych urządzeń. Takie połączenie występowało w dawnych typach oświetlenia choinkowego – spalanie się jednej żarówki powodowało wyłączenie pozostałych. W połączeniu szeregowym napięcia między końcami poszczególnych odbiorników mogą się różnić, zależnie od oporów wewnętrznych tych odbiorników.

XIX. Elektromagnetyzm

Co już wiemy (2 min)

- Jakie znasz rodzaje oddziaływań przyciągających i odpychających?
- Czy można rozdzielić różnoimienne ładunki elektryczne?
- Jak nazywają się bieguny magnesu?

Pytania wstępne (4 min)

- Czy magnesy przyciągają wszystkie metalowe przedmioty?
- Który kierunek geograficzny wskazuje igła magnetyczna kompasu?
- Czy można rozdzielić bieguny magnesu?
- Co jest źródłem ziemskiego pola magnetycznego?
- Gdzie znajdują się najszybsze pociągi na świecie? Jakie szybkości osiągają?
- Jak to możliwe, że te pociągi osiągają tak duże szybkości?
- Gdzie można spotkać pętlę indukcyjną?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Magnetyki (5 min)

Doświadczenie 2: Kompas (5 min)

Doświadczenie 3: Lewitacja (3 min)

Doświadczenie 4: Elektromagnes (5 min)

Doświadczenie 5: Kolej magnetyczna (7 min)

Doświadczenie 6: Magnetyczny silnik (7 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

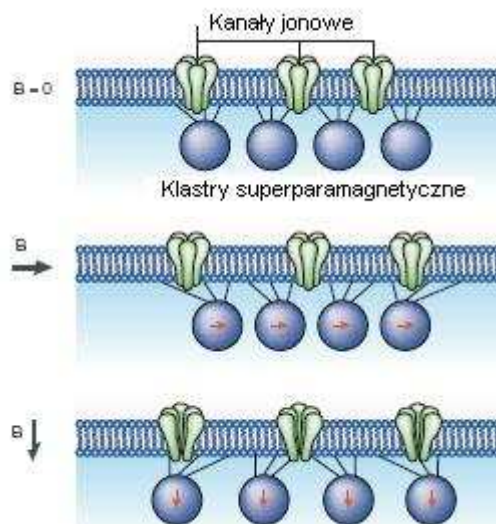
Ponieważ ludzkie poczucie orientacji oparte jest głównie na zmyśle wzroku (czasem wspomaganym przez zmysł słuchu), człowiek musiał sobie stworzyć zewnętrzny system nawigacji -GPS. Wiele gatunków zwierząt postarało się o analogiczny (choć mniej precyzyjny) system na drodze ewolucji.

Podaje się, że GPS zwierząt wędrownych (wielu gatunków ptaków - np. gołębi pocztowych, żółwi, salamander, ryb spodoustych -np. rekinów, homarów i innych) oparty jest na magnetoreceptorach. Badacze mają jednak nie lada kłopot z ich znalezieniem, ponieważ nie bardzo wiadomo, gdzie ich szukać. Pole magnetyczne przenika przez komórki ciała, dlatego receptory te mogą znajdować się w dowolnym miejscu, a dodatkowo mogą być rozsiane po organizmie, ponieważ w przypadku orientacji nie jest potrzebny jeden konkretny narząd zmysłu.

Magnetoreceptory mogłyby być czułe zarówno na odchylenia od kierunku pola magnetycznego Ziemi, wartość indukcji pola magnetycznego, jak i na biegunowość pola (odróżniając magnetyczny biegun północny od południowego). Lata badań zawęziły poszukiwania mechanizmów orientacji zwierząt w polu magnetycznym do trzech możliwości: wykorzystania indukcji elektromagnetycznej, powstawania reakcji chemicznych zależnych od pola magnetycznego oraz oddziaływania z polem magnetycznym magnetytów obecnych w ciele zwierzęcia.

Ten ostatni mechanizm został potwierdzony u gołębi pocztowych. W ostatnich latach odkryto w górnej części ich dzioba magnetyty superparamagnetyczne Fe_3O_4 (patrz rysunki), które magnesują się nietrwale, zgodnie z kierunkiem i zwrotem zewnętrznego pola magnetycznego. Ich klastry prawdopodobnie połączone są z kanałami jonowymi i (zgodnie z hipotezą) mogą je zamykać lub otwierać na zasadzie efektu mechanicznego.

Pole magnetyczne ustawione równoległe do błony komórkowej, miałyby powodować przyciąganie się drobnych magnetytów (rysunek środkowy), dzięki czemu kanały jonowe pozostawałyby całkowicie zamknięte. Natomiast w polu magnetycznym



XIX. Elektromagnetyzm

ustawionym prostopadłe do błony komórkowej, drobne magnetyty odpychałyby się (jak magnesy, których jednoimienne bieguny ustawiono blisko siebie), co miałyby doprowadzać do otwarcia kanałów jonowych (rysunek dolny). W przypadkach pośrednich kanały jonowe byłyby otwarte częściowo. Hipoteza ta zgodna jest z faktem, że gołębie pocztowe nie reagują na biegunowość pola magnetycznego (nie było im to ewolucyjnie potrzebne ze względu na stosunkowo niewielkie odległości, jakie pokonują w swych wędrówkach), a jedynie na wartość wektora indukcji magnetycznej.

Na niektórych skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną można zauważyć **pętlę indukcyjną**, osadzoną w jezdni tuż przy jej powierzchni, służącą do detekcji obecności pojazdu w jej obszarze. Pętla ta może działać na dwa sposoby. Pierwszy sposób polega na podłączeniu pętli do źródła napięcia, stąd w jej wnętrzu istnieje pole magnetyczne, prostopadłe do płaszczyzny pętli. Do pętli zostaje przyłączony miernik indukcyjności. Indukcyjność zależy od ilości zwojów w pętli oraz od rodzaju materiału, który znajduje się w obszarze tej pętli. Jeżeli w obszarze pętli nie ma żadnych pojazdów, indukcyjność jest niewielka (indukcyjność powietrza i asfaltu). Jeżeli natomiast w obszar pętli wjedzie pojazd, zawierający duże ilości stali (samochód), to indukcyjność gwałtownie wzrasta. Miernik wskazuje ten wzrost. Drugi sposób polega na wykorzystaniu zjawiska indukcji elektromagnetycznej. Pętla nie jest zasilana żadnym źródłem napięcia, a jedynie podłączana do woltomierza. Jeżeli w obszarze pętli przemieszcza się obiekt zawierający dużą ilość stali, czyli materiału ferromagnetycznego, zaczyna w niej płynąć prąd indukcyjny, (co miernik wykazuje jako powstanie napięcia elektrycznego). W obu przypadkach połączone z miernikami czujniki wysyłają do systemu sygnalizacji świetlnej informację o obecności pojazdu w konkretnej części skrzyżowania. System dostosowuje się do zaistniałej sytuacji i w miarę możliwości natychmiast lub po chwili włącza zielone światło dla czekającego pojazdu.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Przegląd zagadnień z magnetyzmu i elektromagnetyzmu: „Wybieram fizykę”, pod red. J. salach - t.2, rozdz. 12 i t.3, rozdz. 13 (Zamkor 2007).
2. Monety polskie: <http://www.nbp.pl/Home.aspx?f=banknoty/monety.htm>
3. Monety Euro: <http://www.nbp.pl/Home.aspx?f=euro/waluta.htm>
4. Domowy kompas – film instruktażowy: <http://www.csiro.au/scope/clips/e21c01.htm>
5. Bieguny geomagnetyczne: http://pl.wikipedia.org/wiki/Biegun_geomagnetyczny
6. Biegun magnetyczny północny na mapach w Internecie:
http://stable.toolserver.org/geohack/geohack.php?language=pl¶ms=79_0_0_N_105_0_0_W_scale:1000000
7. Lewitująca płytka: <http://www.wonderhowto.com/how-to/video/how-to-make-a-homemade-anti-gravity-toy-faux-to-165068/>
8. Pociąg Magleva – krótki film: <http://www.csiro.au/scope/clips/e21c02.htm>
9. Kolej magnetyczna: http://pl.wikipedia.org/wiki/Kolej_magnetyczna
10. Magnetyczny silnik: Foton 104, Wiosna 2009:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/104/pdf/08%20mag2%20karwasz.pdf>
11. W jaki sposób sterować zmianą pola magnetycznego w czujnikach wmontowanych w jezdnię w pobliżu skrzyżowań: <http://www.wonderhowto.com/how-to/video/how-to-trigger-traffic-lights-to-change-from-red-to-green-78256/>
12. Niezwykła kariera pola magnetycznego – od teorii do zastosowań: Foton 93, Lato 2006:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/93/pdf/05%20niezwykla%20kariera.pdf>

XIX. Elektromagnetyzm

Doświadczenie 1: Magnetyki



Przyrządy i materiały:

dwa małe magnesy (najlepiej neodymowe), aluminiowa puszka po napoju, gwóźdź stalowy, moneta: 1, 2 lub 5 centów europejskich, monety polskie, inne ogólnodostępne przedmioty (metalowe)

Eksperyment.

- Zbliź dwa magnesy do siebie na niewielką odległość. Jaki rodzaj siły (odpychającej, czy przyciągającej) odczuwasz pomiędzy magnesami?
- Zbliżaj magnes kolejno do różnych przedmiotów i obserwuj ich zachowanie pod wpływem pola wytworzonego przez magnes. Na ile jest to możliwe, spróbuj znaleźć informacje (np. w encyklopedii lub Internecie), dotyczące składu chemicznego badanych przedmiotów.

Obserwacja.

- Pogrupuj przedmioty ze względu na to, w jaki sposób oddziałują z polem magnetycznym magnesu.

Komentarz.

Magnes trwały to ciało wytwarzające w otaczającej go przestrzeni nieznikające pole magnetyczne. Najnowsza generacja magnesów, to magnesy neodymowe. Mówimy, że każdy magnes ma dwa bieguny: północny (oznaczany jako **N**) i południowy (oznaczany jako **S**). Nie można rozdzielić biegunów magnesu – po podzieleniu magnesu na dwie części, w obu pojawia się biegun północny i biegun południowy. Dwa magnesy można ustawić tak, aby się przyciągały lub tak, aby się odpychały. Jednoimienne bieguny się odpychają, a różnoimienne – przyciągają.

Ze względu na właściwości magnetyczne, substancje dzielimy na diamagnetyki, paramagnetyki i ferromagnetyki. Magnesy wykonywane są z ferromagnetyków twardych, tzn. takich, które zachowują swoje namagnesowanie nawet, jeśli znajdują się w polu magnetycznym innego magnesu.

Istnieją także ferromagnetyki miękkie i półtwarde, które zachowują się jak magnesy tylko wtedy, gdy znajdują się w polu magnetycznym innego magnesu. Ferromagnetyki półtwarde (np. gwóźdź żelazny) po wprowadzeniu ich do pola magnetycznego namagnesowują się i zachowują ten stan, nawet, jeśli pole magnetyczne zostanie usunięte. Wszystkie ferromagnetyki są silnie przyciągane przez magnes. Ferromagnetyki miękkie tracą swoje namagnesowanie po usunięciu pola magnetycznego.

Oprócz grupy ferromagnetyków, istnieją także diamagnetyki i paramagnetyki, które same nie wytwarzają pola magnetycznego. Obie te grupy namagnesowują się w zewnętrznym polu magnetycznym i rozmagnesowują, gdy pole magnetyczne znika. Paramagnetyki są przyciągane przez magnesy (ale znacznie słabiej niż ferromagnetyki miękkie), a diamagnetyki są bardzo słabo odpychane przez magnesy.

Właściwości magnetyczne zależą od składu chemicznego przedmiotów. Diamagnetykami są m.in.: miedź, złoto, magnez, cynk, krzem; paramagnetykami: tlen, aluminium (bardzo słaby), platyna, ferromagnetykami: kobalt, nikiel i żelazo. Stal wykazuje właściwości ferromagnetyka półtwardego, ponieważ jest stopem żelaza i węgla, w którym węgiel nie przekracza 2-3% zawartości.

Monety: 1, 2 i 5 centów europejskich są wykonane ze stali miedziowanej, dlatego pod wpływem pola magnetycznego zachowują się jak ferromagnetyki. Monety polskie nie zawierają stali – żadna z nich nie wykazuje właściwości ferromagnetyka.



Doświadczenie 2: Kompas

Przyrządy i materiały:

igła do szycia, korek do butelki, magnes (najlepiej z oznaczonym biegunem północnym i południowym), miska lub głęboki talerz, nożyk, woda z kranu

Przygotowanie.

Napełnij miskę lub talerz wodą. Wytnij płaski dysk z korka do butelki.

Eksperyment.

- Aby przemienić igłę w magnes, należy potrzeć igłę o jeden z biegunów magnesu (np. południowy) 20-30 razy.

Uwaga: Ważne, aby pocierać stale w tę samą stronę: np. przyłożyć ucho igielne do brzegu jednego bieguna magnesu, przeciągnąć igłę po magnesie - od ucha igielnego do ostrza igły, następnie podnieść igłę powyżej magnesu, przesunąć do pozycji początkowej i powtórzyć operację jeszcze raz (w sumie 20-30 razy). Pocierając w ten sposób namagnesowujemy igłę tak, że ostrze igły staje się biegunem północnym, a końcówka z uchem igielnym – biegunem południowym.

Uważaj, aby nie upuścić igły, ponieważ wstrząs mechaniczny (podobnie zresztą jak wzrost temperatury), najczęściej powoduje ponowne przypadkowe ułożenie biegunów magnetycznych w poszczególnych częściach (domenach) igły.

- Połóż namagnesowaną igłę na dysku z korka, a następnie dysk z igłą na tafli wody.
- Po chwili igła powinna ustawić się równolegle do kierunku N-S magnesu, jaki stanowi Ziemia

Uwaga: Po położeniu korka z igłą na tafli wody, należy usunąć wszystkie magnesy lub źródła pola magnetycznego z otoczenia talerza; w przeciwnym wypadku igła będzie się ustawiać zgodnie z biegunowością silnych magnesów, zamiast zgodnie z biegunowością Ziemi.

W razie wątpliwości, co do sposobu wykonania ćwiczenia, można obejrzeć film instruktażowy:

<http://www.csiro.au/scope/clips/e21c01.htm> wraz z zapisem tekstu (w j. angielskim):

<http://www.csiro.au/scope/transcripts/e21c01transcript.htm>

Komentarz.

Ziemię można traktować jako gigantyczny magnes, który – jak wszystkie inne magnesy - posiada biegun północny (N) i południowy (S). Położenie biegunów magnetycznych Ziemi jest zmienne, co jest zauważalne w okresach czasu rzędu dziesiątek lat. W dziejach Ziemi dochodziło wielokrotnie do odwrócenia biegunów, co zostało utrwalone w magnetyzacji szczątkowej skał magmowych. Obecnie biegun magnetyczny południowy znajduje się na półkuli północnej, a północny - na południowej; taką sytuację określa się jako polarność normalną Ziemi. Bieguny geograficzne zostały nazwane nie zgodnie z nazwami biegunów magnetycznych, ale zgodnie z nazwami biegunów magnesów, które są w ich kierunku przyciągane.



Należy również dodać, że ze względu na trwający obecnie proces przemagnesowywania Ziemi, bieguny geograficzne nie pokrywają się już z biegunami magnetycznymi, dlatego kierunek północny wskazywany przez igłę kompasu różni się od kierunku wskazującego położenie bieguna północnego.

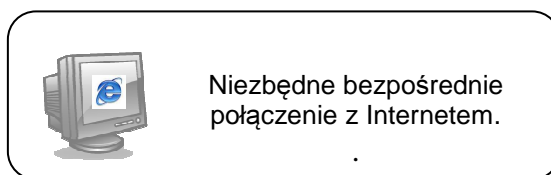
W 2001 roku położenie biegunów magnetycznych Ziemi określono następująco: biegun południowy: 79°N, 105°W (koło Wyspy Ellefa Ringnesa), biegun północny: 65°S, 136°E (niedaleko Wybrzeża Adeli).

Znajdź biegun magnetyczny północny na mapach (np. w Internecie):

http://stable.toolserver.org/geohack/geohack.php?language=pl¶ms=79_0_0_N_105_0_0_W_scale:1000000)



Doświadczenie 3: Lewitacja



W miarę możliwości zamiast projekcji filmu można odtworzyć przebieg doświadczenia podczas zajęć.

Lewitująca płytka: <http://www.wonderhowto.com/how-to/video/how-to-make-a-homemade-anti-gravity-toy-faux-to-165068/> (czas projekcji 2 min)

Tłumaczenie napisów:

- 0:01 Potrzebujesz: trzech silnych płaskich magnesów, zwróconych biegunami **S** ku górze.
- 0:06 Postaw szklaną miskę na magnesach.
- 0:16 Magnesy powinny znajdować się w równych odległościach od siebie.
- 0:20 Z miedzianego drutu zrób cewkę o 15 zwojach i połącz jej końce ze sobą.
- 0:29 Połóż zwojnicę na dnie miski.
- 0:35 Owiń kartę do gry folią aluminiową i w każdy róg karty włóż płaski magnes neodymowy (potrzebujesz 4 magnesów).
- 0:43 Zobaczmy, jak to działa.
- 0:54 Karta unosi się około 6 cm nad zwojnicą.
- 1:01 Żadnej nici, żadnej manipulacji, czysty magnetyzm.
- 1:17 Dla tych, którzy są sceptyczni, połóż deskę na misce.
- 1:24 Teraz za pomocą metalowego przedmiotu, możesz działać na kartę.



Doświadczenie 4: Elektromagnes

Przyrządy i materiały:

bateria 4.5V (R12) lub trzy baterie 1,5V (AA) złączone szeregowo (czyli łącząc **+** jednej baterii z **-** kolejnej) za pomocą plasteliny lub taśmy klejącej, cienki kabel o długości 1 m, gruba żelazna śruba lub długi gwóźdź (mogą być stalowe), kilka szpilek lub metalowych spinaczy biurowych.

Przygotowanie.

Nawiń kabelek na śrubę, tworząc kilkadziesiąt pętli – jedna obok drugiej i zostawiając około dziesięciocentymetrowe swobodne końcówki obu stron kabla (pozbawione izolacji).

Eksperyment.

- Zbliź gwóźdź z nawiniętym kablem do szpilek lub spinaczy.
- Przyłącz dwie nieizolowane końcówki kabla do dwóch różnych biegunów baterii. Ponownie zbliź gwóźdź z nawiniętym kablem do szpilek lub spinaczy.
- Odłącz kabel od baterii, obserwując, co się stanie ze szpilkami (spinaczami).

Obserwacja.

- Czy szpilki lub spinacze przyłączyły się do śruby niepodłączonej do baterii?
- Czy szpilki lub spinacze przyłączyły się do śruby podłączonej do baterii?
- Czy po odłączeniu od baterii śruba zachowała namagnesowanie?

XIX. Elektromagnetyzm

Komentarz.

Śruba wykonana z żelaza lub stali jest ferromagnetykiem. Oznacza to, że magnesuje się pod wpływem przyłożonego pola magnetycznego. Pole to zostaje wytworzone w zwojnicy (drucie zwiniętym w szereg pętli) pod wpływem przepływającego przez zwojnicę prądu elektrycznego. Pole to jest tym silniejsze, im bardziej ferromagnetyczny materiał znajduje się we wnętrzu tej zwojnicy. Zatem pod wpływem prądu płynącego przez zwojnicę śruba staje się magnesem. Z kolei ona namagnesowuje stalowe szpilki lub spinacze, które dzięki temu są do niej przyciągane. Materiał ferromagnetyczny (śruba) zachowuje swoje własności magnetyczne przez pewien czas nawet po usunięciu magnesującego go zewnętrznego pola magnetycznego. Dlatego nawet po odłączeniu kabla od baterii, spinacze w dalszym ciągu przywierają do śruby.

Elektromagnesy wykorzystywane są m.in. w domofonach. Przez instalację domofonu płynie przez cały czas prąd o napięciu 12V, płynąc także przez elektromagnes w samym zamku. Elektromagnes ten przyciąga metalowe wypustki zamka, zaciskając je z siłą 2000-4000 N. Chcąc wpuścić gościa, naciskamy wyłącznik, który powoduje chwilowe przerwanie obwodu, a tym samym odłączenie prądu od elektromagnesu. Chwilowo elektromagnes przestaje działać, elementy zamka są uwalniane z zacisku i dlatego drzwi można otworzyć.

Duże elektromagnesy można spotkać na złomowiskach. Siła magnetyczna jest przez nie wykorzystywana do podnoszenia ciężkich złomowanych elementów.

Doświadczenie 5: Kolej magnetyczna



Niezbędne bezpośrednie połączenie z Internetem.

Lewitujący pociąg: <http://www.csiro.au/scope/clips/e21c02.htm> (czas projekcji 2 min 24 s)

Tłumaczenie.

0:01 Przez ponad 200 lat pociągi właściwie niewiele się zmieniły – szereg wagonów ze stalowymi kołami, napędzany przez silnik. Może nadszedł czas na całkowitą zmianę myślenia. Oczywiście, przy użyciu magnesów.

0:11 Magnesy nie tylko przyciągają przedmioty. Mogą także sprawiać, aby przedmioty się poruszały.

0:19 I to naprawdę szybko.

0:23 Nazywam się Tristan Doust, jestem technikiem systemów komputerowych w Windana i zawsze poszukuję nowych inspiracji dotyczących transportu i energii.

0:30 Możemy się wiele nauczyć z przeszłości - na przykład ten stary pociąg parowy w Muzeum Powerhouse może być dla nas źródłem inspiracji.

0:41 W dawnych czasach para wodna była źródłem energii dla pociągów, ale mój ostatni projekt badawczy to pociąg napędzany energią magnetyczną.

0:48 Wiemy wszyscy, że magnesy mogą oddziaływać bardzo silnie. Ale w jaki sposób wykorzystać je do poruszania pociągów?

0:57 W przypadku magnesów, różnoimienne bieguny przyciągają się, ale jednoimienne bieguny – odpychają. I właśnie kombinację tych silnych oddziaływań użyto do napędzenia magneto-lewitujących pociągów (Maglev).

1:08 Wykonałem prosty model, żeby pokazać wam, co mam na myśli.

1:13 Tradycyjne torowisko zostało zastąpione przez układ elektromagnesów (lub magnesów nadprzewodzących) rozciągających się wzdłuż trasy kolei magnetycznej. Elektromagnesy te odpychają silne magnesy znajdujące się na spodach wagonów kolejowych. Dzięki temu cały pociąg unosi się (lewituje) kilka centymetrów nad trasą kolei magnetycznej.

XIX. Elektromagnetyzm

1:25 Kiedy już pociąg unosi się nad trasą, do mijanych właśnie przez niego elektromagnesów doprowadzane jest zasilanie, które powoduje wytworzenie pól magnetycznych o kształcie umożliwiającym popychanie pociągu wzdłuż trasy.

1:37 Ze względu na swoje opływowe kształty, a także ze względu na brak tarcia (spowodowany faktem, że pociąg magnetyczny właściwie porusza się na poduszce powietrznej), taki środek transportu może osiągnąć niebywałe prędkości – rzędu 500 km/h.

1:50 Kolej magnetyczna kreśli imponujące trasy wzdłuż i w szerz zarówno wiejskich, jak i miejskich regionów Niemiec, Japonii i Chin. Jest nadzieja, że rozprzestrzeni się ona także na inne kraje, w tym na Australię.

2:00 Jeśli was to interesuje, podróż koleją magnetyczną z Sydney do Melbourne, ze średnią szybkością 400 km/h, mogłaby zająć dwie i pół godziny – czyli znacznie, znacznie krócej niż podróż zwykłym pociągiem.

2:15 To wygląda na znakomity pomysł, jeśli chodzi o środki transportu i oszczędne wykorzystanie energii.

2:20 Obserwujcie dalszy rozwój kolei magnetycznej.



Projekcja filmów i animacji
z Internetu.

Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Pociąg typu Maglev: <http://www.youtube.com/watch?v=VuSrLvCVoVk> (czas projekcji 4 min 43 s)

Tłumaczenie.

0:01 Oto najszybsze pociągi pasażerskie na Ziemi.

0:05 Tak zwane bullet-train, czyli pociągi-pociski, podróżujące z szybkością 350 km/h.

0:12 To około dwa razy szybciej niż pociągi pasażerskie w Ameryce Północnej.

0:17 Jednakże wciąż nie są one wystarczająco szybkie dla osób zajmujących się nimi.

0:21 Staramy się w tej chwili wdrożyć system kolei, w którym pociągi mogłyby osiągnąć szybkość 500 km/h.

0:32 A oto, w jaki sposób chcą tego dokonać.

0:38 Na tym torze testowym w pobliżu Tokio inżynierowie testują nowy typ pociągu: taki, który porusza się na cienkiej warstwie powietrza i wykorzystuje magnesy do rozpędzania.

0:46 Nazywany jest Maglev – skrótem od „magnetycznej lewitacji”.

0:52 A Japonia jest jednym z państw, które starają się zastosować tę technologię do przejazdów pasażerskich.

0:58 Naszym głównym celem jest wypracowanie takiego systemu, który będzie niezawodny, stabilny i komfortowy, tak, jak system obecnie dostępnym.

1:09 Oto jak ten system działa.

1:13 Wirujące magnesy wbudowano w boczne ściany pociągu. I podobnie ulokowano magnesy wzdłuż trasy kolejowej.

1:17 Magnesy w pociągu są ustawiane równoległe tak, aby przez cały czas były skierowane w stronę magnesów, z którymi oddziałują: odpowiednio różnoimiennym biegunem w stronę magnesu, który je przyciąga i jednoimiennym biegunem w stronę magnesu, który je odpycha.

1:27 Pociąg posiada koła, ale jak tylko osiągnie szybkość 140 km/h, koła są wciągane do jego wnętrza, podobnie jak koła samolotu po wystartowaniu.

1:37 Następnie ponieważ pociąg dzięki magnesom zawieszony jest w powietrzu, pomiędzy nim a trasą nie występuje spowalniające go tarcie.

1:43 Jednego, czego od tej pory potrzebuje pociąg do poruszania się po testowym torze, to siły magnetyczne, powodujące szybki wzrost wartości prędkości.

1:52 To było 500 km/h - mniej więcej tak szybko, jak samolot.

1:57 Ale Maglev może poruszać się nawet szybciej.

2:00 oto, co zdarzyło się w roku 2003, kiedy to inżynierowie starali się doprowadzić do pobicia rekordu szybkości.

XIX. Elektromagnetyzm

2:05 Ten test, podczas którego pociąg osiągnął chwilową szybkość 581 km/h, został wpisany do Księgi Rekordów Guinnessa.

2:16 Jednakże inżynierowie nie zbudowali tej testowej trasy, żeby pobijać rekordy. Starali się skonstruować pociąg szybki, bezpieczny i wystarczająco ekonomiczny, aby można było go zastosować jako pociąg pasażerski.

2:29 Najważniejsze wyzwanie, jakie stoi teraz przed nami rozszerzenie dostępności, rozwój technologii celu redukcji kosztów i wreszcie polepszenie aerodynamiki pociągu.

2:44 Zatem każdego dnia inżynierowie wsiadają do tego pociąg uzbrojeni w precyzyjne urządzenia.

2:29 Mierzą wibracje, poziom hałasu i inne parametry, które mogą stać się krytyczne dla zamkniętych i stłoczonych na niewielkiej przestrzeni osób.

2:56 Starają się także poprawić przyspieszenie. Obecnie w czasie półtorej minuty pociąg przyspiesza od 0 do 500 km/h.

3:04 Starają się także przewidzieć wszelkie inne okoliczności.

3:09 Więc przeprowadzają testy w deszczu, w warunkach nocnych, a także przeprowadzają testy dotyczące stabilności w przypadku, gdy dwa pociągi poruszające się z szybkością 500 km/h każdy mijają się jadąc naprzeciwko siebie.

3:36 Byliśmy w stanie otrzymać w takich warunkach szybkość względną 1026 km/h.

3:36 ... teraz jednak najważniejszą sprawą są koszty. Powstał pomysł wybudowania linii kolei magnetycznej pomiędzy Tokio i Osaką, odległych o około 500 km.

3:51 Maglev będzie prawie dwa razy szybszy niż każdy inny pociąg-pocisk, ale to będzie kosztować. Koszta wybudowania takiej trasy są również dwa razy większe w porównaniu z kosztami dotychczas budowanych pociągów szybkojeźdzących.

4:01 Co oznacza, że poprowadzenie pociągu magnetycznego pomiędzy Tokio a Osaką będzie kosztować lekko licząc 100 miliardów dolarów.

4:09 Dlatego inżynierowie szukają doskonalszych rozwiązań, które pozwolą na użycie mniejszej liczby elementów magnetycznych, a także takich które mogą spowodować obniżenie kosztów pojedynczych magnesów, czy też bardziej ekonomicznych sposobów instalacji tych elementów.

4:20 Inżynierowie podejmują wszelkie technologiczne wyzwania, które prowadzą do wzrostu szybkości, ale jeśli wziąć pod uwagę koszty, może się okazać, że pociąg tego typu nie przewiezie nigdy ani jednego pasażera. Proces przygotowawczy planowano zakończyć wraz z rokiem 2005, kiedy to rząd Japonii miał podjąć decyzję, czy zapłaci tak dużą kwotę za ogromną szybkość tego typu pociągów.

Doświadczenie 6: Magnetyczny silnik



Przyrządy i materiały:

płaski magnes neodymowy, bateria AA 1,5V, drucik miedziany o średnicy 1-2 mm.

Eksperyment.

- Postaw baterię na magnesie. Z drucika utwórz zamkniętą ramkę w kształcie trapezu, z potrójną pętlą w dolnej podstawie trapezu (pętlę tę należy następnie osadzić na magnesie) oraz wypustką wystającą z górnej podstawy trapezu (wypustkę tę należy następnie osadzić na górnym biegunie baterii). Ramkę umieść na konstrukcji baterii i magnesu, pozostawiając niewielką przerwę pomiędzy pętlą z przewodnika a magnesem. Jeżeli ramka się nie kręci, lekko ją rozkołysz.

Uwaga: Zdjęcie tak wykonanego silniczka magnetycznego znajduje się na końcu artykułu:

<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/104/pdf/08%20mag2%20karwasz.pdf>

Komentarz.

W silnikach elektromagnetycznych wykorzystane jest zjawisko oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem. Magnes neodymowy umieszczony pod baterią wytwarza stałe pole magnetyczne. Prąd pobierany z baterii płynie w obwodzie ramki w obu jej częściach z góry na dół, tworząc obwód zamknięty przez magnes neodymowy umieszczony pod baterią. Przewodnik owinięty wokół magnesu nie posiada koszulki izolacyjnej. Pomiędzy utworzoną z przewodnika pętlą a magnesem pozostawiona jest niewielka przerwa. Tworząca się przerwa w obwodzie elektrycznym (bateria, ramka i magnes) w czasie pracy silnika powoduje, że oddziaływanie pomiędzy

XIX. Elektromagnetyzm

przewodnikiem z prądem a polem magnetycznym pochodzącym od magnesu, następuje co pewien odstęp czasu. Przerwy są na tyle małe, że obracająca się ramka nie zatrzymuje się. Górna część ramki znajduje się w strumieniu pola magnetycznego o większej gęstości niż jej dolna część (gdyż ramka ma kształt trapezu). W konsekwencji tego, tworzące się momenty pary sił w górnej części ramki są większe niż w jej dolnej części. Wypadkowy moment sił powoduje, że ramka się obraca. Silnik, raz uruchomiony, wiruje jak ubijaczka do śmietany, dopóki nie spadnie. Jak zmienić kierunek obrotu? Należy odwrócić baterię (albo magnes).

XX. Fale elektromagnetyczne

Co już wiemy (2 min)

- Co to jest fala?
- Jakie znasz rodzaje fal?
- Co to jest długość fali (jak ją wyznaczyć)?
- Co to jest częstotliwość fali (jak ją wyznaczyć)?
- W jaki sposób powiązane są ze sobą: długość fali, częstotliwość fali i jej prędkość?

Pytania wstępne (4 min)

- Czy fala dźwiękowa może poruszać się w próżni?
- Czy fala elektromagnetyczna (np. światło) może poruszać się w próżni?
- Do czego wykorzystujemy fale radiowe?
- Do czego wykorzystujemy mikrofałe?
- Do czego wykorzystujemy promieniowanie podczerwone?
- Do czego wykorzystujemy ultrafiolet?
- Do czego wykorzystujemy promieniowanie rentgenowskie?
- Do czego wykorzystujemy promieniowanie gamma?
- Który rodzaj wymienionego promieniowania jest dla człowieka szkodliwy?
- Na który rodzaj promieniowania jest wrażliwe ludzkie oko?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Fale elektromagnetyczne (3 min)

Doświadczenie 2: Co to jest fala elektromagnetyczna? (3 min)

Doświadczenie 3: Szybkość światła (3 min)

Doświadczenie 4: Nutella w mikrofalówce (5 min)

Doświadczenie 5: Fale elektromagnetyczne na co dzień (4 min)

Doświadczenie 6: Wykrywacz metalu (3 min lub 8 min)

Doświadczenie 7*: Zdjęcia w podczerwieni (5 min lub 20 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Przeczytaj artykuł dotyczący kuchenek mikrofalowych:

<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/89/pdf/14%20kuchenka%20mikrofalowa.pdf>.

Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej na temat sposobu działania telefonii komórkowej, zajrzyj na stronę: <http://electronics.howstuffworks.com/cell-phone.htm> (w j. angielskim).

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Widmo fal elektromagnetycznych – wprowadzenie:
<http://www.youtube.com/watch?v=xZ6XUk7QLbU>

XX. Fale elektromagnetyczne

2. Animacje fal elektromagnetycznych: <http://www.youtube.com/watch?v=tbR93pIA1WU> oraz <http://www.youtube.com/watch?v=TvfZP3C2pBI>
3. Szybkość światła (i fal elektromagnetycznych) – przegląd zagadnień: <http://videos.howstuffworks.com/hsw/10802-elements-of-physics-the-speed-of-light-video.htm>
4. W jaki sposób człowiek wykorzystuje fale elektromagnetyczne: <http://videos.howstuffworks.com/hsw/10803-elements-of-physics-using-the-electromagnetic-spectrum-video.htm>
5. Artykuł dotyczący kuchenek mikrofalowych, Foton 89, Lato 2005: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/89/pdf/14%20kuchenka%20mikrofalowa.pdf>
6. Telefonacja komórkowa – wprowadzenie: <http://electronics.howstuffworks.com/cell-phone.htm> (w j. angielskim).
7. Doświadczenie – konstrukcja wykrywacza metalu: <http://www.youtube.com/watch?v=JYu-QPA2frI>
8. Kamera na podczerwień: <http://www.youtube.com/watch?v=PMpgeFoYbBI>
9. Piosenka dotycząca widma fal elektromagnetycznych (w j. angielskim): <http://www.youtube.com/watch?v=bjOGNVH3D4Y>
10. Fale elektromagnetyczne (wraz z zastosowaniami) - M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier „Fizyka dla gimnazjum”, t.3, rozdz.4.6, (Zamkor, 2008)
11. Czy używanie telefonów komórkowych szkodzi zdrowiu?, „Fizyka i astronomia dla każdego”, pod red. B. Sagnowskiej (Zamkor 2007), rozdz. 6.7
12. Wytwarzanie fal elektromagnetycznych - „Wybieram fizykę”, t.3 (Zamkor 2007), rozdz. 13.5.2



Doświadczenie 1: Fala elektromagnetyczna



Projekcja filmów i animacji z Internetu.
Materiał można wcześniej skopiować na dysk lokalny.

Widmo fal elektromagnetycznych: <http://www.youtube.com/watch?v=xZ6XUk7QLbU> (czas projekcji 1 min 37 s) - „Electromagnetic waves.flv”

Tłumaczenie.

0:01 Dla starożytnych nauka oznaczała obserwację.

0:07 Także w dzisiejszych czasach, wiele z pytań, które stawia sobie nauka, ma swoje źródło w zaskakujących obserwacjach.

0:14 Nie moglibyśmy jednak niczego obserwować, a właściwie w ogóle widzieć czegokolwiek bez światła.

0:20 Czym jednak jest światło?

0:23 Nie możemy go dotykać, poczuć jego smaku, czy nawet go usłyszeć, a często nie możemy nawet widzieć samego światła.

0:29 Widzimy światło (słoneczne) takim, jakim jest po przefiltrowaniu go przez atmosferę i odbiciu od wielu różnych powierzchni.

0:36 A żeby zrozumieć światło, musimy zrozumieć istotę pewnej większej grupy fal (niosących energię), a znanych jako fale elektromagnetyczne.

0:43 Światło widzialne jest niewielkim wycinkiem widma (spektrum) fal elektromagnetycznych...

0:47 ... a wszystkie rodzaje fal należące do tego spektrum wykazują podobne własności.

0:50 Wszystkie postaci (nośników) energii elektromagnetycznej, nie wyłączając światła, są falami.

0:56 A jako fale – wszystkie mają swoją częstotliwość.

XX. Fale elektromagnetyczne

1:00 Częstotliwość jest zwykle definiowana jako liczba fal, które przechodzą przez konkretny punkt w ciągu jednej sekundy.

1:06 Różnice w częstotliwości pochodzą z różnic w szerokości tych fal.

1:10 Większa długość fali odpowiada mniejszej jej częstotliwości.

1:15 Napis: „Widmo fal elektromagnetycznych”. Fale elektromagnetyczne zostały podzielone na zakresy, w zależności od swojej częstotliwości.

1:20 Na jednym końcu tego widma znajdują się fale radiowe, o najniższych częstotliwościach.

1:24 Kolejny zakresy w spektrum to mikrofale, podczerwień, światło widzialne, promieniowanie ultrafioletowe, promieniowanie X (rentgenowskie) oraz promieniowanie gamma o najwyższych częstotliwościach.

Doświadczenie 2: Co to jest fala elektromagnetyczna?



Projekcja filmów i animacji z Internetu.
Materiał można wcześniej skopiować na dysk lokalny.

Jak wygląda fala elektromagnetyczna: oraz <http://www.youtube.com/watch?v=TvfZP3C2pBI> (czas projekcji: 1 min 30 s) oraz stojąca fala elektromagnetyczna: <http://www.youtube.com/watch?v=tbR93plA1WU> (czas projekcji: 3 s)

Komentarz.

Po doprowadzeniu energii elektrycznej do zamkniętego obwodu, w którym znajduje się kondensator oraz cewka indukcyjna, a nie ma opornika, zaczynają zmieniać się w nim w sposób okresowy pola magnetyczne i elektryczne. Podczas tych zmian, obwód taki wysyła falę elektromagnetyczną o częstotliwości ściśle określonej przez cechy kondensatora (tj. jego pojemność) i cewki (tj. jej indukcyjność). Wszystkie fale elektromagnetyczne rozchodzą się w konkretnej substancji (ośrodku) z taką samą szybkością. W próżni szybkość ta wynosi $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, w powietrzu jest niewiele mniejsza (przyjmujemy tę samą przybliżoną wartość).

Sama fala elektromagnetyczna to rozchodzące się w przestrzeni drgania pola elektrycznego (oznaczonego w animacjach kolorem czerwonym) i pola magnetycznego (oznaczonego kolorem niebieskim). Pola te zmieniają natężenia (amplitudy) w sposób okresowy (co zaznaczono symbolicznie za pomocą strzałek o różnej długości).



Doświadczenie 3: Szybkość światła



Niezbędne bezpośrednie połączenie z Internetem.

Szybkość światła – krótki przegląd zagadnień: <http://videos.howstuffworks.com/hsw/10802-elements-of-physics-the-speed-of-light-video.htm> (czas trwania 2 min 38 s)

XX. Fale elektromagnetyczne

Tłumaczenie.

Piosenka jako wstęp.

0:07 Światło porusza się tak szybko, że kiedyś myślano, iż jego szybkość jest nieskończona.

0:12 Ale w roku 1673 szybkość światła została po raz pierwszy wyznaczona po serii wielu badań Księżycy okrążającego Jowisz.

0:22 Odkryto wówczas, że światło potrzebuje pewnego czasu, żeby się przemieścić.

0:26 Napis: „Światło ma skończoną szybkość”

0:29 W pierwszych latach XX w., podczas prac nad zagadnieniami teorii względności, Albert Einstein podsumował, że wartość szybkości światła jest jedną z fundamentalnych wielkości we Wszechświecie.

0:40 Einstein stwierdził, że jakiegokolwiek formy materii i energii nie mogą się poruszać szybciej niż wynosi wartość prędkości...

0:46 ...ponieważ, gdy obiekt zaczyna przyspieszać, jego masa wzrasta i coraz więcej energii potrzeba, aby przyspieszyć obiekt jeszcze bardziej.

0:55 Gdy szybkość obiektu zbliża się do wartości prędkości światła, energia ta dąży do nieskończoności.

1:00 To oznacza, że nie jest możliwe, aby jakiegokolwiek masa poruszała się z szybkością większą niż szybkość światła.

1:06 Po wielu latach badań ustalono, że szybkość światła w próżni wynosi 299 792, 458 km/s (mówiąc inaczej: 186 282,4 mil na sekundę) .

1:25 napis: „Te wartości podlegają dalszym badaniom”.

1:26 Jeśli podróżowalibyśmy z szybkością światła, moglibyśmy się przemieścić z Londynu w Anglii do Los Angeles w Kalifornii w Stanach Zjednoczonych w czasie krótszym niż 1/20 s.

1:35 Wyobraź sobie, jaką drogę pokonuje światło w ciągu jednego roku!

1:40 Napis:” Rok świetlny = odległość, którą pokonuje światło podróżując w próżni w ciągu jednego roku”. Odległość, którą pokonuje w ciągu roku zwana jest rokiem świetlnym i jest obecnie powszechnie używana do pomiaru odległości, ponieważ nigdy się nie zmienia.

1:49 Astronomowie używają miary roku świetlnego do obliczania odległości pomiędzy obiektami w przestrzeni kosmicznej.

1:57 Nasz Układ Słoneczny znajduje się w Galaktyce Drogi Mlecznej, która składa się z około 100 miliardów gwiazd.

2:05 Ta galaktyka w kształcie dysku, ma średnicę około 100 tysięcy lat świetlnych, a my żyjemy w odległości około 27 000 lat świetlnych od jej centrum.

2:19 Astronomowie wierzą, że we Wszechświecie istnieją miliardy galaktyk, niektóre odległe od nas nawet o 10 miliardów lat świetlnych.

2:27 Gdy spojrzymy na nocne niebo, widzimy antyczne światło, które podróżowało do nas tak długo, że gwiazdy, które je wysłały mogą już nawet nie istnieć!

Doświadczenie 4: Nutella w mikrofalówce



Przyrządy i materiały:

3 łyżki Nutelli (lub innej czekoladowej masy do smarowania chleba), 1 płat wafła o wymiarach 26 cm x 26 cm, nóż do smarowania, linijka, kuchenka mikrofalowa.

Przygotowanie.

- Nałóż i rozsmaruj cienką warstwę Nutelli na całej powierzchni wafła.
- Włóż do zamrażalnika na 3 min lub do lodówki na 15 min, żeby Nutella stężała.

Eksperyment.

- Oglądnij kuchenkę mikrofalową od środka.
- Wyciągnij talerz obrotowy z mikrofalówki.
- Włóż wafel do mikrofalówki tak, aby jego brzegi oparły się na wypukłych krawędziach dna, a wafel nie dotykał małej obrotowej części umieszczonej na dnie kuchenki.
- Włącz kuchenkę mikrofalową na 1 min. Pod koniec tego czasu zajrzyj przez szybkę w drzwiczkach do mikrofalówki.
- Gdy kuchenka się wyłączy, natychmiast wyciągnij wafel i zmierz odległości pomiędzy parami miejsc, w których Nutella najbardziej się rozpuściła. Miejsca najczęściej nie są punktowe, zatem należy mierzyć odległość od środka jednego miejsca do środka drugiego.

XX. Fale elektromagnetyczne

- Ze zmierzonych odległości, wybierz najmniejszą (powinna wynosić: 5,5 – 6,5 cm). Pozostałe odległości powinny być w przybliżeniu wielokrotnościami tej najmniejszej.
- Możesz wyznaczyć tym sposobem prędkość fali elektromagnetycznej: podstawiając do wzoru: $c = \lambda \cdot f$, gdzie $\lambda = 2 \cdot L$, a L - to najmniejsza zmierzona przez ciebie odległość, zaś $f \approx 2,45 \text{ GHz}$.

Obserwacja.

- Czy wewnątrz kuchenki mikrofalowej znajdują się metalowe powierzchnie?
- Czy wafel nagrzał się równomiernie?
- Czy mierzone przez ciebie odległości pomiędzy najbardziej nagrzanymi miejscami są w przybliżeniu wielokrotnościami najmniejszej zmierzonej przez ciebie odległości?
- Oblicz wartość prędkości fali elektromagnetycznej w twojej kuchence mikrofalowej? Czy prędkość ta jest zbliżona do prędkości światła w próżni?

Komentarz.

W kuchence mikrofalowej generowane są fale elektromagnetyczne o częstotliwości odpowiadającej zakresowi mikrofalowemu. Ponieważ w kuchence chcemy szybko podgrzać potrawy, a te zawierają najczęściej bardzo dużo wody, częstotliwość fali (promieniowania) generowanej w kuchence została tak dobrana, aby fala mogła spowodować silny wzrost wibracji cząsteczek wody, a tym samym ich podgrzanie. Częstotliwość drgań własnych tych wibracji wynosi ok. 2,45 GHz, więc w kuchenkach mikrofalowych generuje się fale o tej częstotliwości.

Wewnątrz kuchenki mikrofalowej znajdują się metalowe powierzchnie, służące do odbijania tych fal. Nawet okienko w drzwiczkach pokryte jest siatką metalową, skonstruowaną tak, aby można było podglądać potrawę z zewnątrz, a jednocześnie, żeby generowane mikrofały odbijały się także od drzwiczek. Po odbiciu od ścian fale interferują ze sobą, tworząc trójwymiarową falę stojącą wewnątrz komory kuchenki. W miejscu strzałek tych fal amplituda (a zatem także natężenie) fali jest największe i w tychże miejscach potrawa nagrzewa się najbardziej. Mierzając zatem odległość pomiędzy dwoma najbliższymi bardzo rozgrzanymi miejscami, można wyznaczyć odległość odpowiadającą odległości między strzałkami fali stojącej, czyli połowę długości wygenerowanej w kuchence fali elektromagnetycznej. Aby potrawa nagrzała się w miarę równomiernie, stosuje się talerze obrotowe, które powodują przemieszczanie różnych części potrawy pomiędzy strzałkami fali stojącej.

Wszystkie fale elektromagnetyczne rozchodzą się w danym ośrodku z tą samą prędkością – np. w próżni oraz w powietrzu z prędkością około $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Natomiast prędkość fali elektromagnetycznej w innych ośrodkach przezroczystych (woda, olej, szkło itd.) jest mniejsza.

Pomiar prędkości fali elektromagnetycznej w tym doświadczeniu nie jest zbyt dokładny, ze względu na trudności w ustaleniu dokładnych odległości pomiędzy najbardziej nagrzanymi miejscami oraz na powstawanie w kuchence mikrofalowej trójwymiarowej fali stojącej i brak możliwości ustalenia jej dokładnej geometrii.

Doświadczenie 5: Fale elektromagnetyczne na co dzień



Niezbędne bezpośrednie połączenie z Internetem.

W jaki sposób człowiek wykorzystuje fale elektromagnetyczne:

<http://videos.howstuffworks.com/hsw/10803-elements-of-physics-using-the-electromagnetic-spectrum-video.htm> (czas projekcji: 3 min 28 s)

Tłumaczenie.

0:08 W ciągu ostatnich 150 lat naukowcy i wynalazcy, bazując na zrozumieniu własności fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach, rozwijali różne gałęzie techniki, z których teraz wszyscy korzystamy.

XX. Fale elektromagnetyczne

0:24 Fale radiowe mają najniższe częstotliwości w widmie fal elektromagnetycznych.

0:30 Gdy nasz program radiowy jest nadawany przez stację radiową, antena nadająca wysyła fale radiowe o pewnej szczególnej częstotliwości (lub inaczej mówiąc o określonej liczbie fal na sekundę).

0:38 Każda stacja radiowa posiada swoją własną częstotliwość.

0:40 Gdy obracamy pokrętkę, to, co tak naprawdę robimy, to dostrajamy antenę odbiorczą w naszym odbiorniku do częstotliwości wysyłanej przez antenę nadawczą.

0:52 Gdy obie te anteny ustawione zostaną na tę samą częstotliwość, nasze radio zaczyna odbierać elektromagnetyczne fale radiowe ze stacji, zamieniając je jednocześnie na fale dźwiękowe, tak, żebyśmy byli w stanie usłyszeć nadawany program.

1:03 Wiele programów radiowych może być nadawanych jednocześnie. Tak długo, jak zostają one przesyłane za pomocą fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach, nie przeszkadzają sobie nawzajem.

1:14 Telewizja działa na bardzo podobnych zasadach, ale częstotliwość użytej do nadawania sygnału fali elektromagnetycznej jest wyższa niż w przypadku programów radiowych.

1:22 Sygnały elektryczne, niosące informację o obrazie, docierają do odbiornika w tylnej części telewizora.

1:28 Te sygnały wysyłają elektrony na przód telewizora, powodując zapalenie się światła w niewielkich segmentach (kropkach) w odpowiednich częściach ekranu.

1:34 Te segmenty (kropki, piksele) na ekranie tworzą obraz, który zmienia się tak szybko, że wydaje się, iż się porusza, nadążając za akcją (nadawanego przekazu telewizyjnego).

1:42 Zakrzywienie powierzchni Ziemi, ogranicza zakres odległości, z jakich możemy odbierać sygnały telekomunikacyjne, a to dlatego, że fale elektromagnetyczne zwykle poruszają się po linii prostej.

1:52 Aby ominąć ten problem, w ciągu ostatnich lat umieszczono satelity na orbitach wokół Ziemi.

1:57 Napis: „Sygnał wysłany z Hawajów”

1:58 Sygnały są wysyłane z Ziemi do satelity, a następnie z powrotem – w inne miejsce na Ziemi.

2:02 Napis: „Sygnał odebrany w Nowym Jorku”

2:03 W taki sposób sygnały mogą być rozsyłane po całej kuli ziemskiej.

2:07 Coraz częściej używa się także fal elektromagnetycznych o nieco wyższych częstotliwościach.

2:13 Sygnały wysyłane przez telefony komórkowe i radiotelefony pochodzą z zakresu mikrofal.

2:18 Ten sam typ fal elektromagnetycznych (choć o innej częstotliwości) został użyty przy konstrukcji kucharek mikrofalowych.

2:24 Kolejnym zastosowaniem dla tego zakresu fal jest radar.

2:27 Został on wynaleziony podczas II wojny światowej w celu wykrywania samolotów nieprzyjaciela.

2:31 Mikrofały wysyłane z wieży, odbijają się od nadlatującego samolotu, a ich część wraca do wieży.

2:39 Odpowiednie urządzenia odczytują ten sygnał, aby ustalić położenie samolotu, jego szybkość i kierunek lotu.

2:45 W dzisiejszych czasach radar jest nieodzownym urządzeniem do obrony.

2:50 Promieniowanie podczerwone zostało wykorzystane przez ludzi do obserwacji w ciemnościach (w noktowizorach).

2:57 Promieniowanie ultrafioletowe jest używane w oświetleniu fluorescencyjnym.

3:01 Promieniowanie rentgenowskie (promieniowanie X) jest wykorzystywane w zastosowaniach dentystycznych i medycznych, ponieważ jego krótkofalowość powoduje, że penetruje ono tkanki miękkie, a nie przechodzi przez większość kości.

3:11 Trudności w wykorzystaniu fal elektromagnetycznych znajdujących się w najwyższych zakresach polegają na tym, że ze względu na bardzo krótką długość fali mogą one być bardzo niebezpieczne dla ludzi.

3:19 Na przykład - zbyt długie wystawienie na działanie promieni rentgenowskich może doprowadzić do poważnych chorób, ale im więcej wiemy o elektromagnetyzmie, tym więcej zastosowań potrafimy wynaleźć.

Komentarz.

Komunikacja GPS (lokalizowanie położenia obiektu na kuli ziemskiej) odbywa się za pomocą mikrofal i systemu sprzężonych ze sobą bardzo wielu satelitów telekomunikacyjnych.

Promieniowanie podczerwone używane jest także w pilotach do telewizorów – do przesyłania sygnału pomiędzy pilotem, a telewizorem.

Doświadczenie 6: Wykrywacz metalu



Projekcja filmu z Internetu.
Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

W miarę możliwości zamiast projekcji filmu można odtworzyć przebieg doświadczenia podczas zajęć.

Wykrywacz metalu na fale radiowe: <http://www.youtube.com/watch?v=JYu-QPA2frI>
(czas projekcji 2 min 14s)

Komentarz.

Układy elektroniczne składają się z obwodów, w których łączone są ze sobą różne elementy elektroniczne, m.in. kondensatory i cewki indukcyjne. Dlatego mogą one wytwarzać promieniowanie elektromagnetyczne.

Doświadczenie 7: Zdjęcia w podczerwieni



Przyrządy i materiały:

aparat lub kamera cyfrowa, sprawny pilot do telewizora

Eksperyment.

- Znajdź w pilocie diodę, która wysyła sygnały do telewizora. Naciśnij którykolwiek przycisk na pilocie, patrząc jednocześnie na diodę.
- Włącz aparat cyfrowy. Skieruj diodę pilota w obszar obejmowany przez obiektyw aparatu lub kamery. Naciśnij którykolwiek przycisk na pilocie, patrząc jednocześnie na diodę przez obiektyw aparatu.

Obserwacja.

- W której z wymienionych sytuacji widzisz, że dioda zapala się po naciśnięciu dowolnego przycisku pilota do telewizora? O czym to świadczy?

Komentarz.

Oko ludzkie jest wrażliwe wyłącznie na widzialny zakres widma fal elektromagnetycznych. Natomiast kamery i aparaty cyfrowe, rejestrują nieco szersze spektrum fal, obejmujące promieniowanie podczerwone. Dlatego nie widzisz gołym okiem zapalającej się diody wysyłającej promieniowanie podczerwone, ale możesz ją zauważyć, patrząc przez obiektyw aparatu cyfrowego lub kamery cyfrowej.

Niektóre obiekty – np. liście drzew odbijają znacznie lepiej promieniowanie podczerwone, niż promieniowanie widzialne (z zakresu światła zielonego), dlatego zdjęcia drzew wykonane w podczerwieni są znacznie bardziej bogate w szczegóły. Aby się o tym przekonać, obejrzyj film lub przygotuj filtr na podczerwień, według instrukcji zamieszczonej na filmie i samodzielnie wykonaj kilka zdjęć krajobrazu.

XX. Fale elektromagnetyczne



Projekcja filmu z Internetu.
Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Kamera na podczerwień: <http://www.youtube.com/watch?v=PMpgeFoYbBI> (czas projekcji: 3 min 44 s)

Tłumaczenie.

0:03 Wykonaj zdjęcia w podczerwieni za pomocą aparatu cyfrowego

0:12 Najpierw musisz sprawdzić, czy twój aparat obejmuje zakres podczerwieni. Będziesz do tego potrzebować pilota do telewizora.

0:16 Wyceluj swojego pilota w obiektyw aparatu i naciśnij którykolwiek z jego przycisków.

0:21 Jeśli jesteś w stanie dostrzec sygnał (promieniowania podczerwonego) – to wszystko w porządku.

0:27 Teraz zrobimy filtr do twojego aparatu. Oto kilka materiałów, których będziesz potrzebować.

0:36 Zaczniemy od wykonania kasetki na filtr.

0:37 W tym przypadku tekturowa rolka z taśmy izolacyjnej pasowała akuratnie.

0:43 Albo zrób inną z paska tektury i kawałka (czarnej) taśmy izolacyjnej.

1:01 Następnie potrzebujemy mniejszej rolki z tektury, która będzie przylegała do wnętrza większej.

1:05 Możesz ją usztywnić, nalepiając dookoła niej taśmę izolacyjną.

1:16 I na koniec zrobimy plastikowy pierścień, który będzie nam potrzebny na wierzchu, aby zapobiegał obsuwaniu się filtra z obiektywu aparatu.

1:18 Potrzebujesz do tego kwadratowego kawałka grubszego plastiku.

1:43 Przytnij plastik do rozmiaru większej tekturowej rolki, a od wewnątrz do rozmiaru mniejszej tekturowej rolki.

2:13 Następnie pokoloruj wszystko (czarnym) niezmywalnym flamastrem (także od wewnątrz).

2:25 Przyklej pierścień na wierzch większej tekturowej rolki.

2:33 Oto jeden z takich filtrów, który zrobiłem wcześniej.

2:42 Jako filtr może ci posłużyć zaczerniony (prześwietlony) kawałek filmu do aparatów analogowych (taki, jaki znajdziesz na końcu starego, wywołanego filmu).

2:55 Wytnij z niego dwa kółka o wymiarach pasujących do wnętrza zrobionej poprzednio kasetki na filtr.

3:08 Włóż je (kładąc jeden na drugim) do kasetki (i dociśnij od wnętrza do pierścienia znajdującego się po drugiej jej stronie), a następnie zabezpiecz przygotowaną wcześniej rolką wewnętrzną kasetki.

3:11 Teraz ustaw ręcznie na swoim aparacie poziom białego koloru, aby twoje zdjęcia nie wychodziły czerwone. Sprawdź w instrukcji do aparatu, jak to zrobić.

3:29 Ostatnia wskazówka: im niższe ISO, tym mniej nieforemne będą twoje zdjęcia.

Baw się dobrze, ale nie podglądaj za pomocą tej kamery ludzi!

XXI. Świat kolorów

Co już wiemy (2 min)

- Na jaki zakres (rodzaj) fal elektromagnetycznych jest czułe nasze oko?
- Co to jest widmo fal elektromagnetycznych?

Pytania wstępne (3 min)

- Kiedy można zobaczyć tęczę? Jakie warunki muszą być spełnione, aby była widoczna?
- Dlaczego niebo jest niebieskie?
- Dlaczego Słońce zachodzi na czerwono?
- Do czego służą światłowodowy?
- Dlaczego jedne chmury wydają się ciemne, a drugie białe?
- Czy ciemne chmury mogą pojawiać się na niebie ponad chmurami białymi?
- Jak to się dzieje, że jedne przedmioty widzimy jako czerwone, a inne mają dla nas np. zieloną barwę?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Patyk w wazonie (2 min)

Doświadczenie 2: Znikająca moneta (2 min)

Doświadczenie 3: Załamanie światła (4 min)

Doświadczenie 4: Giętki promień (6 min)

Doświadczenie 5: Światłowodowy (4 min)

Doświadczenie 6: Jak widzimy barwy? (6 min)

Doświadczenie 7: Kolory chmur - (3 min)

Doświadczenie 8: Jak powstaje tęcza? - (5 min)

Doświadczenie 9: Dlaczego niebo jest niebieskie? - (5 min)

Doświadczenie 10*: Domowy spektroskop - (1 godz. + 7 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (5 min)

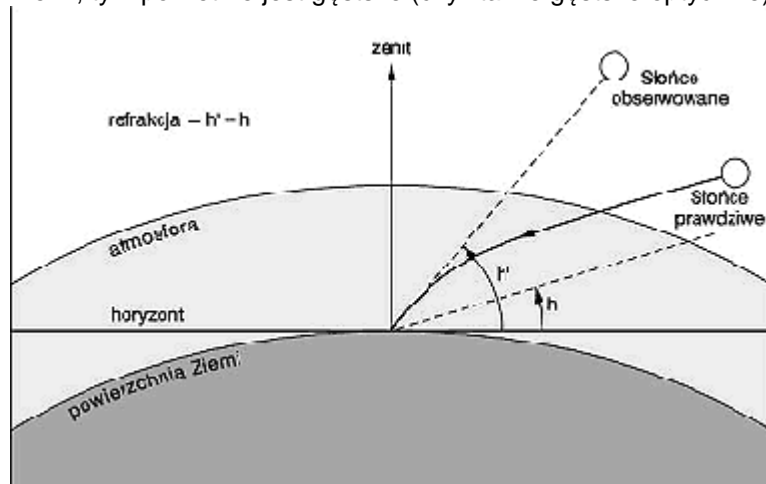
Światło, porusza się tak, aby czas przelotu między punktami, do których dociera, był możliwie najmniejszy. Prędkość światła zależy od współczynnika załamania ośrodka, w którym się rozchodzi. W ośrodkach gęstszych optycznie porusza się ono wolniej, podobnie jak zwykłe ciała poruszają się wolniej w ośrodkach o dużej gęstości niż w ośrodkach o małej gęstości.

„Dobrą, często przytaczaną, analogią do ruchu światła jest tor, po którym ratownik zbliża się do tonącego. Dla tonącego każda sekunda jest cenna i ratownik musi do tonącego dotrzeć jak najszybciej. Dobry ratownik wie jednak, że będzie znacznie szybciej biegł po plaży niż pływał w wodzie. Dlatego nie zbliża się do tonącego po linii prostej tylko zmienia tor tak, aby dłużej poruszać się po plaży. Podobnie światło - tak ugina się na granicy dwóch ośrodków, aby krócej poruszać się w ośrodku, w którym jest wolniejsze (o większym współczynniku załamania, najczęściej gęstszym). Zatem na granicy światło ugina się w kierunku gęstszego ośrodka. W przyrodzie rzadko granica między ośrodkami jest „ostra”. Nie obserwujemy wtedy nagłej zmiany kierunku światła, tylko „płynną” wersję załamania – światło stopniowo zmienia kierunek.” (na podstawie artykułu „Refrakcja, czyli krzywe światło” – Krzysztof Pawłowski)

Zjawisko refrakcji występuje powszechnie w naszej atmosferze, w której promienie światła słonecznego muszą przedostać się przez warstwy gazów o różnej gęstości. Na skutek refrakcji docierają do nas promienie słoneczne na długo przed tym, zanim słońce w istocie pojawi się nad

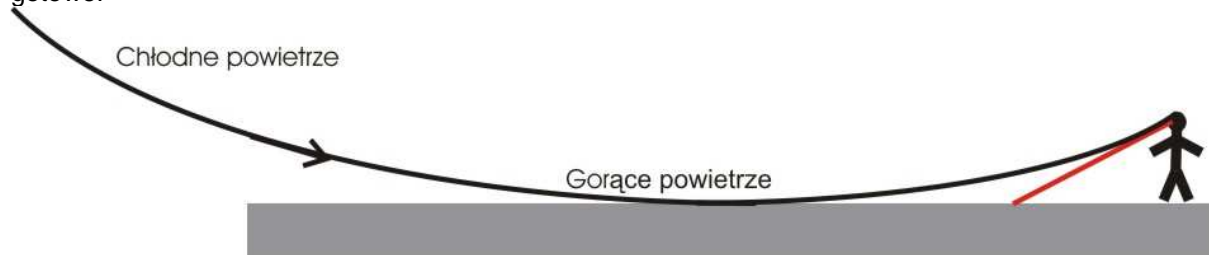
XXI. Świat kolorów

horyzontem. Refrakcja zwiększa bowiem obserwowaną wysokość ciała niebieskiego nad horyzontem (powstaje zjawisko zwane **mirażem górnym**), co pokazuje rysunek. Dzieje się tak dlatego, że im bliżej Ziemi, tym powietrze jest gęstsze (czyli także gęstsze optycznie).



Rysunek pochodzi ze strony internetowej: <http://www.wiw.pl/astrologia/a-refrakcja.asp>

Popularnym przykładem skutków refrakcji jest **miraż dolny** (fatamorgana), czyli pozorny obraz nieistniejącego zbiornika wodnego, który w gorący, słoneczny dzień – jak się wydaje – leży na drodze (lub na piasku pustyni) przed obserwatorem, ale do którego nigdy nie można dojść. Taki zbiornik wodny to miraż (złudzenie), który tworzą promienie świetlne pochodzące z niskich obszarów nieboskłonu na wprost obserwatora. Jest to po prostu obraz jakiejś części atmosfery. Zbliżając się do powierzchni nagrzanej drogi (piasku) promienie świetlne przechodzą przez coraz gorętsze warstwy powietrza. Wraz ze wzrostem temperatury zmniejsza się nieco współczynnik załamania światła, a jednocześnie odpowiednio wzrasta nieco prędkość jego rozchodzenia się. Promienie świetlne są w takim gorącym obszarze coraz bardziej odchylane ku górze. Mózg ludzki odbierając biegnące światło, automatycznie wnioskuje, że przyszło ono z kierunku, który jest przedłużeniem promieni świetlnych docierających do oka, czyli ustala, że nadeszło ono z powierzchni drogi. Jeśli dodatkowo światło jest niebieskawe – mózg interpretuje je jako światło odbite od wody. Wrażenie potęgowane jest przez falowanie nagrzanego powietrza, które porusza się na skutek konwekcji. W ten sposób złudzenie gotowe!



Ilustracja mirażu dolnego. Światło dociera do oka obserwatora wzdłuż zakrzywionej czarnej linii. Mózg ludzki interpretuje je jakby docierało z punktu położonego na drodze i znajdującego się na końcu czerwonej linii. **Uwaga!** Rysunek nie został wykonany w skali.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Załamanie światła: <http://videos.howstuffworks.com/hsw/10800-elements-of-physics-refraction-video.htm>
2. Refrakcja w wodnych rozworach soli: <http://www.pl.euhou.net/docupload/files/Excercises/WorldAroundUs/Refraction/laser.pdf>

XXI. Świat kolorów

3. Refrakcja atmosferyczna, czyli zasada nieoznaczoności wschodów i zachodów Słońca: <http://www.wiw.pl/astronomia/a-refrakcja.asp>
4. Miraż – D. Halliday, R. Resnick, J. Walker “Podstawy fizyki” – t.4 (PWN 2003), str.41-42
5. Prawo Snella: http://pl.wikipedia.org/wiki/Prawo_Snelliusa
6. Światłowody: <http://videos.howstuffworks.com/hsw/11961-light-fiber-optics-video.htm>
7. Światłowody – opis działania: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Światłowód>
8. Jak widzimy barwy? <http://www.youtube.com/watch?v=05S1xXFGpKk>

Doświadczenie 1: Patyk w wazonie

Przyrządy i materiały:

Patyk do szaszłyków (lub inny prosty patyk albo słomka do napojów, czy kredka), przezroczysta, gładka szklanka, woda z kranu

Przygotowanie.

Napełnij szklankę do połowy wodą.

Eksperyment.

- Wstaw patyk pionowo do szklanki. Oglądaj obraz patyka ze wszystkich stron szklanki.
- Zanurzony w wodzie patyk, oprzyj go o ściankę szklanki. Oglądaj obraz patyka ze wszystkich stron szklanki.
-

Obserwacja.

- Opisz wygląd patyka ustawionego pionowo w szklance z wodą.
- Opisz wygląd patyka wstawionego do szklanki i opartego o jej ściankę.

Komentarz.

W każdym jednorodnym ośrodku światło podróżuje po linii prostej, czyli po takim torze, przy którym czas wędrówki światła jest najkrótszy. Kierunek światła zmienia się natomiast na granicy ośrodków. Podczas obserwacji patyka ustawionego pod ostrym kątem do powierzchni tafla wody, wydaje nam się, jakby patyk uległ złamaniu i pogrubieniu. Jest to efekt załamania promieni świetlnych na granicy wody i powietrza. Każdy z tych ośrodków ma inny współczynnik załamania światła. Mówimy, że im współczynnik większy, tym bardziej „gęsty optycznie” jest ośrodek. Efektu tego nie da się zaobserwować, gdy patyk wstawimy pionowo do wody, ponieważ promień świetlny wpadający prostopadle w stosunku do granicy ośrodków nie ulega odchyleniu. Jedyne, co możemy zaobserwować, to pogrubienie części patyka znajdującej się pod wodą. Woda działa w tym przypadku jak soczewka powiększająca (np. lupa).



Doświadczenie 2: Znikająca moneta

Przyrządy i materiały:

kilka monet, szklanka, woda z kranu

Eksperyment.

- Ułóż monety ciasno obok siebie na stole w kształt kwiatka. Postaw na nich pustą szklankę. Popatrz na monety od góry, a następnie od strony ścianki szklanki.
- Wypełnij szklankę wodą do ok. 8/10 wysokości. Postaw szklankę z wodą na monetach. Popatrz na monety od góry, a następnie od strony ścianki szklanki.

Obserwacja.

- W którym przypadku widzisz monety, a w którym znikają one z twojego pola widzenia?

XXI. Świat kolorów

Komentarz.

Człowiek widzi dowolny przedmiot tak naprawdę tylko dlatego, że do jego oka docierają promienie odbite od tego przedmiotu lub przez niego wysyłane (jeśli przedmiot jest źródłem światła).

Obserwacje monet poprzez pustą szklankę są tylko w niewielkim stopniu zaburzane przez cienkie szkło szklanki. Nawet, gdy patrzymy z boku szklanki, widzimy monety pod jej dnem, gdyż po obu stronach ścianki szklanki znajduje się ta sama substancja (powietrze).

Podczas przechodzenia promieni światła przez granicę dwóch substancji, światło ulega załamaniu. Taka sytuacja występuje po nalaniu wody do szklanki. Gdy patrzymy z góry na monety – widzimy odbite od nich promienie światła, które wcześniej weszły do wody niemal prostopadle w stosunku do powierzchni tafli. Takie promienie ulegają jedynie bardzo niewielkiemu załamaniu na granicy powietrze - woda, odbijają się od monet, a wracając ponownie niewiele się załamują na granicy woda - powietrze, dlatego patrząc od góry, widzimy monety. Gdy jednak popatrzymy do szklanki pod odpowiednim kątem od strony jej ścianki, to monety znikają z naszego pola widzenia, ponieważ przestaną do nas docierać promienie od nich odbite. Światło odbite od monet podróżuje tu w ośrodku gęstym optycznie i zmierza do wyjścia do ośrodka mniej gęstego optycznie. W takim przypadku część promieni nigdy nie wychodzi poza granicę ośrodków, gdyż następuje ich całkowite wewnętrzne odbicie od powierzchni granicznej (w tym przypadku – tafli wody). Są to promienie, które padają na taflę pod dużym kątem w stosunku do linii prostopadłej do powierzchni granicznej.

Doświadczenie 3: Załamanie światła

Niezbędne bezpośrednie połączenie z Internetem.

Załamanie światła: <http://videos.howstuffworks.com/hsw/10800-elements-of-physics-refraction-video.htm> (czas projekcji 2 min 49 s)

Tłumaczenie napisów:

0:05 Kolejne zjawisko dotyczące światła nazywane jest załamaniem (refrakcją).

0:11 Ten ołówek wydaje się złamany na poziomie linii wody.

0:15 Przyczyną tego zjawiska jest różna wartość prędkości światła w różnych ośrodkach (substancjach).

0:21 Powietrze jest mniej gęstym ośrodkiem niż woda...

0:23 NAPIS: „Fale świetlne szybciej się przemieszczają w powietrzu niż w wodzie”

0:25 ...a fale świetlne przemieszczają się szybciej w powietrzu niż w wodzie.

0:30 Kiedy światło pada pod pewnym kątem na granicę dwóch ośrodków, promień świetlny, zamiast podróżować dalej po linii prostej, zostaje załamany.

0:31 NAPIS: „Promień światła”.

0:34 NAPIS: „Promień światła zakrzywia się”

0:38 To sprawia, że obraz wydaje się zaburzony.

0:40 Zarówno odbicie, jak i załamanie światła jest wynikiem zmiany kierunku fali świetlnej, ale tylko załamanie spowodowane jest zmianą rodzaju ośrodka.

0:52 Załamanie światła jest podstawą działania takich przyrządów i urządzeń jak okulary, lupy powiększające, lornetki, a nawet soczewki w naszych oczach.

1:04 Kiedy światło wpada (z powietrza) do nowego ośrodka, jakim jest substancja soczewki, szybkość światła maleje, a promienie świetlne są załamywane.

1:10 Podobnie zresztą dzieje się, gdy światło opuszcza soczewkę.

1:11 NAPIS: „Ognisko”

1:15 Niektóre soczewki są wypukłe...

1:16 NAPIS: „Wypukłe”

1:17 ... i powodują zbieganie się promieni świetlnych.

1:20 NAPIS „Zbieganie”

1:24 Inne są wklęsłe...

1:25 NAPIS: „Wklęsłe”

1:27 ... i powodują rozpraszanie światła.

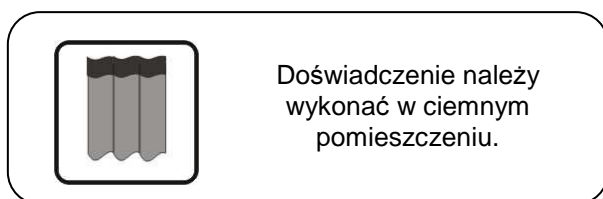
1:29 NAPIS: „Rozpraszanie”

XXI. Świat kolorów

- 1:34 Załamany promień światła, może zostać skupiony przez soczewkę tak, aby utworzył się obraz.
- 1:37 W naszej gałce ocznej mięśnie mogą zmieniać kształt soczewki ocznej i tworzyć wyraźny obraz na siatkówce, znajdującej się w tylnej części gałki.
- 1:47 Czasami kształt soczewki ocznej nie pozwala na utworzenie wyraźnego obrazu, tak, że obserwowane przedmioty stają się rozmazane.
- 1:52 Okulary o odpowiednio dobranym kształcie (soczewki rozpraszające lub skupiające) korygują taką wadę.
- 1:56 Używając różnych zestawów soczewek i zwierciadeł, możemy konstruować przeróżne urządzenia optyczne od obiektywów aparatów fotograficznych, po mikroskopy.
- 2:05 Wszystkie wczesne teleskopy konstruowano z soczewek, dlatego miały one ograniczenia, spowodowane wymiarami tych elementów optycznych.
- 2:14 Wszystkie obecnie używane duże teleskopy są teleskopami odbiciowymi, które wykorzystują zwierciadła do skupiania światła.
- 2:22 Jednym z bardziej interesujących przyrządów, który załamuje światło, jest pryzmat, czyli ostro zakrzywiony kawałek szkła.
- 2:30 Przyjrzyj się, w jaki sposób białe światło jest rozszczepiane na całą tęczę kolorów.
- 2:34 Siedem kolorów: czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski, indygo i fiolet.
- 2:40 Dlaczego tak się dzieje?
- 2:42 Naukowcy uświadomili sobie, co jest tego przyczyną, gdy odkryli złożoną naturę światła.



Doświadczenie 4: Giętki promień



Przyrządy i materiały:

prostokątne akwarium o wymiarach co najmniej 20x40x40cm, ok 1/3 kg soli kuchennej, plastikowa butelka 1,5 l, wskaźnik laserowy, lejek, woda z kranu

Przygotowanie.

Napełnij akwarium do połowy wodą z kranu. Rozpuść sól w butelce zawierającej ok. 1,25 l wody z kranu. Ustaw lejek tak, aby jego wąski otwór dotykał dna akwarium i powoli wlej wodny roztwór soli przez lejek. Granica pomiędzy wodą słoną a wodą czystą powinna być wyraźnie widoczna.

Eksperyment.

- Skieruj promień światła ze wskaźnika laserowego do wnętrza akwarium przez boczną ściankę – najpierw prostopadle do ścianki powyżej lustra wody, następnie prostopadle do ścianki poniżej lustra wody.
- Skieruj promień światła ze wskaźnika laserowego do wnętrza akwarium przez boczną ściankę – ukośnie do ścianki powyżej lustra wody (kierując promień w dół tak, aby mógł przedostać się do wody)
- Skieruj promień światła ze wskaźnika laserowego do wnętrza akwarium przez boczną ściankę – ukośnie do ścianki poniżej lustra wody (kierując promień nieco w górę). Powoli zmieniając kąt nachylenia promienia laserowego w stosunku do linii prostopadłej do tafli, znajdź taki kąt, przy którym promień świetlny nie wydostaje się z wody do powietrza (czyli tzw. kąt graniczny).

Alternatywna wersja eksperymentu.

- Po wlaniu roztworu soli do akwarium odczekaj 2-3 godziny. Po tym czasie, w wyniku dyfuzji granica pomiędzy czystą a słoną wodą rozmyje się. Jeśli teraz skierujesz promień światła ze wskaźnika laserowego do wnętrza akwarium przez boczną ściankę – ukośnie do ścianki powyżej lustra wody (kierując promień w dół tak, aby mógł przedostać się do wody),

XXI. Świat kolorów

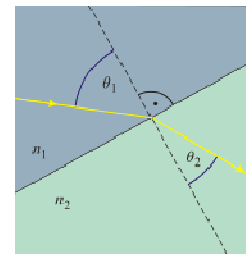
zaobserwujesz ugięcie światła w wyniku jego wielokrotnego załamania w cienkich warstwach coraz gęstszych roztworów soli.

Obserwacja.

- W którą stronę zakrzywia się światło przechodząc przez granicę dwóch ośrodków z ośrodka o małym współczynniku załamania do ośrodka o dużym współczynniku załamania?

Komentarz.

Kąty padania promienia na granicę dwóch ośrodków i załamania wyznacza się zawsze nie względem tej powierzchni, ale względem prostej prostopadłej do powierzchni granicznej: θ_1 - kąt padania, θ_2 - kąt załamania. Współczynniki załamania światła - w ośrodku, z którego pada promień: n_1 oraz w ośrodku, do którego promień się przedostaje: n_2 . Na zamieszczonym rysunku kąt padania jest większy niż kąt załamania, z czego (zgodnie z prawem załamania) można wnioskować, że ośrodek 1 jest mniej gęsty optycznie niż ośrodek 2.



Rysunek - źródło: Wikipedia

Kąt graniczny, czyli kąt padania na granicę dwóch ośrodków, przy którym światło nie przedostaje się do drugiego ośrodka, jest obserwowany wyłącznie, gdy światło podróżuje z ośrodka optycznie bardziej gęstego do ośrodka mniej gęstego optycznie.

**Doświadczenie 5: Światłowody**

Niezbędne bezpośrednie połączenie z Internetem.

Światłowody: <http://videos.howstuffworks.com/hsw/11961-light-fiber-optics-video.htm>
(czas projekcji 3 min 20 s)

Tłumaczenie.

0:04 Żyjemy w czasach rewolucji w komunikacji.

0:08 Światło poruszające się wewnątrz włókien wykonanych ze specjalnego szkła pozwala nam na przesyłanie informacji dalej i szybciej niż kiedykolwiek wcześniej.

0:18 Włókna optyczne przesyłają dźwięki, informacje i obrazy za pomocą wiązek światła dookoła całego globu ziemskiego.

0:28 Pojedynczym przewodem można przesłać ok. 300 miliardów bitów na sekundę.

0:35 To, co trzymam w rękach, to zwój oryginalnego włókna światłowodowego, które zapoczątkowało światłowodową rewolucję w komunikacji.

0:49 Dr Donald Keck był jednym z trzech naukowców, którzy rozwinęli optykę falowodową w Fabryce Corning w stanie Nowy Jork w 1970 r.

1:00 Dr Keck i jego współpracownicy stworzyli te rewolucyjne włókna wykorzystując wszystkie poprzednie pomysły (z tej dziedziny).

1:09 W roku 1880 Aleksander Graham Bell prowadził intensywne prace badawcze nad foto-telefonem.

1:17 Bell przysyłał wiadomości telefoniczne na odległość 200 m przy użyciu wiązki światła.

1:24 Ale telefon Bella nie mógł działać w ciemności.

1:27 Bez światła nie było rozmowy.

1:33 80 lat później naukowcy znaleźli rozwiązanie: szkło odpowiednio czyste, aby przenosić sygnał na bardzo dalekie odległości – eksperymenty z tym związane zajęły im kolejne 14 lat.

XXI. Świat kolorów

- 1:46 Proces technologiczny składa się z wyprodukowania, a następnie zniszczenia szkła, w bardzo wysokich temperaturach.
- 1:55 Czysta krzemionka jest układana warstwa na warstwie wewnątrz szklanej tuby, aby w końcu utworzyć odpowiedni szklany pręt.
- 2:05 Pręt zwany formą wstępną jest wystawiany na działanie jeszcze wyższej temperatury.
- 2:12 Po 15 minutach czyste szkło ponownie zaczyna się topić.
- 2:15 Podczas skapywania w dół tworzy cienkie szklane nici optyczne.
- 2:29 Jeden pręt zamienia się w ok. 800 m włókna, zwijanego następnie jak żyłki wędkarskie.
- 2:37 Nawet tylko jednym z tych światłowodów moglibyśmy przesłać wszystkie informacje zawarte w całej Encyklopedii Britannica trzy razy w ciągu sekundy.
- 2:47 Naukowcy sugerują, że nawet ok. 12 miliardów sygnałów telewizyjnych mogłoby zostać przesłanych jednym światłowodem.
- 2:59 Optyka światłowodowa już teraz przesyła internetowe i telefoniczne informacje na cały świecie.
- 3:09 Tańsze i znacznie bardziej wydajne, światłowody zastąpią niemal wszystkie druty miedziane już wkrótce, jeszcze na początku XXI w.



Doświadczenie 6: Jak widzimy barwy?



Projekcja filmów i animacji
z Internetu.
Materiał można wcześniej
skopiować na dysk lokalny.

Światłowody: <http://www.youtube.com/watch?v=05S1xXFGpKk> (czas projekcji 4 min 50 s)

Tłumaczenie.

- 0:15 Do tej pory omówiliśmy stwierdzenie: jedną z głównych form propagacji energii cieplnej są fale.
- 0:21 Źródła ciepła takie jak Słońce, ognisko lub piec wysyłają fale we wszystkich kierunkach (tj. radialnie).
- 0:31 Dlatego ten trzeci rodzaj propagacji energii nazywany jest radiacją (promieniowaniem).
- 0:37 A teraz...
- 0:39 Spektrum radiacyjne.
- 0:41 Podczas upałów jest ci znacznie bardziej gorąco, jeżeli ubierzesz się na czarno niż wtedy, gdy ubierzesz się na biał.
- 0:48 Czy tylko tak ci się wydaje, czy też czarne przedmioty są rzeczywiście cieplejsze niż białe?
- 0:55 Co mają wspólnego ze sobą kolor i ciepło?
- 0:58 I w ogóle, co to jest kolor?
- 1:00 Dlaczego pomidory są czerwone, a pomarańcze pomarańczowe, jaskry żółte, a zielony groszek – zielony, jagody niebieskie, a fiołki fioletowe?
- 1:10 Skąd pochodzą te wszystkie kolory?
- 1:13 Pochodzą one z samego światła.
- 1:16 Białe światło składa się ze wszystkich barw.
- 1:18 Sprawdź sam, wchodząc do ciemnego pokoju. Utwórz mały prześwit i pozwól wąskiej smudze światła przedostać się do środka.
- 1:29 Teraz na drodze promieni świetlnych umieść pryzmat.
- 1:32 Popatrz na kolory: czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski i fioletowy. Oto, z czego składa się białe światło.
- 1:44 Kiedy wszystkie te kolory oświetlają pomidor, pochłania on (absorbuje) wszystkie kolory, za wyjątkiem czerwonego, który zostaje odbity. I dlatego pomidor ma kolor czerwony.
- 1:56 Z pomarańczami jest podobnie – pochłaniają one wszystkie kolory poza pomarańczowym, który odbijają. Dlatego pomarańcze wyglądają na pomarańczowe.

XXI. Świat kolorów

2:06 Jaskry odbijają tylko kolor żółty, dlatego mają kolor żółty. Ta sama zasada stosuje się do zielonego groszku, jagód i fiołków.

2:26 Gdyby jednak zmieszać wszystkie te kolory razem, ponownie otrzymamy białe światło, ponieważ biel jest po prostu kombinacją wszystkich barw.

2:36 Białe ubranie wydaje się białe, ponieważ nie pochłania żadnej z fal elektromagnetycznych zakresu widzialnego (odpowiadających poszczególnym kolorom), natomiast wszystkie je odbija.

2:42 Z drugiej strony czarne ubranie ma czarny kolor, ponieważ pochłania fale elektromagnetyczne odpowiadające wszystkim kolorom i nie odbija żadnej z fal z zakresu światła widzialnego.

2:49 Czarny to po prostu brak jakiegokolwiek koloru.

2:54 Jak to wszystko ma się do tego, czy czerń jest ciepła, a biel chłodna?

3:00 Światło wysyła fale niosące energię. Te fale dochodzą do nas w różnych postaciach, które tworzą pełne spektrum fal elektromagnetycznych: od fal radiowych na początku tego zakresu, do fal rentgenowskich i promieniowania gamma – na drugim końcu spektrum.

3:17 Część tej energii związana jest z falami światła widzialnego. To właśnie jest światło, złożone ze wszystkich kolorów. Ale jest ono tylko niewielką częścią spektrum radiacyjnego. Pozostała część tego spektrum nie jest wcale widzialna.

3:30 Na przykład jest pewne promieniowanie tuż poniżej fali o barwie czerwonej. Ponieważ łaciński przedrostek „przed” to „infra”, ten zakres po angielsku nazywany jest „infrared”, czyli podczerwień.

3:42 Większa część radiacyjnej energii ze Słońca dochodzi do nas w postaci światła widzialnego i podczerwieni. Dlatego czerń jest ciepła (grzeje). Ponieważ nie tylko absorbuje energię ciepłą promieniowania zakresu widzialnego, ale także najczęściej pochłania promieniowanie podczerwone z zakresu niewidzialnego dla ludzkiego oka.

4:02 I na odwrót. Biel jest chłodna, ponieważ nie tylko odbija energię promieniowania zakresu widzialnego, ale najczęściej odbija także promieniowanie podczerwone.

4:16 Teraz już wiesz, że kolor rzeczywiście ma coś wspólnego z ciepłem. I nie jest to kwestia złudzenia.

4:23 Wiesz także, co leży na krańcu tęczy. To nie mityczna złota waza, ale promieniowanie podczerwone!

Komentarz.

Barwa jest cechą fali elektromagnetycznej pochodzącej z zakresu światła widzialnego, odpowiadającą konkretnej częstotliwości tej fali.

Światło widzialne przechodząc przez pryzmat załamuje się, zgodnie z prawem Snella. Ponieważ jednak w każdej substancji współczynniki załamania różnych barw, różnią się nieco od siebie wartością, promień odpowiadający każdemu kolorowi zostaje załamany pod nieco innym kątem, niż pozostałe promienie. Dlatego w pryzmacie dochodzi także do rozszczepienia światła.



Doświadczenie 7: Kolory chmur

Przyrządy i materiały:

3 chusteczki higieniczne, lampa lub latarka

Eksperyment.

- Rozłóż każdą chusteczkę na stole. Podnieś jedną z nich i popatrz na lampę przez pojedynczą, warstwę. Następnie złoż razem dwie chusteczki i ponownie popatrz na lampę – tym razem przez podwójną warstwę chusteczek. Powtórz obserwację patrząc na lampę przez potrójną warstwę chusteczek.
- Umieść jedną rozłożoną chusteczkę w takiej pozycji, aby światło padało na nią z góry. Powtórz obserwację tak ułożonej pojedynczej, podwójnej i potrójnej warstwy chusteczek.

Obserwacja.

- Jaki kolor mają chusteczki, gdy patrzysz przez nie na źródło światła? Czy intensywność tego koloru zmienia się wraz z powiększaniem grubości warstwy chusteczek?
- Jaki kolor mają chusteczki, gdy światło pada na nie z góry? Czy intensywność tego koloru zmienia się wraz z powiększaniem grubości warstwy chusteczek?

XXI. Świat kolorów

Komentarz.

Materiał, z którego zrobione są chusteczki jest stosunkowo prześwitujący i odbija światło bardzo podobnie jak chmura.

Prawdziwe chmury składają się z bardzo małych kropelek wody lub kryształków lodu, z których każdy działa jak soczewka – załamuje oraz odbija promienie świetlne. W tym doświadczeniu zajmujemy się jedynie odbiciem światła. Jeśli chmura znajduje się między nami, a słońcem i tworzy grubą warstwę, większa część padającego na nią światła zostaje odbita w kierunku słońca i chmura wydaje się ciemna. Jeśli jednak promienie słoneczne oświetlają słońce od naszej strony, światło odbite od chmury trafia do naszych oczu i chmura wydaje się biała.

Chmury ciemne zawsze wędrują na niższym pułapie niż chmury o kolorze białym.

Doświadczenie 8: Jak powstaje tęcza?

Doświadczenie należy wykonać w ciemnym pomieszczeniu.

Przyrządy i materiały:

jedna przezroczysta szklanka z prostymi ściankami lub słoik, mocne źródło światła (takie, które daje wąski snop światła), kartka A4 białego papieru, woda

Przygotowanie.

- Napełnij szklankę do połowy wodą. Połóż kartkę na stole, postaw szklankę na kartce.

Eksperyment.

- W ciemnym pomieszczeniu zapal źródło mocnego światła, które daje wąski snop promieni.
- Ustaw tak szklankę względem źródła światła, aby cień szklanki padał na duży obszar kartki A4.
- Przesuwaj źródłem światła w różne strony tak długo, aż na kartce zobaczysz małą, słabą tęczę (albo kilka tęczy).
-

Uwaga: Jeżeli z jakichś przyczyn nie możesz dostrzec tęczy, spróbuj użyć innego źródła światła. Bardzo dobrze nadaje się do tego celu światło z rzutnika multimedialnego (być może w szkole jest taki rzutnik). Można także spróbować wykonać ten eksperyment w bardzo słoneczny dzień, stawiając szklankę na nasłonecznionym parapecie.

Alternatywna wersja eksperymentu:

- Spryskiwacz (np. taki od płynu do mycia szyb) napełnij czystą wodą. W słoneczny dzień wyjdź na dwór, stań na otwartej przestrzeni tyłem do słońca. Wyciągnij przed siebie (nieco w bok) rękę, w której trzymasz spryskiwacz. Kilka razy po rząd rozpyl wodę ze spryskiwacza w powietrze. Powinieneś ujrzeć obraz tęczy nałożony na kropelki wody rozpylone w powietrzu. Tęcza jest wyraźniejsza, jeżeli kropelki rozpylasz na ciemnym tle. Znajdź takie miejsce, w którym za kropelkami znajdzie się ciemna plama.

Obserwacja.

1. Jakakolwiek wersję eksperymentu wykonujesz, zaobserwuj który z kolorów tęczy znajduje się po zewnętrznej stronie tęczy, a który po wewnętrznej.

XXI. Świat kolorów

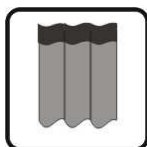
Komentarz.

Białe światło jest tak naprawdę mieszaniną światła o różnych kolorach. Przechodząc przez zakrzywiony pojemnik (na przykład szklankę w kształcie walca) pełen wody, światło ulega **rozszczepieniu** na wiązki o różnych kolorach. Podobnie się dzieje, gdy światło ślizga się po ostrych krawędziach przedmiotów, wówczas także może ulec rozszczepieniu.

Tęcza, która ukazuje ci się na niebie (lub na mgiełce z rozpylacza) powstaje z rozszczepienia światła na bardzo wielu kropkach na raz. Od jednych kropek dociera do ciebie światło czerwone, od innych kropek – światło niebieskie, od jeszcze innych kropek - światło pozostałych kolorów tęczy. Każdy człowiek widzi swoją niepowtarzalną tęczę. Nawet do osoby stojącej bardzo blisko ciebie kolor czerwony dociera od innego zbioru kropek niż do ciebie. Podobnie dzieje się z innymi kolorami.

Tęczę możesz zaobserwować na niebie jedynie, gdy naraz spełnione są dwa warunki: ściana kropek zawieszonych w powietrzu (na przykład po deszczu) znajduje się daleko przed tobą, a Słońce znajduje się niemal za twoimi plecami.

Doświadczenie 9: Dlaczego niebo jest niebieskie?



Doświadczenie należy wykonać w ciemnym pomieszczeniu.

Przyrządy i materiały:

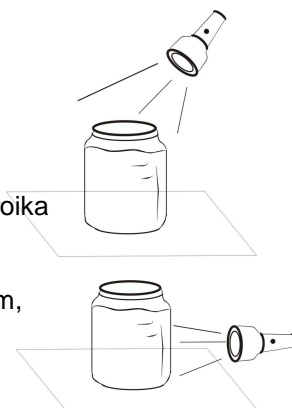
1 otwarty słoik lub przezroczyste naczynie o objętości około 1 litra, około 1 l wody, kilka łyżeczek mleka, 1 latarka, 1 kartka białego papieru, ciemne pomieszczenie.

Zadanie:

1. Napełnij słoik wodą.
2. Dodaj do słoika kilka kropli mleka (3/4 łyżeczki). Wymieszaj wodę z mlekiem.
3. Postaw słoik na białej kartce na stole w ciemnym pomieszczeniu.

Eksperyment.

- Włącz latarkę, umieść ją w odległości około 10-20 cm od górnego brzegu słoika i skieruj strumień światła z góry na dół na ściankę słoika.
- Umieść latarkę w odległości 20-30 cm od słoika, na wysokości tuż nad dnem, tak by strumień światła przechodząc przez słoik padał na ścianę.



Obserwacja.

- Obserwuj wodę trzymając głowę w odległości przynajmniej 40 cm od słoika, na wysokości słoika lub niżej. Przesuwaj głowę tak, abyś zobaczył szaroniebieskie zabarwienie wody w pojemniku.
- Obserwuj plamę światła powstałą za słoikiem na przeciwległej ścianie (najlepiej, jeśli ściana będzie biała). Tak przesuwaj latarkę, abyś ujrzał lekko różowy lub lekko pomarańczowy obraz na ścianie

Komentarz.

Białe światło słoneczne składa się z fal świetlnych o różnych kolorach: czerwonym, pomarańczowym, żółtym, zielonym, niebieskim i fioletowym. W związku z tym, światło białe może **rozszczepić się** (rozdzielić się) na różnokolorowy wachlarz – tak dzieje się na przykład przy powstawaniu tęczy.

Światło słoneczne na swojej drodze do powierzchni Ziemi napotyka warstwę atmosfery, składającej się z różnych gazów, głównie azotu i tlenu, a także argonu i pary wodnej. W atmosferze

XXI. Świat kolorów

zawieszane są także kurz, pył, pyłki i sadza. Światło **rozprasza się** na cząsteczkach tych gazów i cząsteczkach ciał stałych. Najbardziej rozprasza się światło w kolorze niebieskim (dziesięć razy bardziej niż światło w kolorze czerwonym). Zatem patrząc z Ziemi na oświetloną atmosferę wydaje nam się, że jest ona niebieska, bo to właśnie rozproszone światło o tym kolorze dociera do nas ze wszystkich części nieboskłonu.

W zależności od pozycji Słońca względem powierzchni Ziemi, niebo może zmienić kolor. Podczas zachodu Słońca niebo staje się różowe, a samo Słońce ciemnożółte lub pomarańczowe. Kiedy Słońce znajduje się nisko nad horyzontem, niebieskie światło jest w dalszym ciągu rozpraszane, ale tak, że przestaje docierać do naszych oczu. Światło o kolorze czerwonym w dalszym ciągu jest najslabiej rozpraszane, dlatego dociera do nas wprost, inne kolory są częściowo rozpraszane. Najbardziej czerwone zachody Słońca obserwowane są w miejscach, w których w atmosferze znajduje się wiele zanieczyszczeń.

W doświadczeniu użyliśmy wody, w której rozpuszczone zostało mleko. Taka mieszanina rozprasza światło latarki w podobny sposób, jak atmosfera rozprasza światło słoneczne. W zależności od wzajemnego położenia latarki, słoika i głowy obserwatora może on ujrzeć różne zabarwienia wody z mlekiem. I tak, gdy patrzyliśmy bezpośrednio na wodę z mlekiem oświetloną latarką, wydawała nam się ona szaroniebieska, ponieważ to ten kolor najbardziej się rozprasza. Natomiast na ścianie obserwujemy kolory, które się słabo rozproszyły: różowy, pomarańczowy.

Doświadczenie 10*: Domowy spektroskop



Pełen opis doświadczenia zarówno w wersji podstawowej, jak i rozbudowanej znajduje się w artykule na stronie internetowej:

<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/99/pdf/15%20widma-spektroskop%20domowy.pdf>

XXII. Szkiełko i oko...

Co już wiemy (2 min)

- Na jaki zakres (rodzaj) fal elektromagnetycznych jest czułe nasze oko?
- Dlaczego człowiek widzi kolory przedmiotów?

Pytania wstępne (3 min)

- Czy przeglądając się w bańkach choinkowych, można zobaczyć swój odwrócony wizerunek?
- W jaki sposób można zapalić ognisko za pomocą lupy?
- Czy pozostawiane w lesie butelki i inne opakowania szklane mogą stać się przyczyną pożaru?
- Jakie części oka jesteś w stanie wymienić?
- Co jest potrzebne, aby człowiek mógł zobaczyć jakikolwiek przedmiot?
- Jaki rodzaj okularów korekcyjnych („plusy”, czy „minusy”) stosują osoby krótkowzroczne, a jaki - dalekowzroczne?
- W jaki sposób namalowany jest napis AMBULANS na przedniej masce pojazdu pogotowia ratunkowego? W jakim celu?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Obraz w łyżce (5 min)

Doświadczenie 2: Soczewka skupiająca (4 min)

Doświadczenie 3: Domowa lupa (3min)

Doświadczenie 4: Jak działa oko? (6 min)

Doświadczenie 5: Krótkowzroczność i dalekowzroczność (5 min)

Doświadczenie 6: Dyfrakcja (6 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (4 min)

Jadąc rowerem po zmroku lub poruszając się pieszo w pobliżu drogi, najlepiej zaopatrzyć się w tzw. światełka odblaskowe, które w istocie nie są światłami (ponieważ nie świecą własnym światłem), tylko lusterkami, bo świecą światłem odbitym. „Światełka” odblaskowe są zawsze ukształtowane w szczególny sposób – składają się z małych lusterek, tworzących rodzaj schodków, dzięki czemu efektywnie odbijają światło padające na nie pod różnymi kątami.

Na przednich maskach pojazdów pogotowia ratunkowego odwrócony napis AMBULANS, co wydaje się dziwaczne, a jednak ma swoje głębokie uzasadnienie. Namalowany w ten sposób napis ma służyć lepszej identyfikacji pojazdu przez kierowców znajdujących się przed nim i mających obowiązek ustąpienia pierwszeństwa temu szczególnemu pojazdowi. Kierowcy tacy bowiem widzą ten pojazd nie na wprost, ale w bocznych lusterkach, w których napis namalowany w ten szczególny sposób jest odczytywany prawidłowo.

Kolorowe obrazy interferencyjne obserwujemy dość często – np. na powierzchniach baniek mydlanych lub na rozlanych na jezdniach plamach oleju, czy benzyny lub też podczas obserwacji mieniących się (opalizujących) skrzydeł motyla. Jedne i drugie składają się z bardzo cienkich warstw o grubościach porównywalnych z długościami fali świetlnej. Gdy białe światło widzialne pada na taką warstwę, jego część odbija się od jej zewnętrznej powierzchni, a inna część – od powierzchni wewnętrznej. Powstają promienie odbite, które mogą się na siebie nakładać. Jeśli różnica dróg przebytych przez te dwa promienie jest odpowiednia (inaczej mówiąc – odpowiednia jest grubość warstwy), to jedne kolory wygaszają się całkowicie, a inne wzmacniają całkowicie lub częściowo. Jeśli wygaszają się kolory czerwone, to oznacza to, że warstwa jest grubsza niż wtedy, gdy wygaszają się kolory fioletowe. Plamy oleju i błonki baniek mydlanych nie mają w każdym miejscu jednakowej grubości. Można też zaobserwować, że bańki mydlane zmieniają swoje kolory. Dzieje się tak, ponieważ podczas swojego krótkiego życia ich błonka stopniowo staje się coraz cieńsza, w miarę jak wyparowuje z nich woda.

XXII. Szkiełko i oko...

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. W jaki sposób powstaje obraz w oku, a w jaki w aparacie fotograficznym? M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier „Fizyka w gimnazjum” cz.3, str.154 (Zamkor 2008)
2. Powstawanie obrazów w zwierciadłach i soczewkach –D. Halliday, R. Resnick, J.Walker „Podstawy fizyki” t.4, rozdz. 35 (PWN 2003)
3. Obraz w łyżce – Neutrino 1, str. 16:
<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/neutrino/nr%201/neutrino%201%20-%20calosc.pdf>
4. Dyfrakcja na pojedynczej szczelinie: D. Halliday, R. Resnick, J.Walker „Podstawy fizyki” t.4, rozdz. 37.2 (PWN 2003)
5. Siatki dyfrakcyjne: D. Halliday, R. Resnick, J.Walker „Podstawy fizyki” t.4, rozdz. 37.7 (PWN 2003)
6. Interferencja w cienkich warstwach: M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier „Fizyka w gimnazjum” cz.3, str.158 (Zamkor 2008)
7. Interferencja w cienkich warstwach – dokładny opis zjawiska: D. Halliday, R. Resnick, J.Walker „Podstawy fizyki” t.4, rozdz. 36.7 (PWN 2003)

Doświadczenie 1: Obraz w łyżce

Przyrządy i materiały:

łyżka o wypolerowanych (nieporysowanych) powierzchniach, zastrugany ołówek lub kredka

Eksperyment.

- łyżkę przybliżaj i oddalaj od twarzy raz stroną wypukłą, a raz wklęsłą. Obserwuj swoje odbicie w łyżce. Zwróć uwagę na to, jaką część pokoju widzisz za każdym razem w swoim zwierciadle.
- Ustaw pionowo ołówek tak, aby jego końcówka znajdowała się na wysokości lustra łyżki. Przybliżając i oddalając ołówek od łyżki, obserwuj jego obraz w zwierciadle – raz wklęsłym, a raz wypukłym.

Obserwacje.

- W którym zwierciadle – wklęsłym czy wypukłym - widać było obraz większej części pokoju?
- W którym zwierciadle można było zobaczyć obraz odwrócony, a w którym – nie?
- Dlaczego w zwierciadle wklęsłym można w pewnym położeniu zobaczyć prosty (nieodwrócony) obraz ołówka, a nie można zobaczyć takiego samego obrazu twarzy?

Komentarz.

Kiedy patrzysz w **płaskie lustro (zwierciadło)**, zawsze widzisz **obraz prosty** (nieodwrócony), o nie zmienionym kształcie i wielkości. Jeśli obserwujesz odbicie przedmiotów w **zwierciadle wypukłym**, to obraz także jest prosty, ale zniekształcony. Zwierciadła wypukłe wykorzystuje się na niebezpiecznych zakrętach ulic oraz w bocznych lusterkach samochodowych – aby poszerzyć pole widzenia kierowców. Ze względu na wypukły kształt, odbija się w nich obraz większej części przestrzeni, niż odbijałyby się w zwierciadle płaskim lub wklęsłym. Jednakże obraz ten jest pomniejszony, dlatego wydaje nam się, jakby przedmioty znajdowały się dalej, niż są w rzeczywistości. W zwierciadle wypukłym nigdy nie powstanie obraz odwrócony (czyli „do góry nogami”).

W **zwierciadle wklęsłym** obrazy przedmiotów znajdujących się daleko od nich są **odwrócone**. **Obraz prosty** możemy zaobserwować w takim zwierciadle tylko wtedy, gdy bardzo przybliżymy do niego przedmiot (dokładniej mówiąc: na odległość mniejszą niż tzw. ogniskowa zwierciadła).

Ludzkie oko dostosowuje ostrość widzenia do odległości widzianych przedmiotów tylko do pewnego stopnia. Jeżeli zbliżysz jakiś przedmiot na zbyt małą odległość, to widzisz go niewyraźnie. Zdrowe oko ludzkie najmniej się wysila, gdy patrzy na przedmiot znajdujący się w odległości około 25 cm. Dlatego odległość tę nazywa się **odległością dobrego widzenia**. Podczas zbliżania wklęsłej powierzchni łyżki

XXII. Szkiełko i oko...

do twarzy, powstanie obraz prosty, dokładnie przy tej samej odległości, przy której powstał prosty obraz ołówka. Jednak odległość ta jest zbyt mała (wynosi kilka centymetrów), aby oko było w stanie zaobserwować wyraźny obraz twarzy w lusterku.

Doświadczenie 2: Soczewka skupiająca



Eksperyment najlepiej
wykonać w słoneczny dzień.

Przyrządy i materiały:

lupa, czysta kartka A4, gazeta lub książka, odstłonięte okno, metr krawiecki lub długa linijka

Eksperyment.

- Użyj lupy jako szkła powiększającego. Ustaw lupę pomiędzy oknem a gazetą. Przesuwając gazetę i lupę, ustaw obie w takich odległościach od siebie nawzajem i od twojego oka, przy których twoje oko się nie męczy, a litery w gazecie wydają się największe.

Obserwacja.

- Czy powstały obraz liter jest prosty czy odwrócony?
- Ustaw lupę pomiędzy kartką A4, a oknem. Patrząc bezpośrednio na kartkę A4 (ale z boku, a nie poprzez lupę), tak zmieniaj odległość pomiędzy lupą, a kartką, żeby na kartce otrzymać jak najmniejszy obraz Słońca zza okna. W takim przypadku odległość pomiędzy lupą a kartką jest równa ogniskowej soczewki. Zmierz ogniskową swojej lupy.

Obserwacja.

- Co jeszcze pojawia się na kartce, gdy ustawisz ją i lupę w takiej pozycji, aby obraz Słońca na kartce był jak najmniejszy?
- Czy obraz okna jest prosty, czy odwrócony?

Komentarz.

Lupa jest soczewką dwuwypukłą. Ponieważ wykonana jest ze szkła, w którym współczynnik załamania światła jest większy niż współczynnik załamania światła w powietrzu, lupa używana w powietrzu jest soczewką skupiającą. Za pomocą takiej soczewki można uzyskiwać obrazy dwojakiego rodzaju: obrazy proste, obserwowane po tej samej stronie soczewki, po której znajduje się przedmiot (np. w przypadku użycia lupy jako szkła powiększającego, zarówno przedmiot, jak i obraz znajduje się za lupą) oraz obrazy odwrócone, znajdujące się po przeciwnej stronie soczewki niż przedmiot (np. gdy otrzymujemy obraz okna na kartce).

Cechą charakterystyczną wszystkich obrazów, otrzymanych zarówno przy użyciu soczewek, jak i zwierciadeł dowolnego typu jest to, że obrazy proste są obrazami pozornymi, a obrazy odwrócone – rzeczywistymi. Obraz pozorny to taki, który powstaje wyłącznie w ludzkim oku. Jeśli w miejscu, w którym wydaje nam się, że powstaje ten typ obrazu, ustawimy ekran, obraz się na nim nie pojawi. Z kolei obraz rzeczywisty powstaje w konkretnym miejscu w przestrzeni. Jeśli w tym miejscu ustawimy ekran, pojawi się na nim wyraźny, ostry obraz.

Promienie słoneczne dochodzą do soczewki z bardzo daleka, można zatem uznać, że Słońce (przedmiot obserwacji) znajduje się w nieskończoności, a biegnące od niego promienie są w przybliżeniu równoległe. Wówczas wyraźny (i najmniejszy) obraz Słońca powstaje w odległości równej ogniskowej soczewki (wszystkie promienie skupiają się w ognisku soczewki).

Jeżeli lupę wystawimy na działanie promieni słonecznych, umieszczając jednocześnie suchą trawę lub drobne gałązki w jej ognisku, możemy rozpalić ogień. W takim bowiem przypadku za pomocą lupy skupiamy całą docierającą do nas energię słoneczną na bardzo małym obszarze (równym polu powierzchni plamki obrazu Słońca). Bardzo niebezpieczne zatem, z punktu widzenia możliwości powstania pożarów, jest porzucanie w lesie szklanych opakowań – np. butelek, czy słoików. Stają się one bowiem soczewkami o bardzo małych ogniskowych i mogą doprowadzić do powstania pożaru lasu, szczególnie w czasie upałów, gdy poszycie lasu jest bardzo suche.

XXII. Szkiełko i oko...

Doświadczenie 3: Domowa lupa



Przyrządy i materiały:

skórzany pasek od zegarka z małymi dziurkami, tekst napisany małymi drukowanymi literami

Eksperyment.

- Sprawdź, na jaką najmniejszą odległość możesz przybliżyć tekst do oka, aby litery nie były jeszcze zamazane.
- Popatrz na tekst jednym okiem, przez dziurkę w pasku od zegarka. Sprawdź, na jaką najmniejszą odległość możesz przybliżyć tekst do oka, aby litery nie były jeszcze zamazane.

Obserwacja.

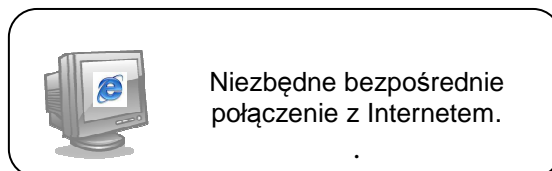
- Czy chcąc zachować wyraźny obraz liter i patrząc jednym okiem przez dziurkę w pasku możesz zbliżyć tekst na mniejszą odległość niż w przypadku nieuzbrojonego oka?
- Czy litery widziane przez dziurkę w pasku wydają się zmieniać swoje rozmiary? W jaki sposób?

Komentarz.

Dziurka w pasku działa jak przysłona w aparacie fotograficznym – im mniejszy otwór, tym większa głębia ostrości. Po przybliżeniu kartki do oka na odległość kilku centymetrów, drobny druk nadal pozostaje wyraźny, jeśli patrzymy przez dziurkę, podczas gdy jest już całkiem rozmazany, gdy patrzymy na niego z takiej samej odległości gołym okiem.

Eskimosi wykorzystywali znajomość tego zjawiska na długo zanim Europejczycy nauczyli się szlifować soczewki. Eskimosi robili okulary dla ludzi starszych, wywiercając małe dziurki w fiszbinie, pochodzącej z jamy gębowej wieloryba, a następnie mocując ją na oczach.

Doświadczenie 4: Jak działa oko?



Jak działa oko? : <http://videos.howstuffworks.com/hsw/11962-light-how-our-eyes-work-video.htm>
(czas projekcji 2 min 23 s)

Tłumaczenie napisów:

0:02 Za pomocą wzroku dociera do mózgu więcej informacji niż poprzez jakikolwiek inny zmysł.

0:09 Polegamy na naszym wzroku, jeśli chodzi o kolory i perspektywę.

0:15 Światło widzialne dociera do naszych oczu, gdzie jest zamieniane na sygnały elektryczne, tłumaczone przez nasz mózg jako widzenie.

0:25 Najpierw światło przechodzi przez rogówkę.

0:27 Przezroczysta, zaokrąglona powierzchnia narządu wzroku, zakrzywia promienie świetlne, które następnie wchodzi do oka.

0:33 Mięśnie w tęczęwce kontrolują ilość światła, które może przedostać się do oka.

0:43 Tęczęwka (a z nią – źrenica) rozszerza się, gdy wokół jest mało światła, a zwęża - w pełnym Słońcu.

0:51 Promienie świetlne przechodzą przez ciało szkliste – przezroczystą galaretkę, która zajmuje znaczną część oka.

1:00 Na końcu światło skupia się na siatkówce, na wewnętrznej, tylnej ścianie oka.

1:06 Wyspecjalizowane komórki w siatkówce pochłaniają światło i zamieniają jego energię w energię strumienia sygnałów elektrycznych.

XXII. Szkiełko i oko...

1:16 Większość z nich to wydłużone komórki – cienkie i długie, mogące zbierać światło nawet o bardzo małym natężeniu.

1:25 Jednakże widzimy świat na kolorowo tylko dzięki krótkim, stożkowatym komórkom, najlepiej pracującym w świetle jasnym.

1:35 Nasze oczy rozróżniają tysiące kolorów, pomimo, że posiadamy tylko trzy rodzaje komórek, które pomagają w tym rozróżnianiu.

1:46 Jedne zbierają światło o szerokim wachlarzu kolorów.

1:49 Drugie – zbierają tylko odbite światło zielone, a trzecie są wrażliwe na kolor niebieski.

1:59 Komórki nerwowe mieszają sygnały zupełnie jak za pomocą pędzla, dając nam złudzenie pełnej tęczy kolorów.

2:07 Pręciki i stożki odpowiadają na światło, generując impulsy elektryczne, które wychodzą na zewnątrz oka i biegną poprzez nerwy optyczne aż do mózgu.

2:18 Dzięki czemu możemy w końcu zobaczyć światło.

Komentarz.

Obraz otrzymany na siatkówce jest obrazem rzeczywistym, obróconym. Dopiero mózg zamienia go na powrót w obraz prosty.

Doświadczenie 5: Krótkowzroczność i dalekowzroczność



Projekcja filmów i animacji z Internetu.
Materiał można wcześniej skopiować na dysk lokalny.

Krótkowidztwo i dalekowidztwo i ich korygowanie:

<http://www.youtube.com/watch?v=AsKeu4wm3XI> (czas projekcji 1 min 13 s)

Tłumaczenie.

0:04 Oczy są narządami wzroku, które pobierają światło.

0:08 Na diagramie mamy tutaj źródło światła, soczewkę i siatkówkę zawierającą komórki fotoczule.

0:13 Włókna optyczne przesyłają dźwięki, informacje i obrazy za pomocą wiązek światła dookoła całego globu ziemskiego.

0:15 Po włączeniu źródła światła, widzimy, że soczewka skupia światło w jednym punkcie na siatkówce.

0:20 Następnie informacja przekazywana jest z siatkówki do mózgu.

0:26 Osoby krótkowzroczne widzą wyraźnie przedmioty z bliska, a przedmioty znajdujące się w większej odległości, stają się dla nich rozmyte.

0:32 Ten film wyjaśnia, dlaczego tak się dzieje.

0:35 Soczewki osoby krótkowzrocznej nie działają w sposób prawidłowy, a wpadające do oka światło jest skupiane przed siatkówką.

0:42 Zatem optyk przepisze takiej osobie soczewki rozpraszające o odpowiedniej zdolności skupiającej, powodujące przesunięcie ogniska i skupienie promieni na siatkówce.

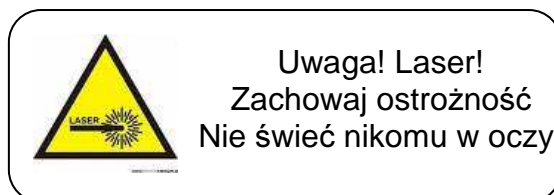
0:50 Osoby cierpiące na dalekowzroczność wyraźnie widzą przedmioty położone daleko, ale przedmioty bliskie stają się dla nich rozmyte.

0:58 Jeśli przyjrzymy się uważnie, światło wpadające do takiego oka jest skupiane już za siatkówką.

1:03 Zatem optyk przepisze takiej osobie soczewki skupiające, które zapewnią skupienie promieni w sposób prawidłowy, na siatkówce w tylnej części oka.

XXII. Szkiełko i oko...

Doświadczenie 6: Dyfrakcja



Przyrządy i materiały:

jeden włos ludzki, płyta CD lub DVD, wskaźnik laserowy

Eksperyment.

- Stań naprzeciwko ściany. Zachowując ostrożność przy pracy ze wskaźnikiem laserowym, skieruj wiązkę światła laserowego na powierzchnię płyty CD pod takim kątem, aby otrzymać obraz na ścianie.

Obserwacja.

- Ile punktowych obrazów wiązki obserwujesz na ścianie?
- Niech dwie osoby staną naprzeciwko ściany. Jedna osoba powinna stanąć bokiem do ściany w odległości 1-2 m od niej i w wyciągniętych przed siebie rękach naciągnąć ustawiony w pozycji pionowej włos ludzki. Druga osoba, stojąc twarzą do ściany, powinna skierować wiązkę światła laserowego prostopadłe do włosa i do znajdującej się za tym włosem ściany.

Obserwacja.

- Ile punktowych obrazów wiązki obserwujesz na ścianie?

Komentarz.

Światło lasera padając na wąską przeszkodę ulega ugięciu (czyli dyfrakcji). Zjawisko zachodzi dla wszystkich wielkości przeszkód, ale wyraźnie jest obserwowane dla przeszkód o rozmiarach porównywalnych z długością fali. Za przeszkodą powstają fale wtórne, które nakładają się na siebie (czyli zachodzi interferencja tych fal). Niektóre fale nakładając się na siebie, wygaszają się; inne – przeciwnie – wzmacniają. W wyniku tego nakładania za przeszkodą powstaje seria jasnych i ciemnych prążków. Odległość między tymi prążkami jest tym większa im węższa przeszkoda. Mierząc odległość przeszkody od ekranu oraz przesunięcie obrazów wiązki lasera względem pierwotnego kierunku tej wiązki, możemy wyznaczyć grubość przeszkody.

Podobne zjawisko zachodzi wówczas, gdy światło pada na bardzo wąską szczelinę. Także w tym przypadku, mierząc te same, co poprzednio odległości, możemy wyznaczyć grubość szczeliny.

Można ustawić obok siebie wiele bardzo wąskich przeszkód lub szczelin – tworząc tak zwaną siatkę dyfrakcyjną. Po przepuszczeniu światła przez taką siatkę – znowu otrzymujemy obraz prążków interferencyjnych, symetrycznie ustawionych względem kierunku padania światła na siatkę dyfrakcyjną.

Płyta CD składa się z bardzo wielu rowków, odległych od siebie o ułamek mikrometra. Co prawda światło lasera nie może przejść przez płytę, ale może się od niej odbić, jak od przeszkody. Mówimy, że płyta CD jest odbiciową siatką dyfrakcyjną.

Zarówno dyfrakcja, jak i interferencja świadczą o falowej naturze światła.

XXIII. Iluzje

Pytania wstępne (5 min)

- Przypomnij sobie jakieś doświadczenie życiowe, w którym potwierdziło się, że wzrok ludzki ulega iluzjom.
- Dlaczego mózg ludzki ulega iluzjom: wzrokowym, dotykowym, słuchowym?
- Czy znasz przykłady złudzeń optycznych?
- Czy znasz przykłady złudzeń dotykowych?
- Czy znasz przykłady złudzeń słuchowych?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Mylący dotyk (3 min)

Doświadczenie 2: Obraz szpilki (4 min)

Doświadczenie 3: Filmowa iluzja (8 min)

Doświadczenie 4: Złudzenia optyczne w grafikach (10 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (5 min)

Jednym z przykładów omylności ludzkiego wzroku jest tzw. złudzenie księżycowe, o którym można przeczytać w artykule w Neutrino 1, str. 12-13:

<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/neutrino/nr%201/neutrino%201%20-%20calosc.pdf>

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Iluzje optyczne - przykłady: anatomy.ib.amwaw.edu.pl/edu/czlek/czlekoko_dw.htm oraz <http://matematyczny.blox.pl/2008/01/Iluzja-architektoniczna.html> a także http://cpafi.wrzuta.pl/obraz/0cK1gg5ONDt/super_iluzja lub <http://art.blox.pl/2006/01/Sztuka-reklama-czy-iluzja-doskonala.html>
2. Złudzenie Księżycowe – Neutrino 1, str. 12-13: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/neutrino/nr%201/neutrino%201%20-%20calosc.pdf>
3. Camera Obscura - Neutrino 1, str. 10-11: <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/neutrino/nr%201/neutrino%201%20-%20calosc.pdf>
4. Odwrócony obraz na siatkówce – Neutrino 1, str. 14-15

XXIII. Iluzje

Doświadczenie 1: Mylący dotyk

Przyrządy i materiały:

kulka wielkości opuszka palca środkowego twojej ręki (np. duży cukierek typu draż albo orzech laskowy).

Eksperyment.

Dla osoby praworęcznej:

Położ kulkę na lewej, otwartej dłoni. Palec środkowy prawej ręki skrzyżuj z jej palcem wskazującym. Zamknij oczy i zewnętrznymi brzegami skrzyżowanych palców tocz kulkę po dłoni.

Dla osoby leworęcznej:

Położ kulkę na prawej, otwartej dłoni. Palec środkowy lewej ręki skrzyżuj z jej palcem wskazującym. Zamknij oczy i zewnętrznymi brzegami skrzyżowanych palców tocz kulkę po dłoni.

Obserwacja.

- Czy wydaje ci się, że toczysz jedną kulkę, czy dwie kulki?

Komentarz.

Nasze zmysły, w tym także zmysł dotyku, są uwarunkowane przez nasze życiowe doświadczenia i mózg interpretuje sygnały docierające z receptorów tak, jak został nauczony. Ponieważ dotykamy kulkę zewnętrznymi stronami dwóch palców, czujemy ją jako dwie kulki.

(na podstawie: „200 doświadczeń dla dzieci”, R.J. Brown)

Doświadczenie 2: Obraz szpilki



Przyrządy i materiały:

szpilka

Pełen opis doświadczenia wraz z komentarzem znajduje się w artykule:
„Odwrócony obraz na siatkówce” – Neutrino 1, str. 14-15

Doświadczenie 3: Filmowa iluzja



Przyrządy i materiały:

czysta kartka z bloku technicznego, słomka do napojów, przezroczysta taśma klejąca, nożyczki, kilka kredek.

Eksperyment.

- Wytnij koło o średnicy 5-7 cm z kartki z bloku technicznego. Narysuj w tym kole obrazek: połowę obrazka narysuj po jednej stronie koła a połowę obrazka – po drugiej stronie koła. Może to być dowolny obrazek, na przykład przezroczysty wazon z kwiatami – wówczas kwiaty narysuj na jednej stronie, a przezroczysty wazon - po drugiej stronie kartki.
- Przyklej taśmą klejącą słomkę do koła. Zadbaj o to, aby słomka leżała na środku koła. Gdy wyciągniesz przed siebie koło i patrzysz wprost na rysunek, słomka powinna być ustawiona pionowo i wystawać u dołu rysunku.
- Włóż słomkę pionowo pomiędzy swoje dwie otwarte dłonie. Pocieraaj szybko jedną dłonią o drugą tak, aby słomka obracała się tam i z powrotem w prawo i w lewo.

XXIII. Iluzje

Obserwacja.

- Jaki obrazek widzisz na kole z kartonu?

Komentarz.

Filmy wyświetlane na sali kinowej są zapisane w postaci pojedynczych klatek filmowych, na których znajdują się pojedyncze zdjęcia. Jak to się zatem dzieje, że nie widzimy osobnych zdjęć? Techniki kinowe i telewizja wykorzystują iluzję (złudzenie), która w pewnym sensie oszukuje nasze mózgi. Gdy patrzysz na jakiś obraz, twój mózg zatrzymuje go przez ułamek sekundy po tym jak obrazek zniknie. Cecha ta nazywana jest **bezwładnością wzroku**.

Jeśli ktoś pokazuje ci więcej niż 10 różnych obrazów na sekundę, twój mózg łączy te osobne obrazki w jedną serię poruszających się obrazów. Taśmę filmową wyświetla się w ten sposób, że przed twoimi oczami przemykają 24 obrazki na sekundę. Daje to wrażenie bardzo płynnego ruchu. W przeprowadzonym przez siebie doświadczeniu kręcisz słomką na tyle szybko, że oba rysunki nakładają się w twoim mózgu na siebie, tworząc wrażenie jednego obrazka

Doświadczenie 4: Złudzenia optyczne w grafikach



Przyrządy i materiały:

Przykładowe grafiki tutaj podane lub znalezione w Internecie

Eksperyment.

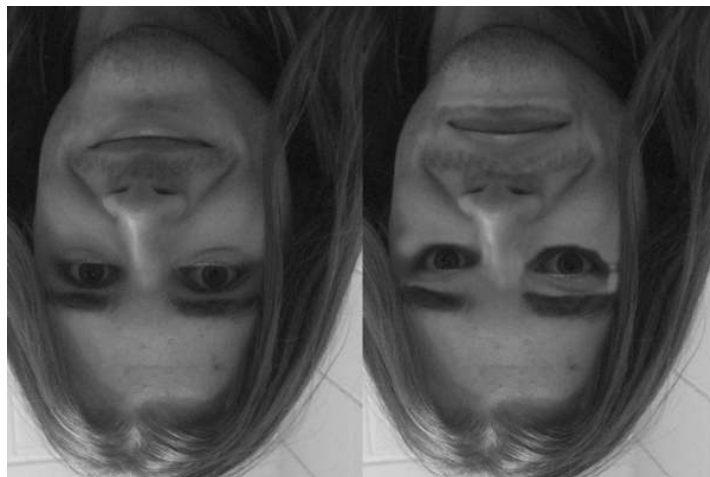
- Przyglądaj się każdej z grafik.

Obserwacja.

- Dlaczego tak łatwo zwieść ludzki wzrok? Z czym to jest związane?

Grafika 1.

Efekt Thatcher (Thomson-Scheibe). Na zdjęcie należy patrzeć do góry nogami!



Ten efekt świetnie pokazuje jak nasze postrzeganie twarzy jest uwarunkowane przez życiowe doświadczenie – nie mamy w mózgu zapisanych „wzorców” twarzy do góry nogami, stąd obie twarze na pierwszy rzut oka zawierają wszystkie elementy (nos, oczy itp.) na swoich miejscach, więc wydają się nam w porządku. Natomiast po spojrzeniu na twarz ułożoną naturalnie, natychmiast zauważamy zniekształcenie.

XXIII. Iluzje

Grafika 2.

Plamka ślepa:

anatomy.ib.amwaw.edu.pl/edu/czlek/czlekoko_dw.htm

Grafika 3.

Siatka Hermana:

anatomy.ib.amwaw.edu.pl/edu/czlek/czlekoko_dw.htm

Grafika 4.

Sześcian Neckera:

anatomy.ib.amwaw.edu.pl/edu/czlek/czlekoko_dw.htm

Grafika 5.

Pucharek czy twarze?

anatomy.ib.amwaw.edu.pl/edu/czlek/czlekoko_dw.htm

Grafika 6.

Iluzja architektoniczna:

<http://matematyczny.blox.pl/2008/01/Iluzja-architektoniczna.html>

Grafika 7.

Super iluzje ruchomości obrazów:

http://cpafi.wrzuta.pl/obraz/0cK1qg5ONDt/super_iluzja

Grafika 8.

Chodnikowa iluzja:

<http://art.blox.pl/2006/01/Sztuka-reklama-czy-iluzja-doskonala.html>

Poszukajcie także innych!

XXIV. W czasie i przestrzeni - czyli orientuj się!

Co już wiemy (2 min)

- Jakiego zmysłu człowiek używa najczęściej?
- Jakie obrano podstawowe jednostki czasu i odległości?

Pytania wstępne (4 min)

- Jakie znasz fazy Księżyca?
- Co ile dni cykl faz Księżyca się powtarza?
- Co to jest czas urzędowy, a co – słoneczny?
- Kiedy zmieniamy czas z zimowego na letni i odwrotnie?
- Po co ludzie wprowadzają dwa razy w roku zmianę czasu urzędowego? Czemu to służy?
- W jaki sposób, nie posiadając kompasu, można określić kierunek geograficzny północny?
- O czym mówi twierdzenie Talesa?
- Co to jest czas reakcji człowieka?
- Jakie czynniki wpływają na wydłużenie naturalnego czasu reakcji?

Dodatkowe pytania nauczyciela (2 min)

Doświadczenia z objaśnieniami, komentarzami

Doświadczenie 1: Zegarek jako kompas (4 min)

Doświadczenie 2: Pomiar wysokości drzewa (10 min)

Doświadczenie 3: Czas reakcji (8 min)

Doświadczenie 4: Fazy Księżyca (1 miesiąc + 6 min)

Podsumowanie (dodatkowy komentarz, ciekawostki) (8 min)

Z fazami Księżyca wiąże się mnemotechniczny sposób ich zapamiętania – porównując obraz oświetlonej tarczy Księżyca do liter alfabetu, można zapamiętać:

Jeżeli Księżyc ma kształt litery **D**, to znaczy, że się **D**opełnia, czyli jest pomiędzy nowiem, a pełnią i zmierza do pełni; jeżeli Księżyc ma kształt litery **C**, to się **C**ofa, (lub **C**ienieje), czyli jest pomiędzy pełnią a nowiem (jest już po pełni).

Szacunkowe obliczenie odległości statków znikających na widnokręgu od plaży można znaleźć w artykule: „Aż po widnokrąg” - FOTON 101 (Lato 2008).

Przykład prostego szacunkowego obliczenia promienia Ziemi - znajduje się w książce „Podstawy fizyki”, t.1, D. Halliday, R. Resnick i J. Walter (PWN 2006) w rozdz. 1, str.8, przykład 1.4*.

W latach dwudziestych XXw. Edwin Hubble odkrył, że Wszechświat się rozszerza, co dało początek teorii Wielkiego Wybuchu. Koncepcję rozszerzającego się Wszechświata zobrazowano w doświadczeniu z balonikiem w książce „Fizyka i astronomia dla każdego”, pod red. B. Sagnowskiej (Zamkor 2007), rozdz.1.3, str.24-25.

Pytania końcowe (2 min)

/Zwłaszcza te, na które uczniowie nie odpowiedzieli na początku/

Literatura i linki internetowe dla Nauczyciela

1. Fazy Księżyca: http://pl.wikipedia.org/wiki/Faza_Ksi%C4%99%C5%BCyca
2. Odległość statków znikających na widnokręgu: Foton 101 (Lato 2008): <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/101/pdf/14%20widnokrąg.pdf>

- Oszacowanie promienia Ziemi: „Podstawy fizyki”, t.1, D. Halliday, R. Resnick i J. Walter (PWN 2006) w rozdz. 1, str.8, przykład 1.4*.
- Koncepcja rozszerzającego się Wszechświata – doświadczenie z balonikiem: „Fizyka i astronomia dla każdego”, pod red. B. Sagnowskiej (Zamkor 2007), rozdz.1.3, str.24-25.

Doświadczenie 1: Zegarek jako kompas



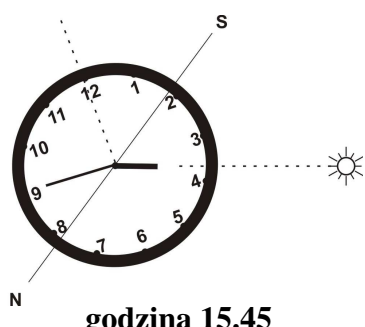
Eksperyment należy wykonać w słoneczny dzień.

Przyrządy i materiały:
zegarek

Uwaga: Jeżeli wykonujesz doświadczenie w tzw. czasie letnim, przestaw najpierw wskazówki swojego zegarka o jedną godzinę wstecz.

Eksperyment.

- Ustaw zegarek w płaszczyźnie poziomej (czyli na płasko).
- Wyobraź sobie odcinek łączący środek tarczy zegarka z położeniem środka Słońca na niebie, a następnie rzut tego odcinka na powierzchnię Ziemi.
- Przekręć zegarek tak, aby rzut odcinka łączącego środek zegarka ze Słońcem pokrywał się ze wskazówką godzinową.
- Podziel na połowę kąt pomiędzy wskazówką godzinową, a półprostą prowadzącą od środka tarczy zegarka do liczby 12. Linia tego podziału wskazuje linię geograficzną północ-południe.
- Jeśli zegarek wskazuje godzinę przed 12.00, to północ geograficzna (N) leży po tej stronie prostej, którą napotykamy idąc **przeciwnie do ruchu wskazówek zegara** od wskazówki godzinowej do półprostej wskazującej liczbę 12.



- Jeśli zegarek wskazuje godzinę po 12.00, to północ geograficzna (N) leży po tej stronie prostej, którą napotykamy idąc **zgodnie z ruchem wskazówek zegara** od wskazówki godzinowej do półprostej wskazującej liczbę 12.

Komentarz.

Bez względu na porę roku pozycja Słońca na niebie względem stron świata jest dla każdej godziny (liczonej według czasu zimowego) ściśle określona. Pora roku może wpływać jedynie na wysokość położenia Słońca ponad horyzontem. Ale zawsze maksymalna wysokość Słońca w ciągu dnia występuje w samo południe, czyli o 12.00, licząc według **czasu słonecznego** (astronomicznego), czyli wynikającego bezpośrednio z pozycji Słońca na niebie. Czas słoneczny jest ustalony dla wszystkich miejsc położonych wzdłuż jednego południka, ale zmienia się od południka do południka. Zatem mierzenie czasu według położenia Słońca jest zupełnie niepraktyczne, gdyż wówczas nawet na

XXIV. W czasie i przestrzeni - czyli orientuj się!

terenie jednego województwa, nie mówiąc już o całym państwie, w różnych miejscach trzeba by nastawiać zegarki w różny sposób.

Ludzie umówili się zatem, że podzielią całą kulę ziemską na 24 strefy czasowe, rozciągające się południkowo - każda o szerokości 15° długości geograficznej. W ramach jednej strefy położenie Słońca na niebie w określonej chwili czasu zmienia się niewiele, dlatego całej strefie przypisuje się czas słoneczny jej środkowego południka.

Strefy czasowe w niezmiennym kształcie obowiązują na morzach i oceanach. Na lądach ich kształt został zmodyfikowany tak, by małe i średnie państwa w całości znalazły się w obrębie jednej strefy czasowej, czyli obowiązywał w nich jeden **czas urzędowy**. Większe państwa, takie jak Stany Zjednoczone, Kanada, Brazylia, Rosja czy Australia, znajdują się w kilku strefach czasowych i poszczególne ich regiony mają różne czasy urzędowe. W ekstremalnych przypadkach czas urzędowy obowiązujący w danym miejscu dość znacznie może się różnić od czasu słonecznego (tak jest np. w niektórych partiach Chin).

W całej Unii Europejskiej zegarki są ustawiane według czasu urzędowego, który jedynie w przybliżeniu pokrywa się z czasem słonecznym od ostatniej niedzieli października do ostatniej soboty marca. Ten okres nazywa się **czasem zimowym** dla odróżnienia go od **czasu letniego**, kiedy to wszystkie zegarki są przestawione o jedną godzinę do przodu. Czas letni trwa w całej Unii Europejskiej od ostatniej niedzieli marca do ostatniej soboty października.

Zmiany czasu mają spowodować efektywniejsze wykorzystanie światła dziennego, a co za tym idzie – oszczędność energii elektrycznej używanej do oświetlenia. Latem standardowy czas słoneczny jest przesuwany o godzinę do przodu, aby czas aktywności człowieka był lepiej dopasowany do godzin, w których jest najwięcej światła słonecznego (nie jest nam potrzebne to światło o 4.00 nad ranem!). Jako pierwsi czas letni wprowadzili Niemcy, podczas I wojny światowej. W Polsce zmiany czasu z zimowego na letni i z letniego na zimowy wprowadzano od czasów II wojny kilkakrotnie, ale nieprzerwanie zmiana ta obowiązuje dopiero od 1977 roku.

Należy podkreślić, że w proponowanym doświadczeniu kierunek północny jest tym lepiej określony, im mniejsze rozbieżności pomiędzy czasem urzędowym, ciekawych czasem słonecznym w miejscu przeprowadzania eksperymentu.

Doświadczenie 2: Pomiar wysokości drzewa



Eksperyment należy wykonać w słoneczny dzień.

Przyrządy i materiały:

ołówek, prosty patyk, długa linijka lub metr krawiecki, kartka papieru.

Przygotowanie.

Znajdź wysokie drzewo ze szpiczastym wierzchołkiem lub inny wysoki, wąski obiekt (maszt, słupek), którego wysokość chcesz zmierzyć.

Eksperyment.

Uwaga: Wszystkie pomiary muszą być wykonane w tych samych jednostkach, np. w centymetrach. Jeżeli pomiar wynosi np. 2 cm 3 mm, to należy go zapisać w postaci 2,3 cm.

- Wbij patyk w ziemię i zmierz jego wysokość od ziemi do wierzchołka. Zapisz tę wysokość.
- Zmierz długość cienia rzucanego przez patyk. Zapisz tę długość.
- Zmierz długość cienia rzucanego przez drzewo (słupek), którego wysokość chcesz zbadać. Zapisz tę długość.
- Pomnóż wysokość patyka przez długość cienia drzewa (słupka) i podziel przez długość cienia patyka. Wynik jest równy wysokości drzewa.

XXIV. W czasie i przestrzeni - czyli orientuj się!

Zadanie w powyższych punktach powtórz 10 razy. W ten sposób powinieneś wypełnić całą swoją tabelkę. Po wykonaniu 10 pomiarów dodaj wszystkie wartości z drugiego wiersza twojej tabelki, a następnie sumę podziel przez 10 (w ten sposób obliczasz **średnią arytmetyczną** z wszystkich pomiarów). Wynik, który otrzymasz to średni czas twojej reakcji.

Wynik, który otrzymasz to średni czas twojej reakcji.

odczyt z linijki (cm)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
odczyt czasu (s)	0,111	0,119	0,128	0,135	0,143	0,150	0,156	0,163	0,169	0,175	0,181	0,186

odczyt z linijki (cm)	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
odczyt czasu (s)	0,191	0,197	0,202	0,207	0,212	0,216	0,221	0,226	0,230	0,234	0,239	0,243

Komentarz.

Człowiek reaguje na różne **bodźce** zewnętrzne (dotykowe, wzrokowe, słuchowe, węchowe, smakowe, ciepłe) dzięki temu, że posiada układ nerwowy. Bodziec taki wywołuje ciąg zdarzeń w tym układzie. Informacja o bodźcu biegnie w układzie nerwowym człowieka w postaci sygnału od **receptora**, czyli miejsca, które jest zdolne odbierać bodziec (np. oko jest receptorem bodźców wzrokowych). Sygnał z receptora dociera do mózgu, a następnie wraca do odpowiedniej części ciała. Człowiek nigdy nie reaguje natychmiastowo, choć reakcje na bodźce są bardzo szybkie.

Czas reakcji człowieka w doświadczeniu z linijką to około 0,1-0,2 s. W wielu sytuacjach życiowych jest bardzo ważne, aby był on jak najkrótszy. Wyobraź sobie na przykład, że jesteś kierowcą i jedziesz z prędkością 60 km/h, gdy zniemacka przed twoje auto wyskakuje zwierzę. Wydaje się, że natychmiast instynktownie naciskasz na hamulec. Jednak Twoja reakcja tak naprawdę nie jest natychmiastowa. Jak długą drogę jeszcze przejedziesz, zanim naciśniesz hamulec? Jeżeli czas Twojej reakcji to 0,1 s – auto przejedzie ponad 1,6 m, jeżeli czas Twojej reakcji wynosi 0,2 s - auto przejedzie ponad 3 metry zanim zaczniesz w ogóle hamować.

Nie zawsze czas reakcji tego samego człowieka jest identyczny. Sprinter skoncentrowany na zawodach ma na pewno krótszy czas reakcji na sygnał startera niż ten sam sprinter, przebywający na wakacjach, gdy wypada mu coś z ręki. Czasami wpływ na koncentrację, a tym samym na czas reakcji mają także warunki atmosferyczne. Słyszysz się wówczas w telewizji zapowiedź podczas prognozy pogody „Uwaga kierowcy na drogach: warunki meteorologiczne mogą powodować opóźnienie czasu reakcji.”



Doświadczenie 4 Fazy Księżyca

Przyrządy i materiały:

kartka papieru, coś do pisania, kawałek kredy (niekoniecznie), jabłko, patyk do nabicia jabłka, lampka dająca silne światło (najlepiej - latarka)

Przygotowanie.

- Wybierz jakieś miejsce koło domu, z którego jest dobrze widoczny jak największy fragment nieba.
- Określ w tym miejscu kierunki geograficzne (przy pomocy kompasu lub wykonując doświadczenie „zegarek jako kompas”). Narysuj na kartce papieru tabelkę według wzoru:

Dzień	pora dnia, w której obserwowano Księżyc	kierunek geograficzny, w którym widzimy Księżyc	kształt oświetlonej części Księżyca

To tylko fragment tabelki. Twoja tabelka powinna mieć przynajmniej 29 pustych wierszy (rzędów).

XXIV. W czasie i przestrzeni - czyli orientuj się!

Eksperyment.

Część pierwsza:

- Codziennie szukaj Księżyca na niebie o stałych porach: rano (zaraz po przebudzeniu), tuż po zachodzie Słońca i wieczorem, przed pójściem spać.
- Uzupełniaj tabelkę codziennie. Jeżeli któregoś dnia zapomnisz o obserwacji lub niebo będzie zachmurzone, albo nie będziesz mógł znaleźć Księżyca na niebie we wskazanych w punkcie 1 porach, możesz zapisać w tabelce: „brak obserwacji”.

Część druga (najlepiej wykonać ją w asyście drugiej osoby):

- Nabij jabłko na patyk.
- Na swojej lewej dłoni napisz E (albo: wschód), a na prawej W (albo zachód).
- W ciemnym pomieszczeniu zapal małą lampkę na czubka Twojej głowy, w odległości ponad 1 m od siebie. Wyobraź sobie, że to jest Słońce.
- Stań przodem do lampki. Umocuj patyk z jabłkiem gdzieś po swojej lewej stronie, na wysokości ok.20-30 cm powyżej głowy, w odległości nie większej niż pół metra od siebie. Wyobraź sobie, że to Księżyc. Patrząc cały czas prosto przed siebie, obracaj się dookoła swojej osi w lewą stronę. Wyobraź sobie, że jesteś kulą ziemską. Zapamiętaj, w którą stronę: Twojej lewej (E), czy prawej (W) dłoni zwrócona jest oświetlona część jabłka, gdy patrzysz na nie na wprost. Jaki jest kształt widzianej przez ciebie, oświetlonej części jabłka? Gdzie wtedy znajduje się lampka?
- Stań przodem do lampki. Umocuj patyk z jabłkiem („Księżyc”) gdzieś po swojej prawej stronie, na wysokości ok.20-30 cm powyżej głowy w odległości nie większej niż pół metra. Patrząc cały czas prosto przed siebie, obracaj się dookoła swojej osi w lewą stronę. Zapamiętaj, w którą stronę: Twojej lewej (E), czy prawej (W) dłoni zwrócona jest oświetlona część jabłka, gdy patrzysz na nie na wprost. Jaki jest kształt widzianej przez ciebie, oświetlonej części jabłka? Po której stronie: Twojej lewej (E) czy prawej (W) dłoni znajduje się wtedy lampka?
- Umocuj patyk z jabłkiem naprzeciwko lampki, w odległości ok. 1,5 m od niej, na wysokości ok.20-30 cm powyżej swojej głowy. Stań pomiędzy jabłkiem a lampką, przodem do lampki. Cały czas patrząc prosto przed siebie, obracaj się dookoła swojej osi w lewą stronę. Zapamiętaj wzajemne usytuowanie lampki i jabłka. Jaki kształt ma oświetlona część jabłka, gdy patrzysz na nie na wprost?

Obserwacja:

- Przypatrz się swoim notatkom w tabelce. Jaki był kształt oświetlonej części Księżyca, obserwowanego o zachodzie Słońca na południowej części nieba? Który kierunek geograficzny wskazywała wówczas oświetlona część prawdziwego Księżyca?
- W którym kierunku (E czy W) zwrócona była oświetlona część jabłka, jeżeli podczas Twojego obrotu patrzyłeś na jabłko na wprost, a lampka znajdowała się po Twojej prawej stronie (czyli na zachodzie, W)?
- Przypatrz się tabelce. Jaki był kształt oświetlonej części Księżyca, gdy był on widoczny na południowej części nieba wcześniej rano? Który kierunek geograficzny wskazywała wówczas oświetlona część tarczy prawdziwego Księżyca?
- W którym kierunku (E czy W) zwrócona była oświetlona część jabłka, jeżeli podczas Twojego obrotu patrzyłeś na jabłko na wprost, a lampka znajdowała się po Twojej lewej stronie (czyli na wschodzie, E)?

Komentarz:

Słońce jest gwiazdą znajdującą się najbliżej Ziemi. Księżyc nie jest gwiazdą, zatem sam nie wysyła światła. Może natomiast odbijać światło słoneczne.

Księżyc porusza się po orbicie dookoła Ziemi, a Ziemia porusza się po innej orbicie dookoła Słońca. Księżyc okrąża Ziemię w ciągu około 27,3 dni (jest to tak zwany **miesiąc sydereczny** lub **miesiąc gwiazdowy**), po orbicie, której płaszczyzna nie pokrywa się z płaszczyzną równika Ziemi. W czasie jednego pełnego obiegu Ziemi Księżyc wykonuje też jeden obrót dookoła własnej osi, dlatego ukazuje Ziemi stale tę samą stronę.

Oprócz wędrówki dookoła Słońca, Ziemia obraca się wokół własnej osi. Pełen obrót zajmuje jej w przybliżeniu 24 godziny.

Księżyc pojawia się na niebie w czterech postaciach zwanych **fazami Księżyca**. Są to: **nów** (Księżyc niewidoczny), **pierwsza kwadra** (Księżyc oświetlony w połowie i oświetlona część tarczy powiększa się), **pełnia** (oświetlona cała tarcza Księżyca) i **ostatnia kwadra** (Księżyc oświetlony w

XXIV. W czasie i przestrzeni - czyli orientuj się!

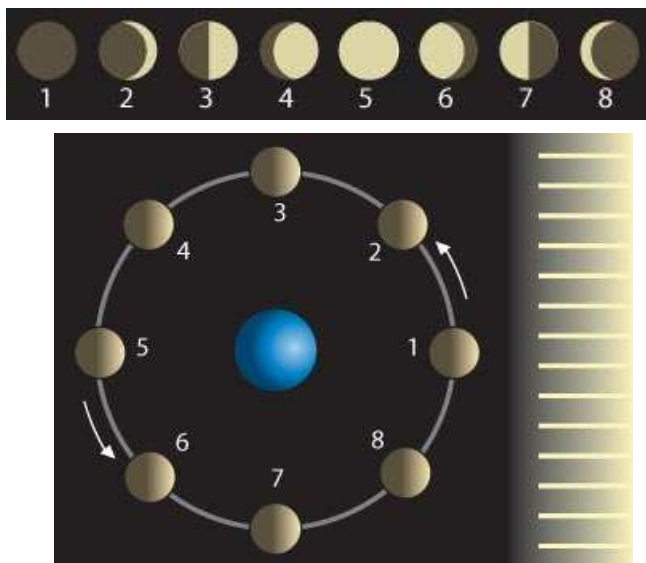
połowie i oświetlona część tarczy zmniejsza się). Pomiedzy dwoma takimi samymi fazami Księżyca upływa 29,5 doby (jest to tak zwany **miesiąc synodyczny**).

Miesiąc synodyczny jest o ponad 2 dni dłuższy od miesiąca syderecznego. Czas ten jest potrzebny, aby Księżyc ponownie znalazł się w tym samym położeniu względem prostej Słońce-Ziemia. Na przykład: startując od sytuacji Księżyca w pełni po jednym miesiącu syderecznym zobaczymy, że Księżyc okrążył Ziemię o 360 stopni, ale w tym czasie Ziemia przesunęła się po swojej orbicie w wędrówce dookoła Słońca. Prosta Słońce-Ziemia obróciła się w tym czasie o ok. 30 stopni, czyli Księżyc dla obserwatora ziemskiego nie wrócił jeszcze do wyjściowego położenia względem Słońca. Potrzeba na to właśnie około 2 dodatkowych dni.

Kiedy w pierwszej części doświadczenia obserwujesz prawdziwy Księżyc na południowym niebie, o zachodzie Słońca, to tak jakbyś w części drugiej doświadczenia widział jabłko na wprost, mając lampkę po swojej prawej stronie. Zauważasz wówczas, że jasna strona jabłka wskazuje kierunek zachodni (prawą dłoń, W). Oświetlona część prawdziwego Księżyca widocznego na południowym niebie tuż po zachodzie Słońca także wskazuje kierunek zachodni. Księżyc jest wtedy w pierwszej kwadrze.

Kiedy w pierwszej części doświadczenia obserwujesz Księżyc na południowym niebie, o wschodzie Słońca, to tak jakbyś w części drugiej widział jabłko na wprost mając lampkę po swojej lewej stronie. Zauważasz wówczas, że jasna strona jabłka wskazuje kierunek wschodni (lewą dłoń). Oświetlona część prawdziwego Księżyca widocznego o wschodzie Słońca na południowym niebie także wskazuje kierunek wschodni. Księżyc jest wtedy w ostatniej kwadrze.

Kiedy w pierwszej części doświadczenia obserwujesz tarczę Księżyca oświetloną w całości, to Księżyc jest wtedy w pełni. W takiej postaci pojawia się na nocnym niebie. W drugiej części doświadczenia w analogicznej sytuacji obserwujesz w pełni oświetloną całą połowę jabłka.



Rysunek: Wikipedia