Świat pod lupą

Otaczającego nas świata nie można zrozumieć bez poznania podstaw fizyki. Fizyka jest wszechobecna. W e-podręczniku do fizyki znajdziesz odpowiedź na pytanie dlaczego popchnięty przedmiot się przemieszcza, a napotkawszy na przeszkodę – zatrzymuje. Dowiesz się o zasadach rządzących ruchem ciał, a także jak zbudowana jest materia. Zrozumiesz w jakich warunkach woda zmienia swoje stany skupienia, a także dlaczego podobne przemiany innych substancji zachodzą w odmiennych warunkach.

Ciekawe filmy, ilustracje i animacje uzmysłowią ci, dlaczego jedne przedmioty pływają na powierzchni wody, a inne toną. Zobaczysz także, że pojęcia takie jak „szybko" i „powoli" są względne.

Proponujemy wiele ciekawych obserwacji i doświadczeń, które wzbogaciliśmy filmami i ilustracjami ułatwiającymi samodzielne ich przeprowadzenie. Wykonując je, nauczysz się formułowania problemów badawczych, stawiania hipotez oraz ich weryfikacji. Interaktywne zadania pomogą zaś w zdobywaniu wiedzy i umiejętności w sposób atrakcyjny, a zarazem efektywny.

- Wiadomości wstępne
    - Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności
    - Rodzaje oddziaływań i ich skutki. Wzajemność oddziaływań
    - Siła jako miara oddziaływań. Równowaga sił. Siła wypadkowa. Wyznaczanie siły wypadkowej
    - Masa i ciężar ciała
    - Podsumowanie wiadomości wstępnych
    - Sprawdzian wiadomości
- Właściwości materii
    - Cząsteczkowa budowa materii
    - Stany skupienia materii
    - Wyznaczanie gęstości materii
    - Wyznaczanie gęstości ciał stałych za pomocą wagi i linijki
    - Budowa i właściwości ciał stałych. Budowa krystaliczna
    - Budowa i właściwości cieczy. Zjawisko napięcia powierzchniowego
    - Budowa cząsteczkowa i właściwości fizyczne gazów

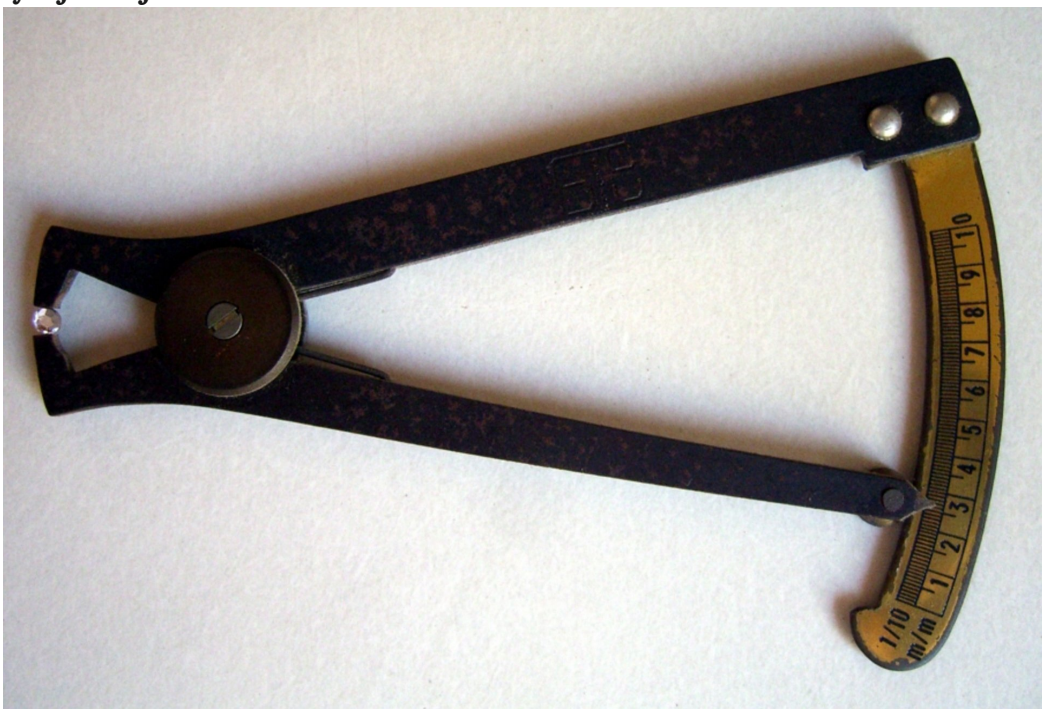
    - Ciśnienie. Ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczne
    - Prawo Pascala
    - Prawo Archimedesa
    - Podsumowanie wiadomości o właściwościach materii
    - Sprawdzian wiadomości
- Kinematyka
    - Ruch i spoczynek. Względność ruchu
    - Prędkość i jej jednostki. Odczytywanie prędkości i drogi z wykresów
    - Wyznaczanie prędkości ruchu na podstawie pomiaru czasu i drogi
    - Ruch jednostajny prostoliniowy
    - Rysowanie i analiza wykresów zależności drogi i prędkości od czasu w ruchu jednostajnym prostoliniowym
    - Rozwiązywanie zadań dotyczących ruchu jednostajnego prostoliniowego
    - Ruch zmienny prostoliniowy. Przyspieszenie. Prędkość średnia i chwilowa
    - Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy
    - Rysowanie i analiza wykresów zależności drogi i prędkości od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym
    - Rozwiązywanie zadań dotyczących ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego
    - Ruchy jednostajny prostoliniowy i jednostajnie przyspieszony prostoliniowy w zadaniach
    - Podsumowanie wiadomości z kinematyki
    - Sprawdzian wiadomości

Bibliografia:

-

Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności

Czym jest fizyka? To nauka przyrodnicza zajmująca się badaniem właściwości i przemian materii oraz energii, a także oddziaływań między nimi. Tak brzmi mądra definicja, ale co z niej wynika? Fizyka odpowiada na pytania w rodzaju: Dlaczego niebo jest niebieskie? Jak przyciągają się magnesy? Czy należy bać się prądu? Co jest większe: hektolitr czy metr sześcienny? Jak zmierzyć odległość do gwiazd?
Jeśli interesują cię odpowiedzi na te pytania albo po prostu chcesz wiedzieć, jak działa świat, to czytaj dalej.



Metody pomiaru wartości fizycznych zmieniają się – na zdjęciu historyczna wersja suwmiarki, przyrządu służącego do bardzo dokładnego mierzenia odległości pomiędzy dwoma punktami

Już potrafisz

- określić fizykę jako naukę, która bada właściwości materii i odkrywa najbardziej podstawowe reguły przyrody, zwane prawami fizycznymi;
- stwierdzić, że podstawową metodą badawczą fizyki są eksperyment (doświadczenie) lub obserwacja, a te wymagają wykonywania pomiarów.

Nauczysz się

- podawać definicje wielkości fizycznych;
- prawidłowo posługiwać się przyrządami do pomiaru następujących wielkości fizycznych: czasu, długości, masy i temperatury;
- posługiwać się jednostkami tych wielkości;
- zapisywać wyniki pomiarów i obliczać wartość mierzonej wielkości, tak aby ta wartość była najbardziej zbliżona do rzeczywistej wielkości mierzonej;

- podawać przyczyny niepewności pomiaru;
- przeliczać jednostki długości, czasu, masy i temperatury.

Pomiary w fizyce

Pomiar to jedna z najważniejszych czynności w naukowym badaniu świata. Lord Kelvin, wielki dziewiętnastowieczny uczony angielski, napisał: „Często powtarzam, że gdy coś mierzysz i wyrażasz w liczbach, to wiesz trochę o tym »czymś«. Jeśli tego »czegoś« nie możesz zmierzyć i gdy nie możesz go opisać za pomocą liczb, twoja wiedza jest skromna i niezadowalająca. Ona może być początkiem nauki, ale to ledwie mały myślowy krok w jej kierunku, cokolwiek by ona ” .

Zastanówmy się więc nad istotą tego „czegoś”, co mierzymy i wyrażamy za pomocą liczb. Aby nieco uprościć naszą naszą dalszą naukę i lepiej zrozumieć wiedzę opinaną w niniejszym podręczniku, na początek poznajmy kilka definicji, którymi będziemy się posługiwać właściwie bez przerwy. Ponieważ fizyka zajmuje się badaniem obiektów zarówno przyrody nieożywionej, jak i ożywionej, to obiekt będący przedmiotem badań tej nauki nazywać będziemy **ciałem fizycznym** a w skrócie – ciałem. Ciałami fizycznymi są: samochód, mucha, sztangista, a także piłka tenisowa, jabłko i ziarnko piasku. Ciała fizyczne zawsze są z czegoś zbudowane – to coś nazywać będziemy substancją. Pierścionek (ciało fizyczne) zrobiony jest ze złota (substancja), a stołeczek (ciało fizyczne) – z drewna (substancja). Zarówno ciała fizyczne, jak i substancje mają pewne cechy: kolor, rozmiar, kruchość itp. Ponadto ciała fizyczne i substancje ulegają pewnym procesom, coś się z nimi dzieje, coś się zmienia. Takie procesy nazywamy **zjawiskami fizycznymi**. Przykładami zjawisk fizycznych są: wrzenie wody, powstawanie tęczy, osiadanie rosy na trawie (lub skraplanie się pary wodnej na lustrze w łazience), zachód słońca i muzyka nadawana w radiu. Cechy ciał fizycznych, substancji i zjawisk fizycznych, które można mierzyć, nazywamy **wielkościami fizycznymi**.

Ćwiczenie 1

Co to jest? Ciało fizyczne czy substancja? Wielkość fizyczna czy zjawisko fizyczne? Umieść zamieszczone poniżej przykłady przeciągając je w odpowiednie pola tabeli.

Ciało fizyczne

Wielkość fizyczna

Substancja

Zjawisko fizyczne

woda | stygnięcie | masa | objętość | samolot | temperatura | zamarzanie wody | kropla wody | świecenie żarówki | papier | pies | powietrze | zając | piasek | Księżyc | bieg | porcelana | odległość | filiżanka | czas | szkło | plastik | stal | guma

Wielkości fizyczne będą interesować nas w tym momencie najbardziej. To od nich zaczniemy poznawanie fascynującego świata fizyki. Wielkości fizyczne podzielono na podstawowe i pochodne. Na początku zajmiemy się tylko czterema z nich. Będą to: czas, długość, masa i temperatura. Pozostałe wielkości fizyczne poznacie podczas dalszej nauki. W sposób bezpośredni można je wyznaczyć na podstawie obserwacji ciała fizycznego, dzięki czynności nazywanej pomiarem.

Zastanówmy się, jak w najogólniejszych zarysach przebiega pomiar. Zmierzmy krokami np. długość pokoju. Startujemy od jednej ściany: jeden krok, drugi, trzeci, czwarty i piąty niepełny. Można powiedzieć, że długość pokoju wynosi 4 i pół kroku. Podobnie określimy szerokość pokoju na np. 3,5 kroku. Taki pomiar jest bardzo przybliżony, ale zawiera już jakąś informację: długość jest większa od szerokości, a nawet możemy powiedzieć, że stosunek długości do szerokości wynosi mniej więcej $1{,}3$. Możemy też porównać wymiary pokoju np. z rozmiarami podwórka zmierzonymi w ten sam sposób.

W naszych prostych pomiarach zrobiliśmy dwie rzeczy:

- przyjęliśmy wzorzec długości – tutaj nasz typowy krok;
- porównaliśmy mierzoną wielkość z wzorcem (pokój jest 4,5 razy dłuższy od naszego kroku).

Podobnie odbywają się wszystkie pomiary wykonywane w fizyce i technice. Każdy przyrząd pomiarowy, nawet najbardziej skomplikowany, zawiera w swojej konstrukcji pewien wzorzec i umożliwia porównywanie go z wielkością mierzoną.

Ciekawostka

Polskie tradycyjne jednostki miar opierały się na miarach naturalnych, takich jak wymiar lub odległość między kończynami (stopa, łokieć, sążeń), zasięg głosu ludzkiego (wiorsta) czy zdolność do wykonania pracy użytecznej (morga). Podobnie konstruowane systemy miar obowiązywały też w wielu innych krajach, a w niektórych państwach nadal używa się jednostek takich jak stopa (ang. *foot*), których nazwy odnoszą się do tych dawnych sposobów mierzenia. Wymiana handlowa z kupcami pochodzącymi z innych obszarów kulturowych spowodowała, że na terenie ówczesnej Polski zaczęto używać innych jednostek miar, mających pochodzenie zagraniczne, takie jak np. funt, antał czy mila. Wymusiło to wkrótce konieczność wprowadzenia do prawodawstwa staropolskiego zapisów ujednolicających jednostki miar. Tabelka poniżej przedstawia kilka takich staropolskich jednostek.

Wybrane staropolskie jednostki miar

Jednostka miary	Opis
mendel, kopa	jednostki służące do liczenia; mendel – 15 sztuk, kopa – 60 sztuk
sążeń	największa szerokość rąk rozkrzyżowanych poziomo
łokieć mały (kupiecki)	średnia długość ręki od stawu łokciowego do końca palca środkowego
piędź	największa rozwartość miedzy końcami palca środkowego i kciuka
palec (cal)	szerokość kciuka
stopa	przeciętna długość stopy ludzkiej
funt	jednostka masy; funt warszawski to ok. 0,4 kg
centnar	jednostka masy; centnar warszawski miałby obecnie ok. 65 kg, lwowski – ok. 52 kg
morga, mórg	wielkość pola zaoranego lub skoszonego przez jednego człowieka od rana do południa

garniec	miara objętości ciał sypkich i płynnych, nazwa pochodzi od garnka, do ktorego sypano zboże lub zlewano płyny
korzec	miara objętości ciał sypkich, nazwa pochodzi od słowa „kora”; wnętrze nieokorowanej kłody, najczęściej świerkowej, wydłubywano i w tej sposób uzyskiwano narzędzie służące do odmierzania ciał sypkich; korzec dzielono na ćwiertnie (półkorcówki), ćwierci, garnce, kwarty, kwaterki

Wszystkie pochodne jednostki układu SI (Międzynarodowego Układu Jednostek Miar), których obecnie jest ponad 50, wywodzą się z jednostek podstawowych lub ich kombinacji. Przykładowo: prędkość, o której powiemy sobie więcej w rozdziałach poświęconych kinematyce, podawana jest w metrach na sekundę, a więc informuje nas, jaką odległość (mierzoną w metrach) ciało przebywa w ciągu jednej sekundy.

Aby łatwiej porównywać wyniki pomiarów uzyskane przez różnych ludzi w różnych miejscach na świecie, konieczne było wprowadzenie wspólnego systemu miar. W roku 1960 na XI Generalnej Konferencji Miar i Wag w Paryżu przyjęty został Międzynarodowy Układ Jednostek Miar i Wag, w skrócie SI. Skrót pochodzi od francuskiego tłumaczenia tego wyrażenia: *Système internationale d'unités* (czytaj: sistem ęternasional dinit). Polska przyjęła ten układ jednostek w roku 1966. Obowiązuje on w zdecydowanej większości krajów świata. Wyjątek stanowią Stany Zjednoczone Ameryki oraz Birma i Liberia. Jednostki tego układu podzielono na podstawowe i pochodne.

Podstawowe wielkości fizyczne i ich jednostki w układzie SI

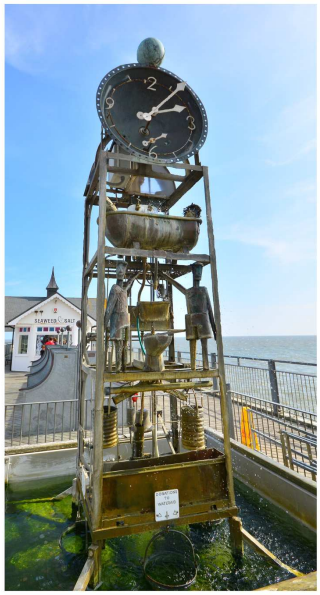
Nazwa jednostki	Symbol jednostki	Wielkość fizyczna	Symbol wielkości fizycznej
sekunda	s	czas	t lub τ
metr	m	długość	l lub s, lub d
kilogram	kg	masa	m
kelwin	K	temperatura	T
amper	A	natężenie prądu	I
kandela	cd	światłość	I
mol	mol	liczność materii	n

1. Pomiar czasu

Czas to jedna z podstawowych wielkości fizycznych, a zdobycie umiejętności jego pomiaru było celem ludzi od zarania dziejów. Dziś wiemy, że „zegarem może być każde cyklicznie powtarzające się zjawisko". Zatem pierwszym zegarem było i nadal jest Słońce, które góruje nad ziemskim horyzontem w dość regularnych odstępach czasu. Jednostką w takim zegarze jest doba. Na podstawie obserwacji tego zjawiska ludzie budowali zegary słoneczne.

Gdybyśmy mogli obserwować Słońce na tle gwiazd, to okazałoby się, że po roku powraca ono do tego samego punktu na sferze niebieskiej. Za zegar służą też cykliczne zmiany „wyglądu" naszego Księżyca – jeden cykl takich przemian to miesiąc.

Rok, miesiąc czy doba to jednostki stosunkowo duże, a konieczność ciągłej obserwacji nieba jest niezbyt wygodna w codziennym życiu, zwłaszcza w pochmurne dni i noce. Do pomiaru krótszych przedziałów czasu wymyślano i budowano różnego rodzaju urządzenia pomiarowe, z których najbardziej znane są dzisiaj klepsydry.



zegar wodny

klepsydra

Najstarsze „stopery”. Po lewej klepsydra wodna, po prawej klepsydra piaskowa. Piasek przesypuje się przez wąską szyjkę z górnej do dolnej części naczynia. Trwa to określoną ilość czasu. Gdy cały piasek się przesypie, klepsydrę można odwrócić o 180 °, by ponownie zacząć pomiar. Dawniej stosowano klepsydry nawet godzinne, dziś można jeszcze spotkać klepsydry mierzące czas gotowania jajek (ok. 3 min)

Największy postęp w dziedzinie pomiaru czasu zanotowano w XVII wieku, kiedy to zbudowano pierwsze zegary wahadłowe, i w XVIII wieku, gdy wymyślono zegary mechaniczne. Cykliczny ruch wykonują w nich wahadła i balanse, o których piszemy w dalszej części podręcznika, w dziale zatytułowanym „Ruch drgający i fale”.

Wielu historyków uważa, że to właśnie wynalazek zegara mechanicznego, umieszczanego w wieży zegarowej w każdym, nawet niewielkim miasteczku europejskim, spowodował ważne zmiany w życiu ludzi okresu XVII i XVIII wieku. Po latach doprowadziło to do rewolucji przemysłowej.

Takie zegary królowały w zwykłych domach i laboratoriach naukowych aż do XX wieku, gdy zaczęto używać zegarów kwarcowych, które nosi dziś prawie każdy z nas. W laboratoriach naukowych stosuje się zaś zegary atomowe.

Zegar kwarcowy. Elementem wykonującym drgania cykliczne jest kryształ kwarcu

W doświadczeniach fizycznych istotny jest przedział czasu, w którym zachodzą badane zjawisko czy proces. Do pomiaru takich przedziałów czasu służy stoper.

Współczesne stopery mogą być mechaniczne lub elektroniczne, a przy bardzo dokładnych pomiarach – sterowane fotokomórką

Jednostką czasu w układzie SI jest **sekunda** (patrz tabela na poprzedniej stronie). Na co dzień używamy też innych jednostek takich jak: doba (symbol **d**), godzina (symbol **h**) i minuta (symbol **min**). Przypomnijmy sobie zależności między nimi:

$$1\ \mathrm{h} = 60\ \mathrm{min} = 3600\ \mathrm{s}$$

$1\ \text{min} = 60\ \text{s} = \frac{1}{60}\ \text{h}$

$1\ \text{s} = \frac{1}{60}\text{min} = \frac{1}{3600}\text{h}$

$1\ \text{d} = 24\ \text{h} = 86\ 400\ \text{s}$

* Jak brzmi definicja sekundy stosowana w dokumentach państwowych?

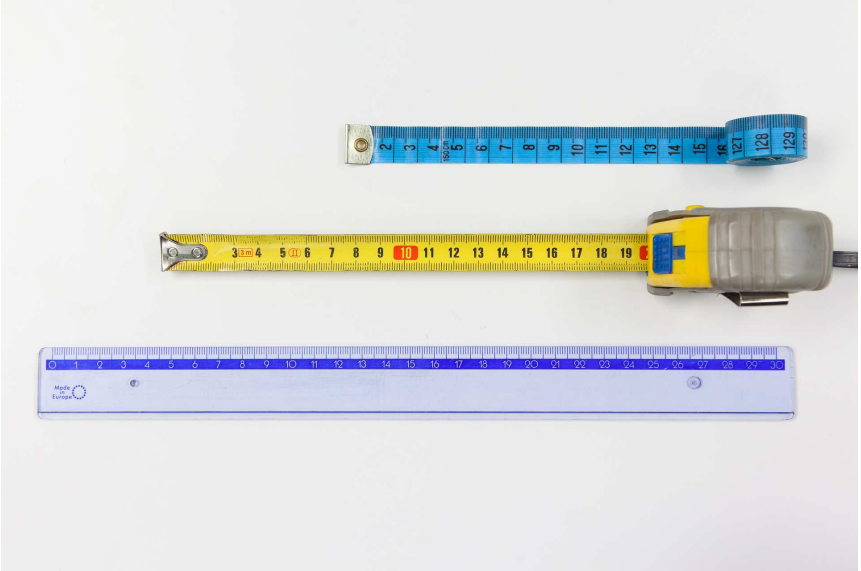
Ćwiczenie 2

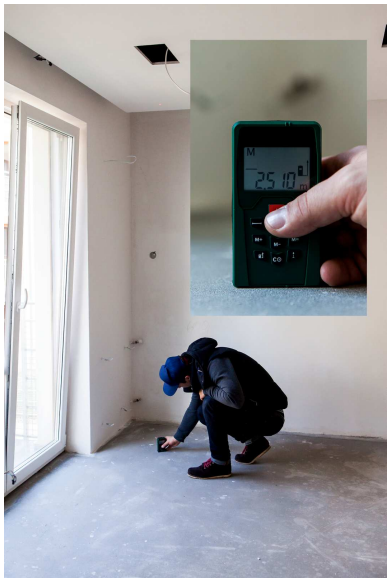
Wybierz poprawne odpowiedzi.

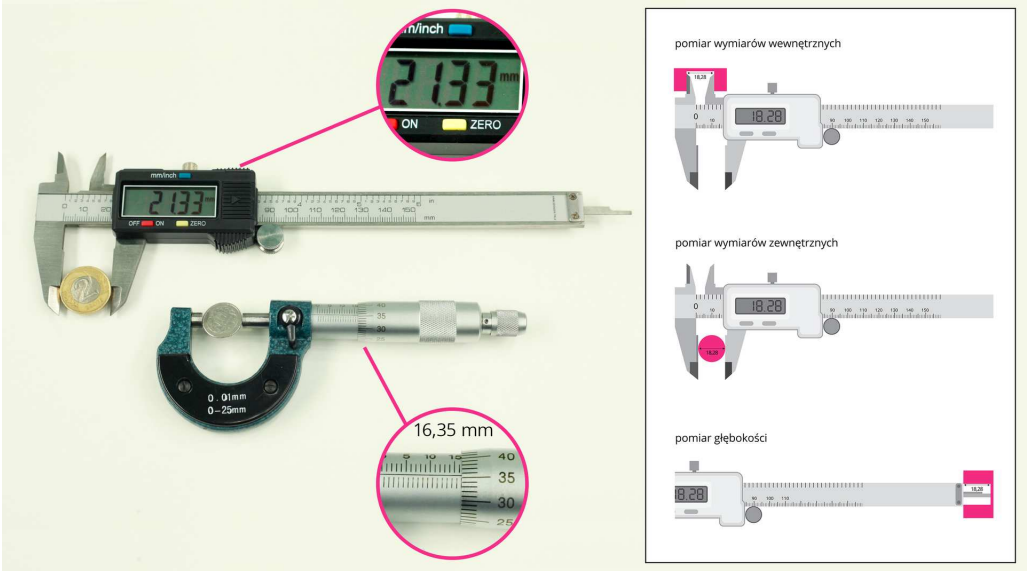
	Prawda	Fałsz
24 h = 1 440 min = 144 000 s	◯	◯
Lekcja trwa 45 min, czyli 0,75 h	◯	◯
300 s = 0,3 h	◯	◯
Pół godziny to 50 minut	◯	◯
20 min = 1 200 s = 1/3 h	◯	◯
54 min = 0,9 h	◯	◯
150 min = 1,5 h	◯	◯
2 h = 7 200 s	◯	◯
2,5 h = 150 min	◯	◯

2. Pomiar długości

Drugą z podstawowych wielkości fizycznych, często stosowaną również w życiu codziennym, jest długość. Przez długość np. sznurka rozumiemy odległość między jego końcami, gdy jest rozciągnięty. Na zdjęciach zaprezentowano kilka przyrządów do pomiaru długości (niektórych z nich możesz nie znać).






mm/inch
21.33
mm
ON
ZERO
0.01mm
0-25mm
16,35 mm
40
35
30
pomiar wymiarów wewnętrznych
18.28
pomiar wymiarów zewnętrznych
18.28
pomiar głębokości
18.28

Jednostką długości jest**metr**. Początkowo definiowano go jako 1/10 000 000 część południka ziemskiego, a wzorzec tej jednostki sporządzono w postaci szyny platynowo-irydowej i przechowywano w Sèvres we Francji, niedaleko Paryża. Okazało się jednak, że południk został źle zmierzony. Po prawie stu latach trzeba było wykonać nowy wzorzec. On również nie przetrwał długo, bo zaledwie około 70 lat, kiedy to okazało się, że metal, z którego go wykonano, z czasem zmienia swoje właściwości, przez co zmienia się również odległość pomiędzy kreskami na wzorcu. W 1960 roku po raz pierwszy sformułowano abstrakcyjną definicję z pogranicza matematyki i fizyki, jednak to objaśnienie w praktyce okazało się zbyt skomplikowane.
A dziś?

* Jak brzmi definicja metra stosowana w dokumentach państwowych?

W życiu codziennym posługujemy się też centymetrami, milimetrami czy kilometrami. Przypomnijmy sobie zależności między nimi:

$1\ \text{m} = 100\ \text{cm} = 1000\ \text{mm} = 0{,}001\ \text{km}$

$1\ \text{km} = 1000\ \text{m} = 100\ 000\ \text{cm} = 1\ 000\ 000\ \text{mm}$

$1\ \text{cm} = 10\ \text{mm} = 0{,}01\ \text{m}$

$1\ \text{mm} = 0{,}1\ \text{cm} = 0{,}001\ \text{m}$

Zobacz na filmie, jak należy prawidłowo mierzyć długość i unikać często popełnianego błędu, zwanego błędem paralaksy.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Nagranie wideo prezentujące w jaki sposób prawidłowo zmierzyć długość sprężyny oraz w jaki sposób uniknąć tzw. błędu paralaksy.

---

3. Pomiary czasu i długości – zadania

Ćwiczenie 3

Długość tunelu pod Kanałem La Manche to 49940 metrów. Ile to kilometrów?

- ◯ 4,994
- ◯ 49,94
- ◯ 0,4994
- ◯ 499,4

Ćwiczenie 4

Średnica krwinki czerwonej wynosi 0,0000069 m. Ile to milimetrów?

- ◯ 0,000069
- ◯ 0,0069
- ◯ 0,069
- ◯ 0,69
- ◯ 0,0000000069

Ćwiczenie 5

Rozstęp szyn kolejowych w Indiach wynosi 1 metr i 67,6 centymetrów. Ile to milimetrów?

- ◯ 16,76
- ◯ 1676
- ◯ 16760
- ◯ 167,6
- ◯ 1,676

4. Pomiar masy

Masa – wielkość fizyczna mówiąca nam, ile substancji zawiera konkretne ciało fizyczne. Przykładowo: masa filiżanki informuje nas, z jakiej ilości porcelany zrobiono tę filiżankę. Masę można mierzyć na wiele sposobów. Niektóre z nich poznamy w dalszym toku nauki. Teraz tylko przypomnijmy, że jednostką masy w układzie SI jest **kilogram**.

W praktyce używane są też jednostki pochodne od kilograma, czyli jego wielokrotności oraz ułamki: gramy, dekagramy czy tony. Zależności między tymi jednostkami są ci znane z lekcji matematyki, ale nie zaszkodzi, gdy je sobie przypomnimy:

$1\ \text{kg} = 100\ \text{dag} = 1000\ \text{g} = 0{,}001\ \text{tony}$

$1\ \text{tona} = 1000\ \text{kg}$

$1\ \text{dag} = 10\ \text{g} = 0{,}01\ \text{kg}$

$1\ \text{g} = 0{,}1\ \text{dag} = 0{,}001\ \text{kg}$

Ciekawostka

Pomiar długości oraz pomiar masy mają ogromne znaczenie w handlu (tkaniny kupujemy na metry, a mąkę – na kilogramy). Kupieckie jednostki miar jednak wielokrotnie się zmieniały na przestrzeni wieków.
Aby poznać, jak dawniej kupcy rozwiązywali problemy związane z mierzeniem długości i masy, odwiedź jedyne w Polsce Muzeum Dawnego Kupiectwa, mieszczące się

w Świdnicy na Dolnym Śląsku. Polecamy dział metrologiczny. Możesz je zwiedzić wirtualnie, ale najlepiej wybierz się tam osobiście.

W niektórych dziedzinach można spotkać specyficzne jednostki miar, np. w jubilerstwie, gdzie jednostką masy jest karat, ale tylko w odniesieniu do masy kamieni szlachetnych. W takim zastosowaniu 1 karat = 0,2 grama. Największy diament świata, słynny Cullinan, przed podzieleniem na 105 części i oszlifowaniem ich ważył 3106 karatów, czyli 621,2 grama.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Czy pomiary interesują tylko naukowców?

Slajdshow przedstawiający zdjęcia: wag i obciążników, narzędzi mierniczych, naczynia do odmierzania pojemności, stemple do wypełniania cech na miarach nasypanych, miar objętości, matryce. Są to zbiory zgromadzone w dziale metrologicznym Muzeum Dawnego Kupiectwa w Świdnicy.

Ćwiczenie 6

Masa samochodu z ładunkiem wynosi 4,7 tony. Ile to kilogramów?

- ◯ 470
- ◯ 0,0047
- ◯ 47000
- ◯ 4700

Ćwiczenie 7

Masa piłeczki pingpongowej wynosi 2,5 grama. Ile to kilogramów ?

- ◯ 0,25
- ◯ 0,00025
- ◯ 0,0025
- ◯ 0,025

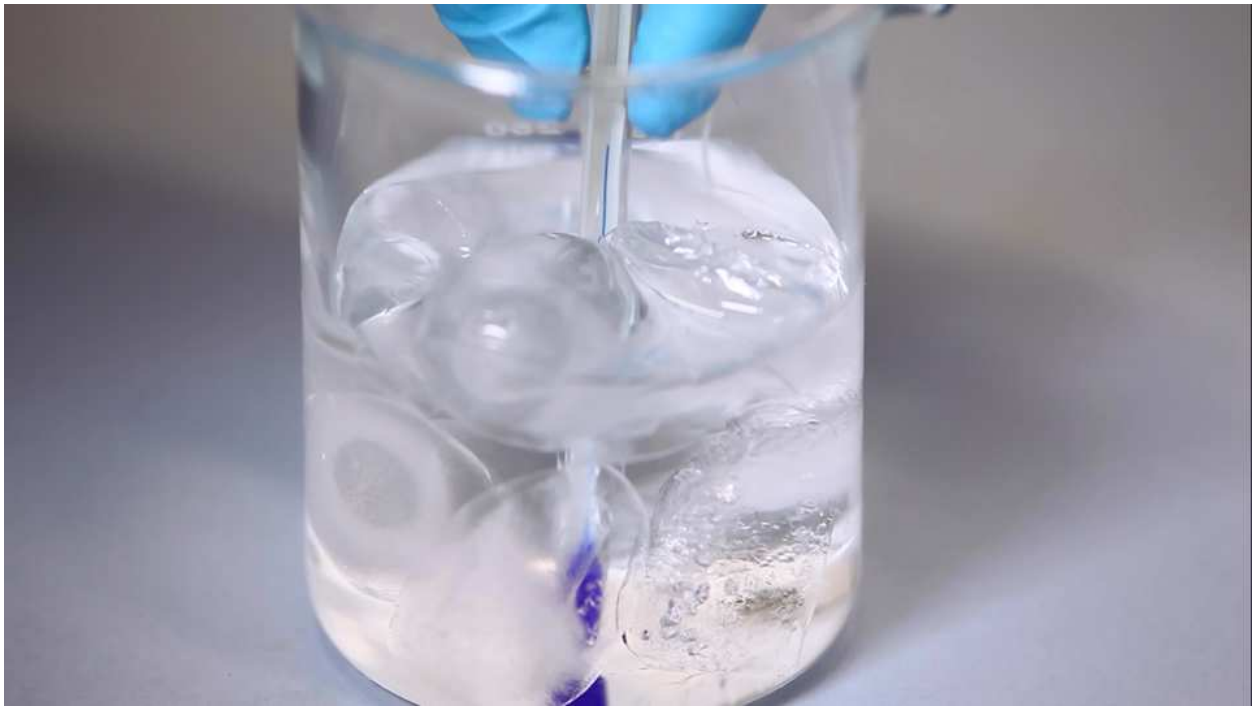
Ćwiczenie 8

Masa wróbla wynosi 3 dekagramy. Ile to gramów?

- ◯ 0,3
- ◯ 0,03
- ◯ 300
- ◯ 30

5. Pomiary temperatury

Czy dzisiaj po wyjściu będzie mi zimno czy – gorąco? Aby to przewidzieć, wielu z nas spogląda na **termometr** za oknem i odczytuje, ile stopni wskazuje ten przyrząd (np. 12℃). W Polsce i wielu innych krajach Europy wystarczy powiedzieć, że temperatura wynosi dziś dwadzieścia stopni i nie trzeba dodawać, że są to stopnie w skali zdefiniowanej przez Andersa Celsjusza – osiemnastowiecznego szwedzkiego badacza. Jak powstała skala Celsjusza? Zobacz to na filmie, a jeśli masz możliwość – powtórz doświadczenie.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Nagranie wideo prezentujące wyskalowanie termoskopu.

Stopień Celsjusza (symbol ℃) jest jednostką temperatury przyjętą w Polsce, jednak w obowiązującym nas układzie SI jednostką temperatury jest**kelwin** (symbol K). Nazwa pochodzi od nazwiska Lorda Kelvina (cytowanego na początku pierwszej lekcji). Warto tutaj zauważyć, że określenie „stopień Kelvina" – używane dość często przez początkujących miłośników nauk ścisłych – jest błędne. Mówimy więc, że temperatura wynosi „ileś stopni Celsjusza" lub „ileś kelwinów".

Skala Kelvina obowiązuje w laboratoriach naukowych i dokumentach mających charakter oficjalny. My zajmiemy się nią bliżej w dziale pod tytułem „Energia". Teraz odnotujmy tylko, że istnieje związek pozwalający łatwo przeliczyć temperaturę odczytaną w skali Celsjusza na kelwiny:

$$T_{\text{Kelvina}} = t_{\text{Celsjusza}} + 273$$

> **Przykład 1**

$25\,℃ = (25 + 273)\,\mathrm{K} = 298\,\mathrm{K}$

$t_{\text{Celsjusza}} = T_{\text{Kelvina}} - 273$

$400\,\mathrm{K} = (400 - 273)℃ = 127℃$

*** Treść uzupełniająca**

Jak brzmi definicja kelwina wykorzystywana w dokumentach urzędowych?

Ciekawostka

W USA powszechnie używa się skali Fahrenheita. Jej nazwa pochodzi od nazwiska holenderskiego fizyka i inżyniera urodzonego w Gdańsku. Dla Europejczyka ta skala jest bardzo skomplikowana i mało praktyczna: 32°F to 0°C, a 212°F to 100°C.

Polecenie 1

Ile to kelwinów?

a. $0℃ =$

b. $100℃ =$

c. $27℃ =$

d. $-10\ ℃ =$

Polecenie 2

Ile to stopni Celsjusza?

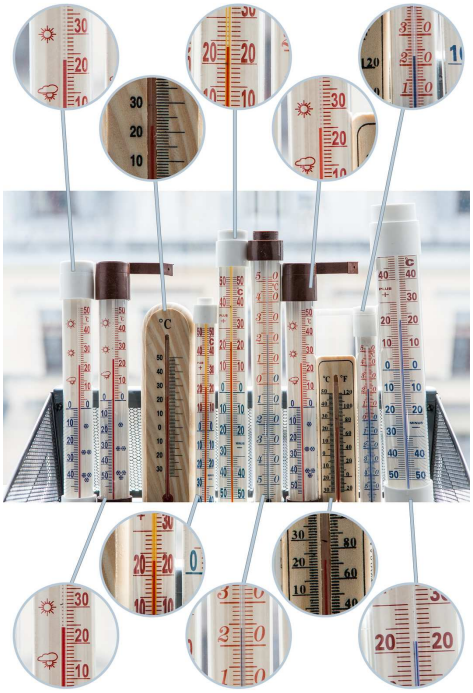
a. $0\ \mathrm{K} =$

b. $450\ \mathrm{K} =$

c. $173\ \mathrm{K} =$

d. $295\ \mathrm{K} =$

6. Niepewność pomiaru



Sklep z termometrami

Spójrz na zdjęcie powyżej i spróbuj odpowiedzieć na pytanie postawione w tytule tej fotografii. Zapewne bez trudu zauważysz różnice wskazań na sfotografowanych przyrządach. Jedne z nich wskazują 21°C, a inne – 22°C. A przecież przyrządy wystawione na sprzedaż nie mogą być wadliwe. Można wysnuć zatem prosty wniosek: wyniki pomiarów nigdy nie dają absolutnej pewności co do wartości wielkości mierzonej (w tym przypadku – temperatury). Co w takiej sytuacji należy zrobić? Jaką wartość temperatury przyjąć?

Obejrzyj film, który wyjaśni ci lepiej problem tak zwanej niepewności pomiaru.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Pomiar długości szarfy

Prezentowany jest stół, na stole tasiemka, obok linijka 50 cm z podziałką milimetrową. Wokół pięcioro uczniów, którzy będą wykonywać pomiary oraz nauczyciel – demonstrator. Nauczyciel zwraca się do uczniów, oni potakują. Pierwszy uczeń rozkłada tasiemkę na stole możliwie prosto, przykłada linijkę do początku i zapisuje wynik na kartce (duże litery możliwe potem do pokazania do kamery) Inni nie widzą co zapisuje. Podobnie drugi uczeń. Trzeci nie rozkłada tasiemki na stole tylko do trzymanej za koniec zwisającej pionowo tasiemki przykłada linijkę. Czwarty i piąty naciągając mocno tasiemkę. Nauczyciel zwraca się do uczniów. Uczniowie pokazują do kamery zapisane wyniki. Wyniki różnią się między sobą: 41,2 cm: 40,5 cm; 40,9 cm; 41 cm; 40,3 cm. Następuje dialog nauczyciela z uczniami.

Bohaterowie filmu otrzymują różne wyniki pomiarów. W takiej sytuacji mówi się, że pomiar jest obarczony niepewnością. Co w tym konkretnym przypadku jest przyczyną niepewności pomiaru? Powodem uzyskania różnych wyników pomiaru szarfy była sama szarfa – nie miała ona równych brzegów, można ją było mocniej lub słabiej naciągnąć. W języku fizyki powiemy, że jedną z przyczyn niepewności pomiaru są **cechy ciała fizycznego**. Czy jednak tylko one o tym decydują?

> **Zapamiętaj!**
>
> Jeśli kilka razy zmierzysz długość tego samego przedmiotu i otrzymasz kilka różnych wartości (liczb), to do rzeczywistej długości najbardziej będzie zbliżona średnia otrzymanych wyników.
> **Przykład 2**
>
> Uczniowie mierzyli średnicę okrągłego stoliczka i otrzymali następujące wyniki:

> $X_1 = 51{,}0\,\text{cm}; X_2 = 51{,}5\,\text{cm}; X_3 = 50{,}9\,\text{cm}; X_4 = 51{,}3\,\text{cm}.$
>
> Wszyscy posługiwali się linijką, której najmniejsza działka odpowiadała 1 milimetrowi. Wartością najbardziej zbliżoną do rzeczywistej średnicy stoliczka jest liczba x, będąca średnią arytmetyczną otrzymanych przez uczniów wyników:
>
> $$x = \frac{51{,}0\text{cm}+51{,}5\text{cm}+50{,}9\text{cm}+51{,}3\,\text{cm}}{4} = 51{,}2\,\text{cm}$$

Zwróć uwagę, że obliczenia prowadzą do liczby $51{,}175$, my jednak nasz wynik pomiaru koniecznie zaokrąglamy do pierwszego miejsca po przecinku (bo z taką dokładnością wykonano pomiary). Jest to spowodowane regułą, zgodnie z którą ostateczny wynik pomiaru – nawet ten uzyskany przez uśrednienie bardzo wielu pomiarów – nie może być bardziej dokładny, niż wynosi dokładność użytego przyrządu pomiarowego. Warto także zwrócić uwagę, że zmierzone wartości zawierały po 3 tzw. cyfry znaczące. I w ten sam sposób musimy zapisać wynik końcowy.

Jak sądzisz: co mogło spowodować różne wyniki pomiarów średnicy stoliczka?

Z własnego doświadczenia zapewne wiesz, że nie zawsze wszystko mierzymy dokładnie. Linijkę można przyłożyć mniej lub bardziej precyzyjnie, a podczas mierzenia wartości takich jak średnica koła często powstają trudności z określeniem prostej przechodzącej przez jego środek. Taki rodzaj niedokładności wynika z cechy eksperymentatora – aby zrozumieć to zagadnienie, za moment samodzielnie wykonasz pewne doświadczenie.

Obejrzyj kolejne zmagania uczniów z pomiarami. Tym razem będą to pomiary masy.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Niepewność wyniku pomiaru

Film na temat niepewności wyniku pomiaru. Na stole waga kuchenna analogowa. Na stole sól kuchenna oraz tacki papierowe. Za stołem stoją uczniowie i nauczyciel. Uczniowie przystępują do odważania. Kładą na wagę tackę, sypią sól najpierw dość szybko, pod koniec powoli, w razie konieczności ujmują nadmiar soli z tacki, tak by wskazówka wagi wskazywała dokładnie 200 g. Kamera pokazuje za każdym razem wskazania wskazówki wagi. Następnie widać 3 tacki z kupkami soli odważonymi przez uczniów. Nauczyciel pyta uczniów czy są pewni, że każda z tych tacek waży 200 g. Uczniowie potwierdzają. Nauczyciel, stawia na stole dokładną elektroniczną wagę laboratoryjną. Stawia pierwszą tackę na szalkę wagi. Najazd kamery na wyświetlacz wagi. Nauczyciel odczytuje wynik. Tak samo robi z każdą kolejną tacką. Okazuje się, że żadna tacka nie waży równo 200 g. Nauczyciel komentuje: Mało precyzyjna waga kuchenna pozwoliła wyznaczyć masę próbek tylko w przybliżeniu co pokazała dokładniejsza waga. Założona konstrukcyjnie precyzja przyrządu pomiarowego jest istotnym czynnikiem wpływającym na dokładność pomiarów.

Film odkrył przed nami kolejną przyczynę niepewności pomiarowej: czułość (dokładność) przyrządu pomiarowego.

Czy to wszystko? Tym razem kolejne doświadczenie wykonasz samodzielnie.

Doświadczenie 1

Pokazanie, że źródłem niepewności pomiarowej są zmysły eksperymentatora (w tym doświadczeniu – czas reakcji człowieka na bodźce zewnętrzne).

Co będzie potrzebne

- komputer (lub tablet) – taki, przed którym właśnie siedzisz;
- stoper elektroniczny umożliwiający pomiar czasu z dokładnością do 0,01 s (taki stoper można znaleźć w telefonie komórkowym);
- skrypt (program), który znajdziesz poniżej.

Instrukcja

1. Uruchom zamieszczoną poniżej aplikację „Jak długo to trwa?”.
2. Ustaw suwakiem czas między dwoma kolejnymi sygnałami metronomu (dostępne wartości mieszczą się w zakresie od 0,5 s do 2 s).
3. Za pomocą stopera zmierz kilkakrotnie stoperem czas między kolejnymi sygnałami (wciskaj „Start” na jedno piknięcie, a „Stop” na następne).
4. Zapisz kolejne wyniki.
5. Porównaj wyniki. Czy są identyczne?
6. Kliknij przycisk „Wyświetl interwał czasowy”, by zobaczyć na ekranie rzeczywistą wartość czasu między sygnałami.
7. Zmierz stoperem łączny czas 10 kolejnych odstępów pomiędzy sygnałami metronomu.

8. Oblicz czas jednego odstępu, a następnie otrzymaną wartość porównaj z otrzymanymi wcześniej wynikami oraz z rzeczywistym interwałem czasowym. Czy ten sposób jest dokładniejszy?

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D12BH1nlx

Jak długo to trwa?

Podsumowanie

Jest nieomal pewne, że wyniki twoich pomiarów nie są identyczne. Nie pokrywają się także z rzeczywistym czasem między impulsami, odczytanym z ekranu. Różnice między wynikami poszczególnych pomiarów są znacznie większe niż dokładność stopera, wynosząca 0,01 s. Przyczyną tego jest niedoskonałość ludzkich zmysłów. Inaczej mówiąc, ludzie mają za słaby refleks, by sprostać dokładności pomiarów żądanej w doświadczeniu. W ten sposób poznaliśmy kolejną przyczynę niepewności pomiarów, czyli cechy eksperymentatora*.**

Tym razem mieliśmy okazję przekonać się, że przyczyną niepewności pomiarów jesteśmy my sami (czyli cechy eksperymentatora). Jest to ten sam rodzaj błędu, który towarzyszył uczniom podczas mierzenia średnicy stołu (s. 8 tej lekcji).

Zapamiętaj!

> Nie ma pomiarów idealnych! Każdy pomiar ma skończoną dokładność i jest obarczony niepewnością pomiarową. Oczywiście, możemy zmniejszać tę niepewność dzięki doskonaleniu przyrządów i metod pomiarowych, ale nigdy nie wyeliminujemy jej całkowicie. Nie zawsze potrzebne są nam pomiary wykonywane z bardzo dużą dokładnością. Czy długość nogawek spodni musi być ustalona z dokładnością do 1 milimetra? Czy jeśli ważymy wagon z węglem, potrzebujemy wagi o dokładności do 1 grama? Co innego, gdy odmierzamy lekarstwo. Tu potrzebna jest aptekarska dokładność, czyli możliwość wyznaczenia masy z dokładnością do 1 mikrograma. Jednak naukowcy nigdy nie postrzegają tego typu niedokładności w kategoriach czyjejś winy. Błąd pomiaru jest codziennym elementem pracy tych ludzi, z którym umieją sobie oni radzić za pomocą odpowiednich metod prowadzenia obliczeń.

7. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności

Zbierzmy teraz wiadomości o wielokrotnościach i podwielokrotnościach jednostek podstawowych. Wymienialiśmy już niektóre z nich przy jednostkach długości oraz masy, ale wielokrotności i podwielokrotności mogą dotyczyć dowolnych jednostek. Z poniższej tabeli na pewno skorzystasz wiele razy w sytuacjach praktycznych, np. przy przeliczaniu jednostek oraz podczas rozwiązywania zadań. Jeśli nie wierzysz, to zastanów się przez chwilę nad podobieństwem słów „kilometr” i „kilogram” oraz tym, jak te jednostki mają się odpowiednio do metra i grama. Innymi słowy, spróbuj szybko odpowiedzieć sobie na pytania: Ile metrów to kilometr? Ile gramów to kilogram?

Bardzo szybko zorientujesz się, że informacje zawarte w poniższej tabeli zapadną ci w pamięć, a wkrótce zaczniesz je wykorzystywać odruchowo.

Wielokrotności i podwielokrotności jednostek podstawowych

Przedrostek	Symbol	Mnożnik	Mnożnik
tera	T	1 000 000 000 000	$= 10^{12}$
giga	G	1 000 000 000	$= 10^{9}$
mega	M	1 000 000	$= 10^{6}$
kilo	k	1 000	$= 10^{3}$
hekto	h	100	$= 10^{2}$
deka	da	10	$= 10^{1}$
		1	$= 10^{0}$
decy	d	0,1	$= 10^{-1}$

centy	c	0,01	$= 10^{-2}$
mili	m	0,001	$= 10^{-3}$
mikro	µ	0,000 001	$= 10^{-6}$
nano	n	0,000 000 001	$= 10^{-9}$
piko	p	0,000 000 000 001	$= 10^{-12}$

Ćwiczenie 9

Połącz w pary liczby wskazujące te same wartości jednakowych wielkości fizycznych.

5 µm	0,2 kg
20 mg	0,02 g
0,2 km	0,000005 m
200 g	0,05 mg
5 mm	0,5 cm
50 µg	0,2 m
200 mm	200 m

Podsumowanie

- Pomiar jest podstawą naukowego badania świata.
- Wielkości mierzone nazywamy wielkościami fizycznymi.
- Pomiar polega na porównaniu mierzonej wielkości z pewnym wzorcem, zwanym jednostką tej wielkości.
- W Polsce i w większości krajów świata ludzie posługują się dziś Międzynarodowym Układem Jednostek Miar, w skrócie zwanym układem SI.
- Do podstawowych wielkości fizycznych należą:
    - czas (jednostka: sekunda);
    - długość (jednostka: metr);
    - masa (jednostka: kilogram);
    - temperatura (jednostka: kelwin lub stopień Celsjusza).

- Każdy pomiar obarczony jest niepewnością pomiaru.
- Niepewność pomiaru może wynikać z:
    - własności badanego ciała fizycznego (np. ławka nie ma ostrych krawędzi i dlatego trudno zmierzyć jej długość);
    - dokładności użytych przyrządów pomiarowych (za pomocą linijki ze skalą milimetrową nie można zmierzyć np. długości z dokładnością do mikrometra);
    - cech eksperymentatora (np. czas reakcji człowieka na sygnał nie pozwala mierzyć stoperem ręcznym z dokładnością większą niż 0,1 s, nawet jeśli stoper ma skalę z dokładnością do 0,01 s);
    - niedostosowania przyrządu do pomiaru (np. pomiar sali szkolnej za pomocą linijki o długości 50 cm).

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Temperatura i jej związek z energią kinetyczną cząsteczek;
- Masa i ciężar ciała.

Zadania

Praca domowa

Polecenie 3.1

W cenniku Poczty Polskiej znajdziemy informację, że suma długości paczki i jej obwodu mierzonego w innym kierunku niż długość nie może przekroczyć 3000 mm, a największy z wymiarów paczki nie może przekroczyć 1500 mm. Bartek chce nadać paczkę zawierającą narty o długości 1,95 m. Czy urzędniczka na poczcie powinna ją przyjąć? Jeśli nie, to jak uzasadni swoją decyzję?

Polecenie 3.2

W łyżwiarstwie szybkim mężczyzn (na dystansie 500 m) trzech pierwszych zawodników uzyskało następujące wyniki: 35,91 s; 35,95 s; 35,96 s. Natomiast w biegu narciarskim kobiet (na dystansie 15 km) trzy najlepsze zawodniczki osiągnęły kolejno czas: 41 minut i 8 sekund; 41 minut i 42 sekundy; 42 minuty i 5 sekund. Które z tych zawodów mogliby sprawiedliwie ocenić sędziowie posługujący się stoperem ręcznym? Uzasadnij odpowiedź.

Polecenie 3.3

1 lipca 2013 roku temperatura w Kairze wynosiła 41˚C, w Nowym Jorku – 77˚F (stopni Fahrenheita), a w Warszawie – 300 K. W którym z miast było tego dnia najcieplej, a w którym – najchłodniej?

Wskazówka

Znajdź w dostępnych ci źródłach (książkach, tablicach, encyklopediach) związek między skalą Fahrenheita a skalą Celsjusza.

Słowniczek

ciało fizyczne

– każdy obiekt, którego właściwości można obserwować i mierzyć. Ciałem fizycznym mogą być organizm żywy (np. ptak w czasie lotu, biegnący kot) lub dowolny przedmiot (np. kula bilardowa, sanki, Księżyc).

czas

– wielkość fizyczna określająca kolejność zdarzeń oraz odstępy między zdarzeniami zachodzącymi w tym samym miejscu. Pojęcie to było również przedmiotem rozważań filozoficznych.

kelwin (symbol K)

– jednostka temperatury w układzie SI.

kilogram (symbol kg)

– jednostka masy w układzie SI, która jest równa masie międzynarodowego prototypu kilograma przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres; 1 kg = 1000 g = 0,001 tony.

metr (symbol m)

– jednostka długości w układzie SI; 1 m = 100 cm = 1000 mm = 0,001 km.

sekunda (symbol s)

– jednostka czasu w układzie SI; 1 min = 60 s, 1 h = 3600 s, 1 d = 86 400 s.

stopień Celsjusza (symbol ℃)

– jednostka temperatury w skali Celsjusza, używana w Polsce i innych krajach europejskich.
termometr

– przyrząd służący do pomiaru temperatury układów fizycznych metodą stykową lub bezstykową.
wielkość fizyczna

– cecha ciała fizycznego, substancji lub zjawiska fizycznego dająca się zmierzyć.
zjawisko fizyczne

– proces, w którym zmieniają się wielkości fizyczne opisujące ciało fizyczne lub substancję, z której jest ono zbudowane (np. podczas biegu zmienia się odległość biegacza od mety, a topniejąca kostka lodu zmienia kształt i objętość).

Biogramy

Anders Celsjusz

27.11.1701–25.04.1744

Szwedzki fizyk i astronom. W 1742 opracował skalę temperatur nazywaną skalą Celsjusza i stosowaną powszechnie w wielu krajach.

Biogram William Thomson - Lord Kelvin nie istnieje

Utwórz biogram

Rodzaje oddziaływań i ich skutki. Wzajemność oddziaływań

Wokół nas nieustannie zachodzą zjawiska będące rezultatem oddziaływań. Dzięki nim szklanka spoczywa na stole, planety Układu Słonecznego od miliardów lat podążają niemal niezmiennym torem, a skrawki papieru przyciągane są przez naelektryzowaną rurkę z tworzywa sztucznego. Jak sklasyfikować rodzaje oddziaływań i jakie one pociągają ze sobą skutki?

Łuk jest bronią i narzędziem znanym od wieków – dzięki swej sprężystości może wyrzucić strzałę na odległość od kilkudziesięciu do kilkuset metrów

Już potrafisz

- podać definicję zjawiska fizycznego;
- podać definicję ciała fizycznego;
- opisać rolę, jaką odgrywają ciała fizyczne w przebiegu zjawisk fizycznych.

Nauczysz się

- podawać przykłady wzajemności oddziaływań;
- wymieniać rodzaje oddziaływań między ciałami;
- rozpoznawać rodzaje oddziaływań;
- przewidywać skutki oddziaływań;
- podawać przykłady oddziaływań występujących w najbliższym otoczeniu.

1. Rodzaje oddziaływań w przyrodzie

Wokół nas występuje wiele różnych oddziaływań, z których obecności często nie zdajemy sobie sprawy. Kiedy łamiemy gałęzie na ognisko, pocieramy ręce, by się ogrzać, kopiemy piłkę czy też podnosimy jakiś przedmiot, mamy do czynienia z **oddziaływaniami bezpośrednimi**, do których należą ciągnięcie, pchanie, podnoszenie, zginanie, skręcanie, rozrywanie, rozciąganie, ściskanie, zgniatanie itd.

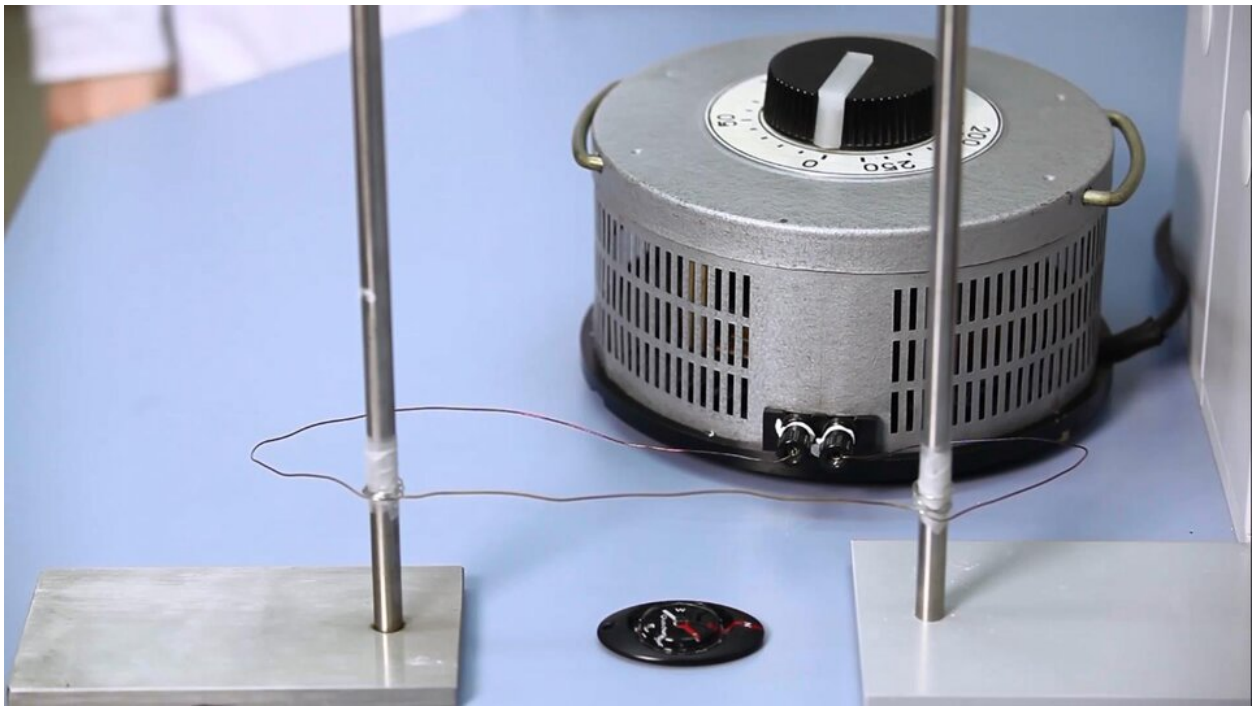
Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Piłkarz kopiący piłkę jako przykład oddziaływania bezpośredniego

Nagranie wideo na temat oddziaływania bezpośredniego. Piłkarz bierze rozbieg i zbliża się do piłki leżącej na murawie. Dobiega do piłki i z rozmachem kopie piłkę. W momencie zetknięcia stopy piłkarza z piłką następuje stopklatka. Natychmiast ze stopklatką ukazuje się czerwona strzałka wskazująca na stopę piłkarza i piłkę; nad strzałką napis: oddziaływanie bezpośrednie. Kontynuacja filmu: kopnięta piłka leci w kierunku bramki i ląduje w siatce. Następnie zostają wyświetlone ponownie opisane wyżej sceny w zwolnionym tempie, bez stopklatki. W momencie zetknięcia się stopy piłkarza z piłką pokazuje się strzałka wskazująca na stopę i piłkę i napis: Oddziaływanie bezpośrednie. Przybliżenie: widok z bliska piłki leżącej na murawie. W zwolnionym tempie do piłki zbliża się stopa piłkarza. Stopa uderza w piłkę. Wyświetlona zostaje jaskrawa strzałka wskazująca na stopę i piłkę oraz napis oddziaływanie bezpośrednie. Typowy widok 2 piłkarzy kłócących się i popychających. Jeden wyraźnie popycha drugiego. Nadbiega sędzia pokazując żółtą kartkę.

> **Zapamiętaj!**
>
> Oddziaływania bezpośrednie wymagają bezpośredniego kontaktu ciał.

Spadanie jabłka jest wynikiem wzajemnego oddziaływania Ziemi i jabłka, nie jest jednak spowodowane ich bezpośrednim kontaktem. Podobnie jest, gdy igła kompasu wskazuje północ lub gdy planety krążą po elipsie wokół swoich słońc. Jeśli ciała na siebie oddziałują, ale nie są ze sobą w bezpośrednim kontakcie, mówimy, że występuje między nimi **oddziaływanie na odległość** .



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Wychylenie igły magnetycznej w obecności przewodnika z prądem jako przykład oddziaływania ciał na odległość

Nagranie wideo na temat oddziaływania na odległość. Widok na stół laboratoryjny. Na stole potrzebne przyrządy: igła magnetyczna na ostrzu z podstawką, obwód prądowy zbudowany z grubego przewodu miedzianego, przewód jest umieszczony na izolujących podstawkach, jego część przebiega nad igłą magnetyczną i ta część jest prostoliniowa; końce przewodu podłączone do zasilacza wysokoprądowego 5A/30V.Najazd kamery na igłę. Inset w wolnym rogu ekranu pokazujący rękę demonstratora włączającą zasilacz. Igła odchyla się w bok. Dalej widok igły i inset w rogu. W insecie widać jak ręka demonstratora wyłącza zasilacz. Igła powraca do pierwotnego położenia (równolegle do przewodu).

Zapamiętaj!

Niektóre oddziaływania nie wymagają bezpośredniego kontaktu ciał. Dochodzi wówczas do oddziaływania na odległość.

Niektóre zjawiska możliwe do zaobserwowania w otaczającym nas świecie zachodzą w wyniku oddziaływań bezpośrednich, a niektóre – w wyniku oddziaływań na odległość. W tabeli poniżej znajdują się przykłady różnych zjawisk. Podziel je w zależności od tego, jakim typem oddziaływania były spowodowane. Uwaga: nie wszystkie zjawiska dadzą się

tak przyporządkować! Jeżeli masz wątpliwości, przedyskutuj dany problem z nauczycielem.

Ćwiczenie 1

Uporządkuj w kategorie.

Oddziaływanie bezpośrednie

Oddziaływanie na odległość

Rozciąganie sprężyny

Przyciąganie lub odpychanie magnesów

Podnoszenie ciężarów

Zgniatanie samochodu

Przyciąganie lub odpychanie dwóch cząsteczek

Obrót igły kompasu

Strzelanie z łuku

Lot samolotu

Przyciąganie włosów przez grzebień

Kopnięcie piłki

Ruch Ziemi wokół Słońca

Spadanie jabłka

1.1. Oddziaływania grawitacyjne

Jednymi z fundamentalnych oddziaływań występujących w przyrodzie są**oddziaływania grawitacyjne**. Na każde ciało znajdujące się na powierzchni Ziemi działa wywierana przez nią grawitacja. O istnieniu tego oddziaływania możemy się przekonać m.in. dzięki obserwacji zjawiska spadania ciała pozbawionego podparcia.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Spadanie ciał jako skutek oddziaływania grawitacyjnego

Animacja przedstawia chłopca siedzącego na drzewie. Tło białe. Kora drzewa szaro-brązowa. Korona liści rozłożysta, zielona. W pierwszej scenie widzimy chłopca siedzącego na gałęzi. Chłopiec trzyma w ręce piłę, którą stara się odpiłować gałąź, na której siedzi. Gdy gałąź zostaje odpiłowana, spada, a razem z nią chłopiec. Nad głową chłopca, który spadł, pojawiają się żółte gwiazdki. W kolejnej scenie pokazano małą szarą mysz. Obok niej stoi duży słoń. Zwierzęta stoją na zapadni, która po chwili się otwiera. Zwierzęta zaczynają spadać. Widać, że słoń spada z większą prędkością niż mysz. Obok myszki pojawia się napis „Zaczekaj na mnie". Następnie, na białym tle, pojawia się napis: „Wszystkie ciała spadające swobodnie spadają tak samo, niezależnie od masy i ciężaru tych ciał." W ostatniej scenie pokazano zielony listek, który swobodnie spada, kołysząc się przy tym oraz książkę i kartkę papieru. Książka spada pionowa w dół, kartka również, jednak z mniejszą szybkością.

W filmie obejrzeliście różne przykłady spadania ciał. Końcowe sceny filmu pokazują spadanie liścia lub kartki papieru.

Które z pokazanych sytuacji mogą przedstawiać spadanie swobodne, czyli takie, w którym występuje tylko siła grawitacji? Na pewno nie dotyczy to liścia lub kartki papieru. Wyraźnie widać, że coś przeszkadza w spadaniu. To coś to opór powietrza. Opór stawiany poruszającym sie ciałom powoduje, że ruch odbywa się nie tylko pod wpływem siły grawitacji. To samo dotyczy przykładu, w którym spadają sloń i myszka. Słoń uzyskuje większą prędkość spadania niż myszka - po prostu opór powietrza ma większy wpływ na ruch myszki niż na ruch słonia. A pierwsza scena, w której spada chłopiec po podcięciu gałęzi na ktorej siedzi? W 2 klasie będziecie się uczyć o tym, od czego zależy opór powietrza. Okazuje sie, że zależy między innymi od prędkości. Ponieważ chłopiec spadając,

nie uzyskuje dużej prędkości, więc często uznajemy, że taki spadek z małej wysokości jest swobodny. Już jednak dla spadającego skoczka spadochronowego (ze spadochronem lub bez) skok nie jest spadaniem swobodnym. Nie musimy sie jednak specjalnie martwić oporem powietrza w przypadku spadajacego z drzewa jabłka.

Isaac Newtonbadał ruchy ciał niebieskich. Udowodnił, że prawa rządzące spadkiem ciał znajdujących się przy powierzchni Ziemi są takie same jak te opisujące ruchy ciał niebieskich. Inaczej mówiąc, takim samym prawom fizyki podlega ruch ciał niebieskich zarówno w pobliżu Ziemi (ruch Księżyca), jak i w najodleglejszych zakątkach Wszechświata. Oddziaływania grawitacyjne mają więc charakter powszechny.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Ruch Księżyca wokół Ziemi

Ruch Księżyca wokół Ziemi

> **Zapamiętaj!**
>
> Oddziaływania grawitacyjne wywierają na siebie wszystkie ciała..

Ćwiczenie 2

Które z poniższych stwierdzeń, dotyczących oddziaływań grawitacyjnych, są prawdziwe?

- [ ] Wpływ siły grawitacji widoczny jest tylko wtedy, gdy oddziałujące ze sobą ciała znajdują się w stosunku do siebie w dużej odległości, jak np. Księżyc i Ziemia.
- [ ] Oddziaływania grawitacyjne są oddziaływaniami na odległość.
- [ ] Mają charakter powszechny.
- [ ] Nie zależą od masy oddziałujących ze sobą ciał.

1.2. Oddziaływanie elektryczne

Co się dzieje, gdy ściągamy wełniany sweter? Co wówczas słyszymy i czujemy? Odczuwamy lekkie mrowienie i słyszymy ciche trzaski – są one spowodowane małymi wyładowaniami elektrycznymi, powstałymi na skutek tarcia swetra o pozostałe części naszej garderoby.

W VII wieku przed naszą erą grecki filozof Tales z Miletu opisał właściwość bursztynu. Polegała ona na przyciąganiu niektórych lekkich przedmiotów po uprzednim potarciu o sukno. Ciała doprowadzone do takiego stanu jak bursztyn potarty o sukno zostały nazwane ciałami naelektryzowanymi lub dosłownie „nabursztynionymi", ponieważ nazywano w tamtych czasach „elektronem".

Ciekawostka

Bursztyn jest kopalną żywicą drzew iglastych i niektórych roślin liściastych. Może mieć barwę od jasnożółtej do brunatnej. Składa się głównie z węgla i siarki. Od wieków służył jako cenny materiał do wyrobu ozdób oraz jako surowiec stosowany w medycynie ludowej do produkcji.

Grecka nazwa bursztynu to „elektron”

Jak sprawdzić, czy znaleziony na plaży kamyk jest bursztynem? Wystarczy przeprowadzić proste doświadczenie.

Doświadczenie 1

Prezentacja oddziaływań elektrycznych na przykładzie bursztynu i skrawków papieru.

Co będzie potrzebne

- bursztyn;
- skrawki papieru;
- szmatka flanelowa.

Instrukcja

1. Potrzyj intensywnie bursztyn flanelową szmatką.
2. Zbliż bursztyn do skrawków papieru.

Podsumowanie

Jeśli kamień, który wykorzystałeś w doświadczeniu, przypomina wyglądem bursztyn i po potarciu flanelową szmatką przyciąga skrawki papieru, to możliwe, że jesteś szczęśliwym posiadaczem bursztynu. Istnieją jednak ciała o podobnych właściwościach, z wygladu przypominające bursztyn.

Czy wszystkie oddziaływania elektryczne prowadzą do przyciągania ciał?

Niekoniecznie. Kiedy czeszemy świeżo umyte i wysuszone włosy szczotką lub grzebieniem, możemy zaobserwować ich wzajemne odpychanie. Z kolei włosy „przylepiają się” do grzebienia.

We wszystkich przypadkach opisanych powyżej ciała uległy naelektryzowaniu i oddziaływały na siebie. Mówimy, że**siła elektryczna**powodujeich zbliżanie lub oddalanie.

Fakt odpychania bądź przyciągania naelektryzowanych ciał wyjaśnia się istnieniem dwóch rodzajów ładunków elektrycznych: dodatnich i ujemnych.

> **Zapamiętaj!**
>
> Ładunki tego samego znaku nazywamy ładunkami jednoimiennymi, a ładunki różnych znaków – ładunkami różnoimiennymi. Ładunki jednoimienne się odpychają, a ładunki różnoimienne się przyciągają.

Opisane powyżej zjawiska są przejawem występowania oddziaływań (sił) elektrycznych. Takich zjawisk jest więcej – będziesz się o nich uczyć w toku dalszej nauki.

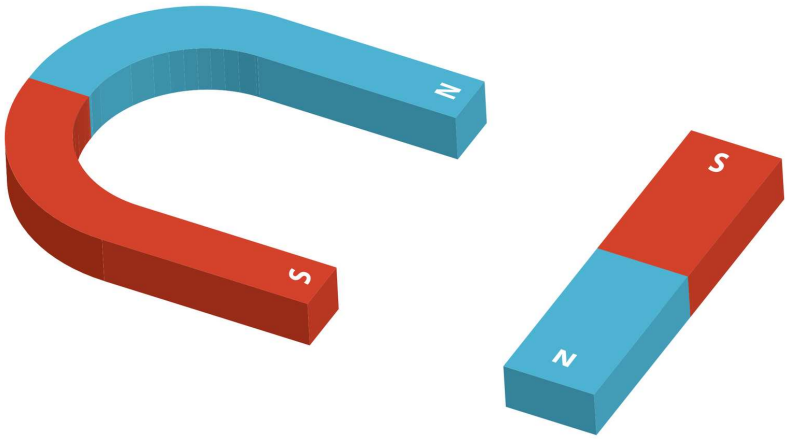
> **Ćwiczenie 3**
> Wybierz zdania poprawnie opisujące naturę oddziaływań elektrycznych.
>
> - [ ] Ciała naładowane różnoimiennie przyciągają się.
> - [ ] Oddziaływania elektryczne są oddziaływaniami na odległość.
> - [ ] Ciała naładowane jednoimiennie odpychają się.
> - [ ] Oddziaływania elektryczne są oddziaływaniami bezpośrednimi.

1.3. Oddziaływania magnetyczne

Już w starożytności wiedziano o istnieniu ciał przyciągających inne ciała. O ile bursztyn należało potrzeć, aby przyciągał on włosy czy skrawki sukna, o tyle magnesy przyciągały zawsze, ale tylko przedmioty wykonane z żelaza. Zaobserwowano również, że ciało zwane magnesem potrafi spowodować, że inne ciało zrobione z żelaza i umieszczone w pobliżu uzyska własności magnetyczne. Zauważono także, że dwie strony magnesu mają różne właściwości – zwrócone do siebie magnesy mogły się albo przyciągać, albo odpychać.

> **Zapamiętaj!**
>
> Oddziaływania magnetyczne to przyciąganie lub odpychanie się ciał mających właściwości magnetyczne.

W zależności od tego, którymi biegunami magnesy zostaną do siebie zbliżone, będą się one albo przyciągać, albo odpychać. Magnes ma zawsze dwa bieguny.



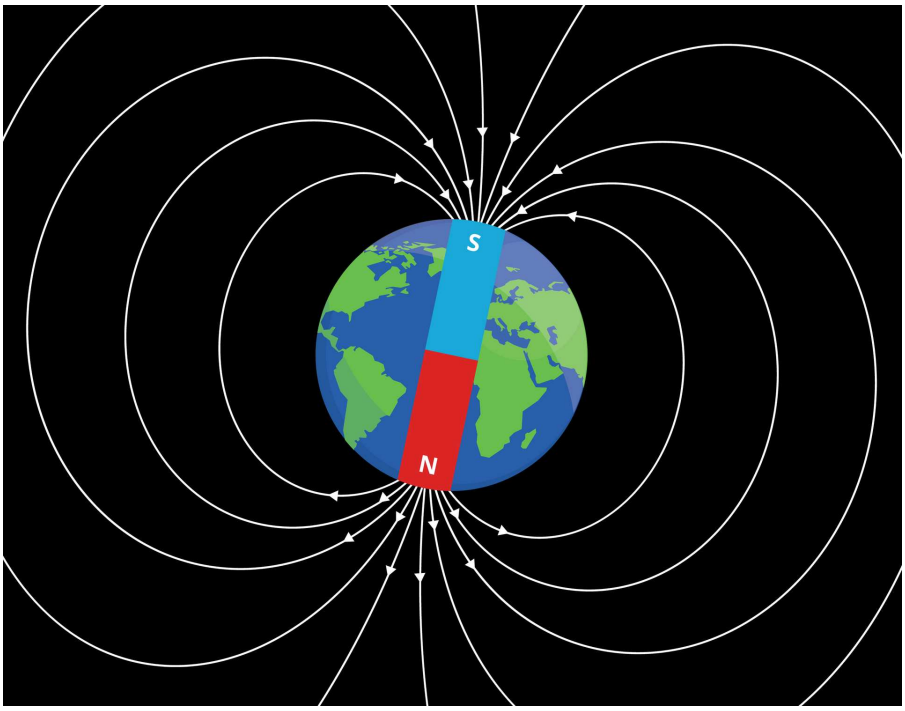
Magnes podkowiasty i sztabkowy

Gdy zbliżymy dwa magnesy skierowane do siebie tymi samymi biegunami (jednoimiennymi), to zaobserwujemy odpychanie się magnesów, a gdy będą one skierowane do siebie biegunami różnoimiennymi – przyciąganie.

Aby łatwiej było rozpoznać, z którym biegunem mamy do czynienia, końce często są pomalowane na dwa kolory. Kolor niebieski oznacza jeden z biegunów, a czerwony – drugi.

> **Zapamiętaj!**
>
> Magnes ma dwa bieguny – gdy podzielimy jeden magnes na pół, to powstaną z niego dwa nowe magnesy, które będą mieć dwa bieguny – tak jak magnes, z którego powstały.

Żelazo i jego stopy łatwo się magnesują, więc wykorzystuje się te metale w urządzeniach, np. kompasach, których działanie oparte jest na siłach magnetycznych. Konstruktorami pierwszego kompasu byli Chińczycy.



Rozkład linii pola magnetycznego wokół Ziemi

Północny biegun igły magnetycznej kompasu pokazuje północ geograficzną Ziemi. Nasza planeta jest ogromnym magnesem, którego magnetyczny biegun południowy znajduje się w pobliżu geograficznego bieguna północnego, a magnetyczny biegun północny – w pobliżu geograficznego bieguna południowego.

Jak się okazuje, oddziaływania elektryczne i magnetyczne są ze sobą ściśle powiązane – najprostszym przykładem jest **elektromagnes**, którego zasada działania jest następująca: w przewodzie (może być on na przykład owinięty dookoła rdzenia wykonanego z żelaza) płynie prąd elektryczny, dzięki czemu rdzeń uzyskuje właściwości magnetyczne.

> **Zapamiętaj!**
>
> Oddziaływania grawitacyjne, elektryczne i magnetyczne są oddziaływaniami o dalekim zasięgu, ponieważ ich skutki są odczuwalne nawet przy znacznych odległościach.
> **Polecenie 1**
>
> Wymień znane ci przykłady oddziaływań magnetycznych.

Ćwiczenie 4

Wskaż, w której z niżej wymienionych sytuacji występują siły magnetyczne.

- ◯ Spadanie monety na podłogę.
- ◯ Przyciąganie włosów przez grzebień podczas ich czesania.
- ◯ Obrót igły kompasu.

Ciekawostka

Bieguny magnetyczne Ziemi.

Jako biegun północny igły magnetycznej (i ogólnie magnesów) przyjęło się wskazywać ten z jej końców, który wskazuje geograficzną północ. Jest on przyciągany przez biegun magnetyczny Ziemi. Wynika z tego, że na północnej półkuli Ziemi znajduje się południowy biegun jej pola magnetycznego i odwrotnie: na południowej półkuli znajduje się północny biegun pola magnetycznego Ziemi. Bieguny magnetyczne nie leżą dokładnie po przeciwnych stronach, a ponadto cały czas przesuwają się po jej powierzchni z prędkością około 15 km na rok.

1.4. Oddziaływania sprężyste

Niektóre ciała, takie jak sprężyna, guma lub elastyczna, cienka gałąź, można tak odkształcić, aby po ustaniu działania siły zewnętrznej powróciły one do swojego pierwotnego kształtu. Takie odkształcenie nazywamy sprężystym.

siła sprężystości

– siła dążąca do przywrócenia pierwotnego kształtu lub objętości ciału, które uległo odkształceniu.

Strzała wyrzucana jest dzięki sprężystości łuku

Wyjaśnienie, skąd biorą się siły sprężystości, poznasz w toku dalszej nauki. Tu napiszemy tylko, że podczas odkształcania ciała zmieniają się odległości między jego cząsteczkami. Jeżeli siła powodująca odkształcenie przestanie działać, to odległości między cząsteczkami wracają do poprzednich wartości, a ciało – do poprzedniego kształtu.

Łucznik naciąga cięciwę w celu odkształcenia łuku. Kiedy wraca on do pierwotnego kształtu, wyrzuca strzałę, która leci czasami nawet na kilkusetmetrową odległość.

Oddziaływania, które powodują, że odkształcone, ale nie trwale zdeformowane ciało wraca do swojego pierwotnego kształtu, nazywamy**oddziaływaniami sprężystymi**.

Ćwiczenie 5

Wskaż, której z niżej wymienionych sytuacji **nie można** zakwalifikować do rodziny oddziaływań sprężystych.

- ◯ Wygięcie gałęzi, które prowadzi do jej złamania.
- ◯ Praca amortyzatorów samochodowych na wybojach.
- ◯ Skok na trampolinie.
- ◯ Rozciąganie gumy.
- ◯ Strzelanie z łuku.

2. Wzajemność oddziaływań

Oddziaływania występujące w przyrodzie są wzajemne, tzn. gdy jedno ciało działa na drugie, to drugie działa na pierwsze. Aby się o tym przekonać, przeprowadźmy doświadczenie.

Doświadczenie 2

Wykazać, że oddziaływania magnetyczne są oddziaływaniami wzajemnymi.

Co będzie potrzebne

- miednica wypełniona wodą;
- dwa niewielkie prostokątne magnesy;
- dwa styropianowe prostopadłościany o niewielkich rozmiarach, zdolne do utrzymania magnesów na powierzchni wody.

Instrukcja

Umieść dwie styropianowe łódeczki obok siebie w miednicy wykonanej z tworzywa sztucznego i napełnionej wodą. Połóż magnes na pierwszym kawałku styropianu. Gdy ustanie ruch wody, połóż magnes na drugim styropianie. Powtórz doświadczenie, ale najpierw zmień wzajemne ustawienie biegunów magnesów umieszczonych na dwóch różnych kawałkach styropianu.

Podsumowanie

W każdym z przypadków zaobserwowaliśmy zmianę położenia pływających styropianów. Świadczy to o tym, że oddziaływanie magnesów było wzajemne. Pierwszy magnes działał siłą magnetyczną na drugi, a drugi – na pierwszy. Potwierdza to hipotezę, że oddziaływania magnetyczne są wzajemne.

Kolejne przykłady wzajemności oddziaływań pokazuje poniższy film.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Wzajemność oddziaływań

Film na temat wzajemności oddziaływań. Dwaj młodzi mężczyźni stoją przodem do kamery, trzymając przed sobą deski. Gdy mowa o sznurze, jeden z nich demonstruje do kamery zwój linki o długości ok. 10 m. Jeden z mężczyzn kładzie deskorolkę na podłodze stawia na niej stopę i lekko, bez wysiłku przesuwa deskę w tę i z powrotem, a następnie się drugą nogą i odjeżdża bez widocznej straty prędkości. W kolejnej scenie mężczyźni stają obiema nogami na deskorolkach, naprzeciwko siebie, w odległości równej długości sznura (~10 m). Jeden z nich trzyma sznur w rękach, a drugi opasuje się sznurem i wiąże nią węzeł ratowniczy. Jeden z nich ciągnie równomiernie linę. Obie deskorolki jadą ku sobie i spotykają się na środku. Obaj mężczyźni wracają na swoje miejsca i tym razem drugi z nich ma linę w rękach, a pierwszy opasuje się liną i wiąże nią węzeł ratowniczy. Kolejny raz obaj wracają na swoje miejsca i na hasło „start" obaj zaczynają ciągnąć linę. Deskorolki podobnie jak poprzednio zbliżają się do siebie. W następnej scenie obaj mężczyźni stoją na deskorolkach blisko siebie, w rękach trzymają długi, prosty drąg. Jeden odpycha drugiego, przekładając dłonie na drągu. Obie deskorolki odjeżdżają od siebie. Po chwili role odwracają się. Podobnie jak poprzednio, mężczyźni trzymają długi, prosty drąg, ale tym razem obaj odpychają się, przekładając dłonie na drągu. Obie deskorolki odjeżdżają od siebie.

> **Zapamiętaj!**
>
> Wszystkie oddziaływania są wzajemne.

Ćwiczenie 6

Przeczytaj uważnie poniższe zdania i zaznacz, czy to prawda, czy fałsz.

	Prawda	Fałsz
Wzajemność oddziaływań dotyczy tylko niektórych z nich.	◯	◯
Rakieta tenisowa odkształca piłkę, ale piłka odkształca także rakietę.	◯	◯
Wszystkie oddziaływania w przyrodzie są wzajemne.	◯	◯

3. Skutki oddziaływań

Każde oddziaływanie niesie pewien określony skutek. Pole magnetyczne Ziemi powoduje, że igła kompasu się obraca, kopnięcie piłki wprawia ją w ruch, a powiew wiatru sprawia, że gałąź drzewa się ugina. Czasami te skutki są bardziej widoczne, a czasami – mniej. Skutki oddziaływań dzielimy na dwie grupy: **skutki statyczne** i **skutki dynamiczne**.

Jednym z najczęściej spotykanych skutków oddziaływań jest zmiana kształtu lub objętości ciała, np. wygięcie linijki, rozciągnięcie sprężyny, złamanie patyczka, zgniecenie kulki plasteliny albo puszki po napoju. Skutki polegające na odkształceniu ciała nazywamy skutkami statycznymi.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Skutki statyczne oddziaływań

Film na temat statycznych skutków oddziaływań. Widok ciał leżących na stole: sprężyna spiralna, pasek gumy modelarskiej, sprężyna płaska lub plastikowa linijka, gumka do ścierania. Demonstrator rozciągaja sprężynę, gumę, wyginające blaszkę sprężyny płaskiej. Gdy zaprzestaje, ciała wracają do pierwotnych kształtów. Widok ciał leżących na stole: plastelina, suchy patyk, kreda, blaszka miedziana. Demonstrator odkształca plastelinę, łamie patyk, następnie laskę kredy. Gdy zaprzestaje, ciała nie wracają do pierwotnych kształtów (kamera wyraźnie to pokazuje). Widać metalowy pręt wkręcony w imadło. Demonstrator chwyta wystający koniec pręta i z trudem go odgina. Pręt pozostaje zgięty.

Gdy pod wpływem jakiegoś oddziaływania ruch ciała ulega zmianie, mamy wówczas do czynienia ze skutkiem dynamicznym. Tak więc przyspieszanie, hamowanie, wprawianie w ruch, zmiana kierunku ruchu, to skutki dynamiczne, podobnie jak rzucenie kamienia, obrót karuzeli lub skok w dal.

Skąd wiemy, że któreś z oddziaływań w ogóle wystąpiło?

> **Zapamiętaj!**
>
> Kiedy obserwujemy zjawiska, nie widzimy samych oddziaływań, lecz ich skutki.

Kiedy obserwujemy Księżyc, nie możemy dostrzec sił grawitacji wiążących go z Ziemią, tak samo jak nie dostrzegamy sił magnetycznych, które powodują, że igła magnetyczna umieszczona w pobliżu przewodnika z prądem się obraca. Obserwujemy jedynie skutki wzajemnych oddziaływań: obecność Księżyca i obrót igły.

> **Polecenie 2**
>
> Podaj po trzy przykłady skutków oddziaływań dynamicznych i statycznych.
>
> Te same oddziaływania mogą prowadzić do różnych skutków. Kiedy stoimy na twardej podłodze, nie obserwujemy jej odkształcenia. Odnosimy wrażenie, że nic szczególnego się nie dzieje. Gdy jednak staniemy na miękkim materacu, natychmiast zauważymy, że uległ on odkształceniu pod wpływem naszego ciężaru. Obserwowany skutek tego samego działania jest znacznie bardziej widoczny! Czy oddziałujemy na podłogę inaczej niż na materac?

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Różne skutki tych samych oddziaływań

Nagranie wideo na temat różnych skutków tych samych oddziaływań. Widok na podpory, różnej grubości deski, na które nakładany jest odważnik o wadze 1 kg oraz zakres jego oddziaływania. Następnie prezentowany jest piłkarz grający w piłkę. Prezentacja oddziaływania nogi na piłkę oraz piłki na nogę. Następnie widoczna sytuacja kopnięcia w duży głaz. Ponownie widoczny piłkarz z gipsem na nodze. Animacja ogromnej kuli ziemskiej i małego odważnika.

Zarówno na podłogę, jak i na materac oddziałujemy w ten sam sposób, ale z różnym skutkiem. Podłoga jest twarda i się nie odkształca – w przeciwieństwie do miękkiego materaca.

> **Zapamiętaj!**
>
> Skutki takich samych oddziaływań mogą być różne, ponieważ zależą od właściwości ciał.
> **Polecenie 3**
>
> Podaj przykład oddziaływania wywołującego trzy różne skutki.

Podsumowanie

Podsumowanie

Nazwa oddziaływania	Źródła oddziaływania	Skutki oddziaływania	Przykłady zjawisk
grawitacyjne	wszystkie ciała	przyciąganie ciał	spadanie jabłka, utrzymywanie się Księżyca na orbicie wokół Ziemi
elektryczne	ciała mające ładunek elektryczny	przyciąganie lub odpychanie ciał obdarzonych ładunkiem elektrycznym	odpychanie się czesanych włosów, przyciąganie drobnych kawałków papieru przez potarty bursztyn
magnetyczne	magnesy, Ziemia, przewody, w których płynie prąd elektryczny, namagnesowane ciała zawierające żelazo	przyciąganie lub odpychanie się magnesów i namagnesowanych ciał, przyciąganie ciał zawierających żelazo	wskazywanie kierunków geograficznych przez igłę kompasu, działanie elektromagnesów

Praca domowa

Polecenie 4.1

Wymień trzy skutki poszczególnych oddziaływań: elektrycznego, magnetycznego, grawitacyjnego i sprężystego.

Polecenie 4.2

Wymień skutki statyczne i dynamiczne zderzenia samochodu ze ścianą.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Trzecia zasada dynamiki Newtona – wzajemne oddziaływanie ciał;
- Pole magnetyczne wokół magnesu;
- Pole magnetyczne wokół Ziemi;
- Zasada działania kompasu;
- Ładunek elementarny;

- Ładunki elektryczne i ich oddziaływanie;
- Elektryzowanie ciał przez tarcie i dotyk.

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 7

Wybierz prawidłowe zakończenie zdania:
Gdy weźmiemy dwa jednakowo napompowane baloniki, zbliżymy je do siebie, a następnie dociśniemy, zaobserwujemy, że:

- ◯ żaden z baloników się nie odkształci.
- ◯ oba baloniki odkształcą się tak samo.
- ◯ jeden z baloników odkształci się bardziej niż drugi.

Ćwiczenie 8

Oceń prawdziwość poniższych zdań.

	Prawda	Fałsz
Wszystkie oddziaływania są wzajemne.	◯	◯
Wszystkie oddziaływania są niewidoczne.	◯	◯
Wszystkie oddziaływania mają zawsze takie same skutki.	◯	◯
Wszystkie oddziaływania działają tylko na małych odległościach.	◯	◯
Wszystkie oddziaływania działają wyłącznie na dużych odległościach.	◯	◯

Słowniczek

elektromagnes

– zwojnica z rdzeniem ferromagnetycznym, który magnesuje się pod wpływem prądu elektrycznego przepływającego przez jej uzwojenie.

oddziaływania bezpośrednie

– oddziaływania występujące wtedy, gdy ciała stykają się ze sobą.

oddziaływania elektryczne

– oddziaływania (przyciągające lub odpychające), jakie wzajemnie wywierają na siebie naelektryzowane ciała.

oddziaływania grawitacyjne

– oddziaływania przyciągające, jakie wzajemnie wywierają na siebie wszystkie ciała – im większa masa poszczególnych ciał, tym silniejsze oddziaływanie.

oddziaływania magnetyczne

– przyciąganie lub odpychanie się ciał mających właściwości magnetyczne (magnesy lub elektromagnesy).

oddziaływania na odległość

– oddziaływania występujące wtedy, gdy ciała oddziałujące na siebie dzieli pewna odległość.

oddziaływania powszechne

– oddziaływania występujące w całym Wszechświecie.

oddziaływania sprężyste

– oddziaływania, które powodują, że odkształcone, ale nie trwale zdeformowane ciało wraca do swojego pierwotnego kształtu.

satelita telekomunikacyjny

– urządzenie telekomunikacyjne; sztuczny satelita Ziemi, który pośredniczy w przekazywaniu transmisji radiowych i telewizyjnych między dwoma miejscami na kuli ziemskiej. Wykorzystywany jest np. gdy bezpośredni przekaz nie jest możliwy z powodu krzywizny Ziemi.

siła elektryczna

– siła, jaką działają na siebie dwa naelektryzowane ciała.

siła grawitacji

– siła, jaką jedno ciało o określonej masie działa na drugie ciało mające masę.

skutki statyczne

– skutki oddziaływań związane ze zmianą kształtu ciała.

skutki dynamiczne

– skutki oddziaływań związane ze zmianą ruchu ciała.

wszechświat

– wszystko, co fizycznie istnieje: cała przestrzeń, czas, wszystkie formy materii i energii oraz prawa fizyki i stałe fizyczne określające ich zachowanie. Słowo „wszechświat” może być też używane w innym znaczeniu – jako synonim wyrazów „kosmos” (w rozumieniu filozofii), „świat” czy „natura”. W naukach ścisłych słowa „wszechświat” i „kosmos” są równoważne.

Siła jako miara oddziaływań. Równowaga sił. Siła wypadkowa. Wyznaczanie siły wypadkowej

Na tej lekcji dowiesz się, czym jest siła, dlaczego takie znaczenie ma kierunek jej działania, kiedy działanie siły nie przynosi skutku i jak często sprawdza się w codziennym życiu przysłowie: Co dwóch, to nie jeden.

Kiedy pchamy jakiś przedmiot, działamy określoną siłą – jeśli jest ona zbyt mała, to popychany obiekt się nie poruszy

Już potrafisz

- podać definicję ciała i zjawiska fizycznego;
- rozpoznawać różne rodzaje oddziaływań oraz określać ich źródła na podstawie obserwowanych skutków;
- podawać przykłady oddziaływań bezpośrednich i na odległość;
- stwierdzić, że oddziaływania są zawsze wzajemne.

Nauczysz się

- podawać definicję siły jako wielkości fizycznej;
- podawać nazwę i definicję jednostki siły;
- wymieniać cechy siły jako wielkości wektorowej;
- mierzyć siłę za pomocą siłomierza;
- podawać cechy sił równoważących się;
- przedstawiać graficznie siły równoważące się;
- podawać przykłady działania sił równoważących się występujące w życiu codziennym;
- określać cechy siły wypadkowej;
- podawać przykłady działania sił wypadkowych, zaczerpnięte z życia codziennego.

- wyznaczać siłę wypadkową w prostych sytuacjach.

1. Siła jako miara oddziaływania

Na poprzednich lekcjach dowiedziałeś się, że w codziennym życiu można zaobserwować skutki działania jednych ciał na drugie. Jeśli zaczniemy pchać samochód, to przy zwolnionym hamulcu ręcznym zacznie on się poruszać. Jeżeli będziemy ciągnąć sanki – również wprawimy je w ruch. Skutkiem działania jednego ciała na drugie może więc być zmiana stanu ruchu – nieruchome dotąd ciało zacznie się poruszać. Aby zatrzymać piłkę zmierzającą prosto do bramki, trzeba podziałać na tę piłkę tak, aby ta się zatrzymała lub zmieniła tor ruchu. Kiedy pociągniemy za jeden koniec sprężyny, zacznie się ona wydłużać. Natomiast kiedy zadziałamy w przeciwną stronę, czyli ściśniemy sprężynę, to ona się skróci.

Czy działanie jednego ciała na drugie jest zawsze takie samo? Czasem mówimy, że działamy „silniej", a czasem – że „słabiej". Najczęściej oceniamy to po skutkach. Aby zatrzymać piłkę, musimy zadziałać siłą skierowaną przeciwnie do siły użytej w czasie rozpędzenia piłki. To znaczy, że efekt naszego działania zależy od tego, jaka jest siła naszego działania i jaki ma kierunek . Oczywiście, aby rozpędzić (lub zatrzymać) piłkę, musimy na nią podziałać. Ale czy nasze działanie zawsze czymś skutkuje? Jeżeli dwóch chłopców ciągnie rower w przeciwne strony, to on może się nie poruszyć. Jeśli zaś takich jednoczesnych oddziaływań jest więcej, ich skutek będzie inny, niż w przypadku jednego oddziaływania. Co zatem jest miarą oddziaływań? Na lekcjach fizyki mówimy, że działamy na ciało pewną siłą. Siła ta może być większa lub mniejsza.

> **Zapamiętaj!**
>
> Siła to wielkość fizyczna, która jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał.

Siłę oznaczamy dużą literą F. Na cześć sir**Izaaka Newtona**, twórcy zasad dynamiki stanowiących podstawy dla mechaniki klasycznej, jednostkę siły nazwano niutonem:

$[F] = 1$ niuton $= 1$ N (co oznacza: jednostką siły jest jeden niuton).

Aby lepiej uzmysłowić sobie wielkość tego oddziaływania, można powiedzieć, że 1 N odpowiada sile, z jaką Ziemia przyciąga tabliczkę czekolady, która spoczywa na jej powierzchni (a dokładniej: taka tabliczka musiałaby mieć masę 102 g).

Siła jest wielkością wektorową.

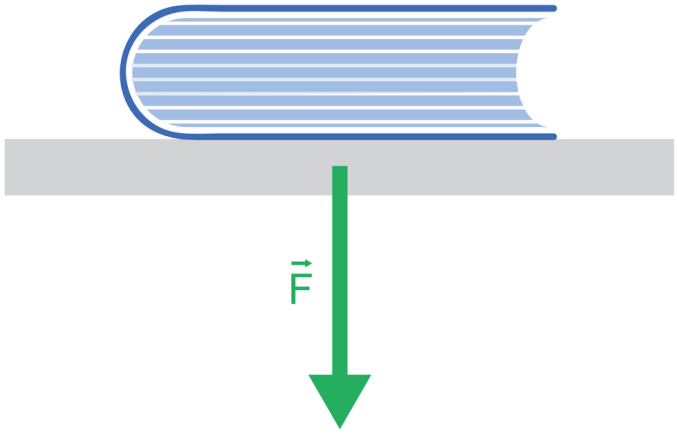
Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Siła jako wielkość wektorowa

Na animacji wyjaśniono, dlaczego siła jest wartością wektorową oraz opisano jej cechy: kierunek, zwrot, wartość oraz punkt przyłożenia.

Zapamiętaj!

Każda siła ma cztery cechy: wartość, kierunek, zwrot i punkt przyłożenia. Kiedy opisujemy określoną siłę, powinniśmy podać te cztery cechy. Kierunek wektora to prosta, na której leży dany wektor (np. pionowy, poziomy lub ukośny).
Dwa wektory mające ten sam kierunek (położone na tej samej prostej) mogą mieć zgodne albo przeciwne zwroty. Wektor może mieć np. zwrot: w prawo, lewo, w górę lub dół. Zwrot wektora oznaczamy grotem strzałki. Siłę o większej wartości rysujemy jako strzałkę dłuższą. Wektor (strzałka) rozpoczyna się w punkcie przyłożenia siły, czyli w miejscu, na które ona działa.



Książka wywiera nacisk na stół. Siła $\vec{F}$ ma kierunek pionowy ze zwrotem skierowanym w dół, jest przyłożona do stołu i ma wartość 10 N

Polecenie 1

Siła jest miarą pewnego oddziaływania. Przypomnij sobie, jakie oddziaływania występują w przyrodzie i podaj nazwy sił będących ich miarą.

2. Jak można zmierzyć siłę?

Wszystkie wielkości fizyczne można mierzyć lub wyznaczać. Czy da się to zrobić w przypadku działającej siły? Przeprowadźmy wspólnie eksperyment.

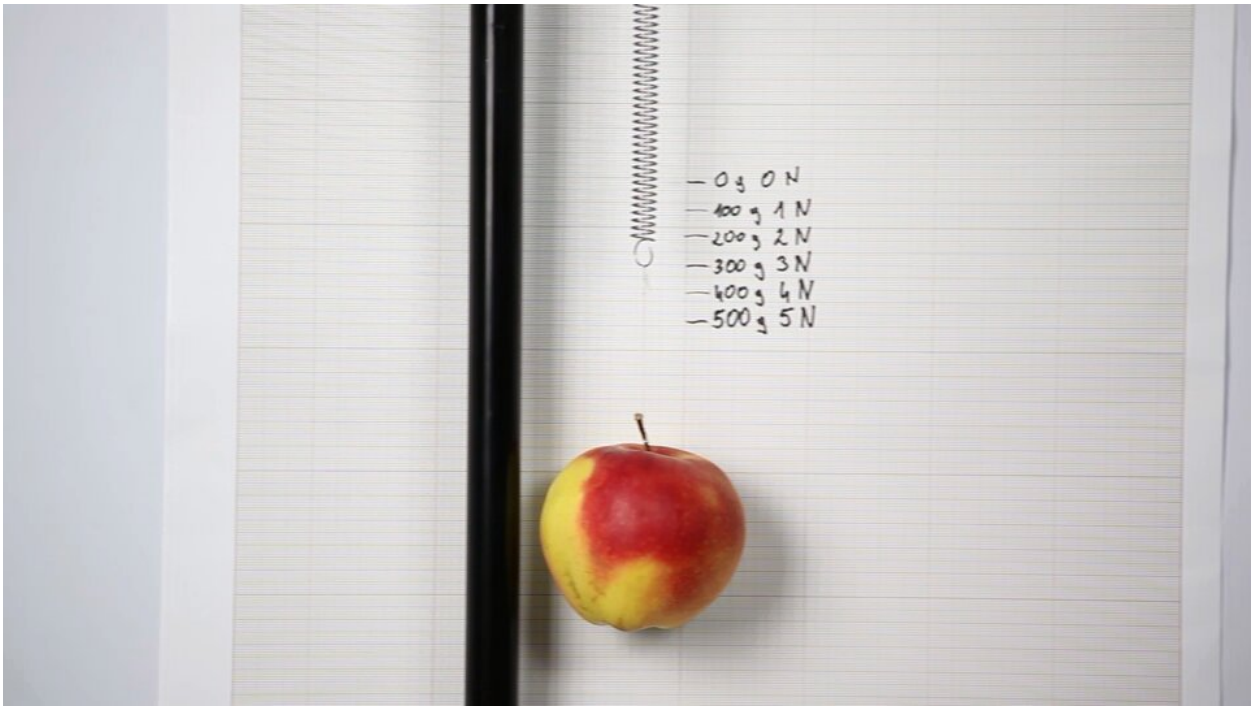
Doświadczenie 1

Pomiar siły za pomocą samodzielnie zbudowanego urządzenia do jej pomiaru (siłomierza).

Co będzie potrzebne

- sprężynka;
- pięć ciężarków, każdy o masie 100 g;
- statyw z uchwytami;
- kartka papieru milimetrowego przyklejona do tekturki lub linijka.

Instrukcja



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak skonstruować własny siłomierz?

Jak skonstruować własny siłomierz?

1. Zaczep jeden koniec sprężynki o ramię statywu.
2. Obciąż sprężynkę ciężarkiem o masie 100 g.
3. Na kartce papieru lub linijce oznacz położenie ciężarka (będzie ono odpowiadać sile 1 N).
4. Dokładaj kolejne ciężarki i powtarzaj czynności opisane w punktach od 2 do 4, odpowiednio dla dwóch (2 N), trzech (3 N), czterech (4 N) i pięciu (5 N) ciężarków.
5. Dokonaj pomiaru wybranego ciała o małej masie, np. długopisu.

Podsumowanie

Przyrządem do mierzenia siły, który właśnie skonstruowałeś, jest **siłomierz**. Za pomocą tego urządzenia możesz mierzyć ciężary ciał, których masa nie przekracza wartości pół kilograma!

Zapamiętaj!

Siłomierz jest przyrządem służącym do pomiaru wartości działającej siły.

Ćwiczenie 1

Oceń prawdziwość zdań.

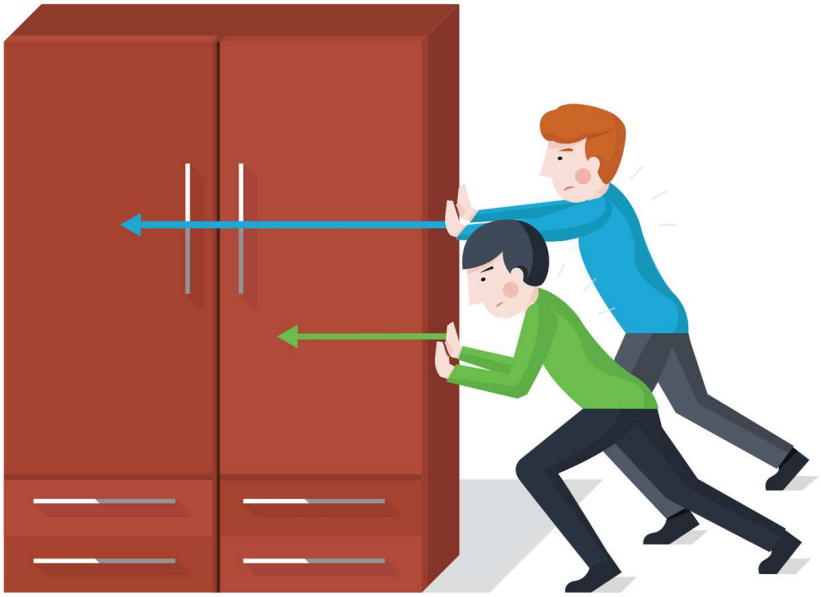
	Prawda	Fałsz
Siła nie jest wielkością fizyczną, ale jest wielkością wektorową.	○	○
Przyrządem służącym do pomiaru siły jest siłomierz.	○	○
Jednostką siły jest 1 N.	○	○
Siła jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał.	○	○
Zwrot wektora oznaczamy za pomocą grotu umieszczonego na jego końcu.	○	○

3. Siła wypadkowa

Gdy chcesz przenieść lub przesunąć ciężki przedmiot, robisz to zazwyczaj z drugą osobą. Dlaczego możemy przesunąć szafę wspólnym wysiłkiem, ale nie jesteśmy w stanie zrobić tego w pojedynkę? Przyjrzyjmy się temu zagadnieniuz punktu widzenia fizyka.

Siła wywierana przez człowieka na szafę podczas jej przesuwania

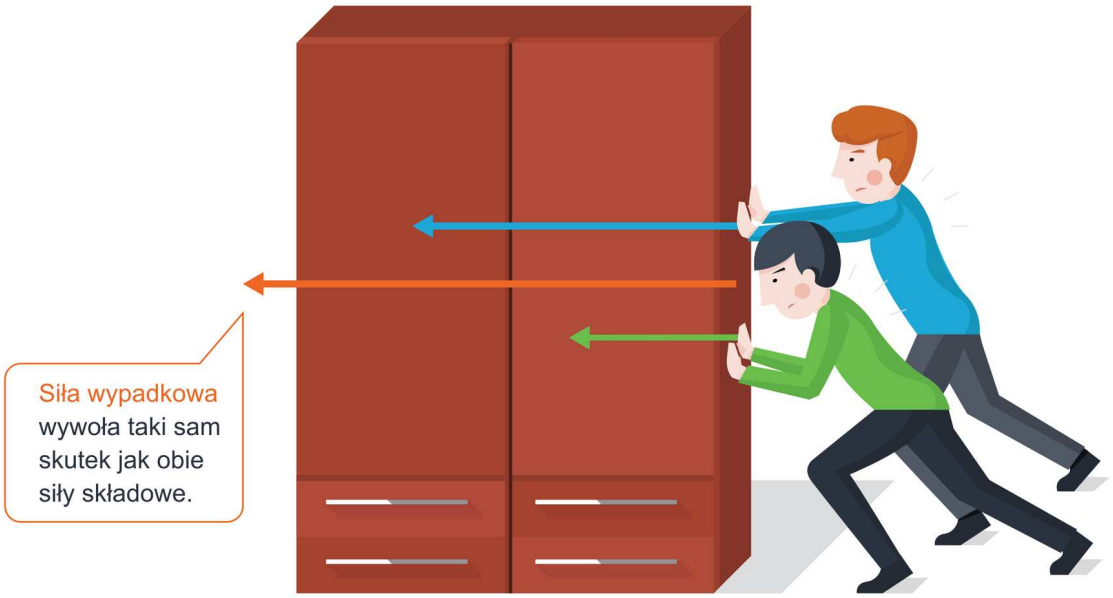
Sytuacja ulega zmianie, gdy z pomocą przychodzi nam kolega.



Siły wywierane przez dwie osoby na szafę podczas jej przesuwania

Kiedy w przesuwaniu szafy biorą udział dwie osoby, działa dodatkowa siła, która jest przyłożona do tego samego ciała, jest położona na tej samej prostej i ma ten sam zwrot co siła, z którą działa tylko jedna osoba. Jeśli przyjmiemy, że siła wywierana przez pierwszą

osobę wynosiła 250 N, a przez drugą – 200 N, to efekt ich wspólnego wysiłku byłby taki sam, jak gdyby jedna osoba pchała szafę z siłą 450 N. Dwie siły można zatem w tym przypadku zastąpić jedną – będącą ich sumą.



Siła wypadkowa jest sumą wszystkich sił działających na dane ciało

siła wypadkowa

– siła, która zastępuje działanie kilku innych sił działających na dane ciało i wywołuje taki sam skutek, jak one. Poszczególne siły nazywamy siłami składowymi.

Zapamiętaj!

Wartość siły wypadkowej jest sumą wartości sił składowych, jeżeli zwroty tych sił są zgodne. Jeżeli zwroty są przeciwne, to siła wypadkowa jest różnicą wartości sił składowych. Kierunki tych sił muszą być równoległe.

Polecenie 2

Podaj dwa przykłady, w których na dane ciało działa kilka sił, a skutek tego oddziaływania można byłoby opisać działaniem jednej siły wypadkowej.

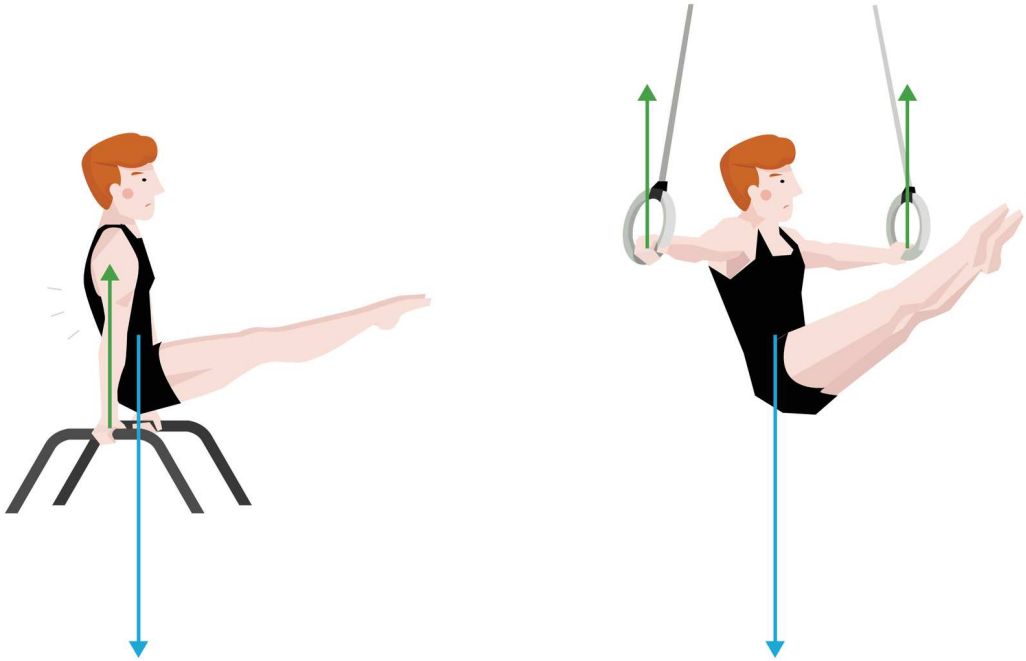
Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

Ćwiczenie 4

4. Równowaga sił

Jeżeli na ciało działają różne siły i wartość ich siły wypadkowej równa jest 0 N, to ciało znajduje się w stanie równowagi.



Ciężar sportowca (wektor niebieski) jest równoważony sumą dwóch sił działających na jego dłonie (wektory zielone) i pochodzących od przyrządu gimnastycznego

Sportowiec utrzymuje się na poręczy, ponieważ ciężar jego ciała jest równoważony przez dwie siły działające w górę, będące reakcją poręczy na nacisk rąk mężczyzny.

Jak pamiętamy, siła jest wielkością wektorową, a więc określa ją nie tylko wartość, lecz także kierunek, zwrot i punkt przyłożenia. Z powyższego rysunku widać, że aby dwie siły mogły się zrównoważyć, muszą one działać wzdłuż tego samego kierunku, mieć wspólny punkt przyłożenia, taką samą wartość (długość wektora), ale przeciwne zwroty.

> **Zapamiętaj!**
>
> Jeśli siły działające na ciało się równoważą, to siła wypadkowa będąca ich sumą jest równa 0 N. Równoważyć mogą się tylko siły przyłożone do tego samego ciała.
> **Polecenie 3**
>
> Podaj trzy przykłady, w których na ciało działają co najmniej dwie siły równoważące się.

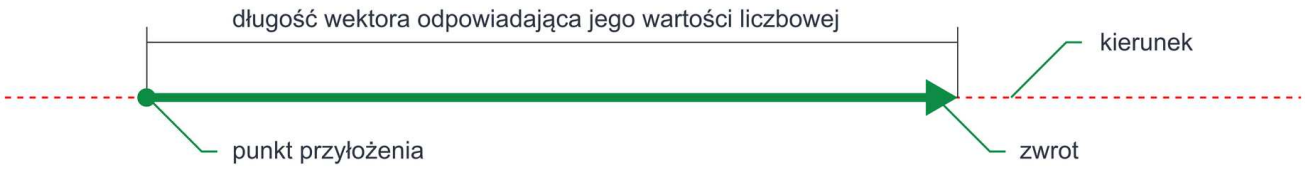
Ćwiczenie 5

Równowaga sił oznacza, że

- [ ] dwie siły się równoważą, gdy mają takie same wartości.
- [ ] suma wektorów składowych jest równa 0 N.
- [ ] siła wypadkowa ma wartość różną od 0 N.
- [ ] suma sił działających na ciało jest równa 0 N.

5. Działania na wektorach

Wielkości fizyczne dzielimy na skalarne i wektorowe. Aby opisać wielkość skalarną wystarczy podać wartość liczbową wraz z odpowiednią jednostką. Przykładami skalarnych wielkości fizycznych są temperatura, masa i gęstość. Kiedy podajemy wartość $20\,℃$, jednoznacznie określamy obserwowaną wartość temperatury. Informacja taka nie jest jednak wystarczająca do opisu wszystkich wielkości fizycznych. Stwierdzenie, że samochód porusza się z szybkością $80\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$, nie niesie ze sobą informacji, wzdłuż jakiego kierunku przemieszcza się ten pojazd ani czy jedzie on do przodu, czy – do tyłu.



Wektor przedstawiony graficznie jako strzałka

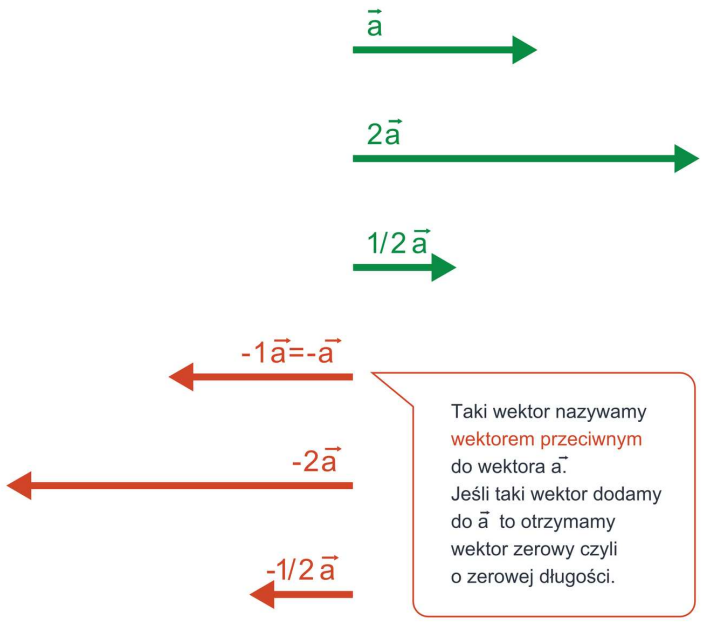
Do opisu prędkości potrzebujemy wektorowej wielkości fizycznej, której ilustracją graficzną jest skierowana w określonym kierunku strzałka (wektor). Należy jednak pamiętać o zasadzie, że im większa jest wartość wielkości wektorowej, tym dłuższa powinna być strzałka, która ją ilustruje. Jeżeli rysujemy dwa wektory, z których pierwszy ma dwa razy większą wartość niż drugi, to strzałka przedstawiająca pierwszy wektor powinna być dwa razy dłuższa.

Ciekawostka

> Szybkość i prędkość to nie są jednoznaczne pojęcia. Szybkością przyjęło się nazywać wartość prędkości, np. $v = 80\frac{\text{km}}{\text{h}}$ (skalar), a prędkością – wielkość wektorową mającą określone: kierunek, wartość i zwrot. Zamiast pojęcia „szybkość" w tym podręczniku będziemy używali sformułowania „wartość prędkości" wszędzie tam, gdzie konieczne będzie rozróżnienie wielkości skalarnej od wektorowej.

Na wektorach można przeprowadzać działania matematyczne:

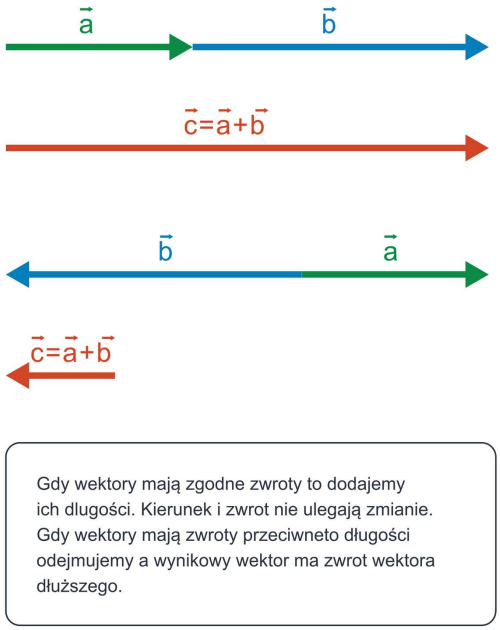
- Mnożenie wektora przez liczbę; może ono wpłynąć na długość wektora i jego zwrot, ale nie zmienia kierunku i punktu przyłożenia.



Wynikiem mnożenia wektora $\vec{a}$ przez liczbę k jest wektor o długości k • a, gdzie a jest długością pierwotnego wektora. Kierunek pozostaje bez zmian, natomiast zwrot się nie zmienia, gdy liczba k jest dodatnia, a zmienia się na przeciwny, gdy jest ujemna

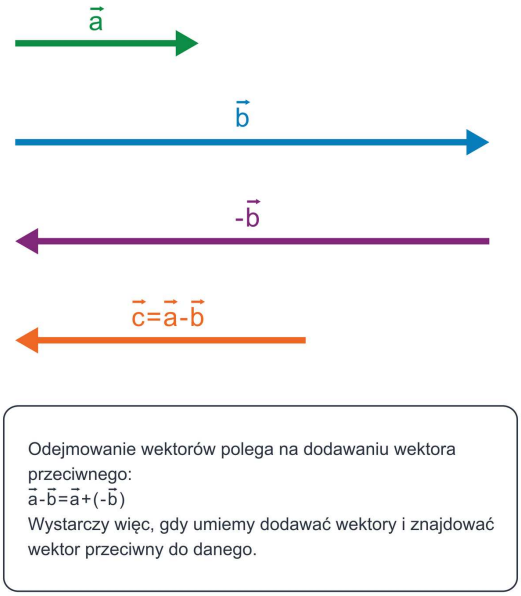
- Dodawanie wektorów

  (dla uproszczenia będziemy się posługiwali jedynie wektorami o takim samym kierunku).



Dodawanie wektorów położonych na jednej prostej, np. dwóch sił położonych na jednej prostej i działających na to samo ciało. Zwroty tych wektorów mogą być zgodne lub przeciwne

- Odejmowanie wektorów położonych na jednej prostej.



Odejmowanie wektorów położonych na jednej prostej

Powyższy przykład pomoże ci zrozumieć lekcje z kinematyki w następnym semestrze. Zajmiemy się wtedy opisem ruchu, w którym prędkość (będąca również wektorem) będzie rosła lub malała. Aby obliczyć zmianę prędkości, będziemy odejmować wektor prędkości początkowej od wektora prędkości końcowej.

Podsumowanie

1. Siła to wielkość fizyczna, która jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał.
2. Siłę oznaczamy dużą literą F (z ang. *force* – siła). Na cześć Izaaka Newtona jednostkę siły nazwano niutonem:
   $[F] = 1 \text{ niuton} = 1 \text{ N}$.
3. Siła jest wielkością wektorową. Aby w pełni opisać siłę musimy podać jej wartość (długość wektora), kierunek, zwrot i punkt przyłożenia.
4. Siłomierz jest przyrządem służącym do wyznaczania, z jaką wartością działa siła.
5. Siłę, która zastępuje działanie kilku innych sił działających na dane ciało, nazywamy wypadkową, natomiast poszczególne siły – składowymi.
6. Siła wypadkowa jest wektorową sumą sił składowych.
7. Jeśli siły działające na ciało się równoważą, to siła wypadkowa będąca ich sumą równa jest 0 N.
8. Dwie siły równoważą się, gdy działają wzdłuż tego samego kierunku, mają wspólny punkt przyłożenia (działają na to samo ciało), mają taką samą wartość (długość wektora), ale przeciwne zwroty.

Praca domowa

> **Polecenie 4.1**
>
> Siła wypadkowa dwóch sił znajdujących się na tej samej prostej i zwróconych w przeciwne strony jest równa 150 N, a większa ze składowych ma wartość 400 N. Oblicz wartość mniejszej siły i przedstaw graficznie opisaną sytuację.

> **Polecenie 4.2**
>
> Przedstaw na rysunku cztery siły o wartościach: 3, 6, 7 i 10 N przyłożone w jednym punkcie tego samego ciała. Siły działają wzdłuż jednej prostej i się równoważą.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 6

Zaznacz poprawne odpowiedzi.

- [ ] Siła ma tylko wartość. Kierunek i zwrot są zbędne do opisu siły.
- [ ] Siła jest wielkością wektorową, ponieważ do jej opisu potrzebne są cztery cechy: kierunek, zwrot, wartość oraz punkt przyłożenia.
- [ ] Jeżeli siły działają wzdłuż tego samego kierunku w przeciwne strony, to ich wypadkowa jest różnicą wartości tych sił.
- [ ] Jeżeli siły działają w tę samą stronę wzdłuż tego samego kierunku, to ich wypadkowa jest różnicą wartości tych sił.
- [ ] Siła jest miarą tylko oddziaływań grawitacyjnych i elektrycznych.
- [ ] Siła jest miarą dowolnego oddziaływania w przyrodzie.
- [ ] Siła jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał.
- [ ] Siła o wartości 1 N to siła, z jaką Ziemia przyciąga ciało o masie 1 kg.
- [ ] Siła wypadkowa to siła, która zastępuje kilka różnych sił działających na ciało.

Ćwiczenie 7

Które informacje są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Siły równoważą się, gdy zwrócone są w tę samą stronę.	◯	◯
Siły równoważą się, gdy ich siła wypadkowa ma wartość równą 0 N.	◯	◯
Siły mogą się równoważyć tylko wtedy, gdy przyłożone są do tego samego ciała.	◯	◯
Siła wypadkowa to siła, która zastępuje kilka różnych sił działających na ciało.	◯	◯

Słowniczek

> **siłomierz**
>
> – przyrząd służący do pomiaru wartości działającej siły.

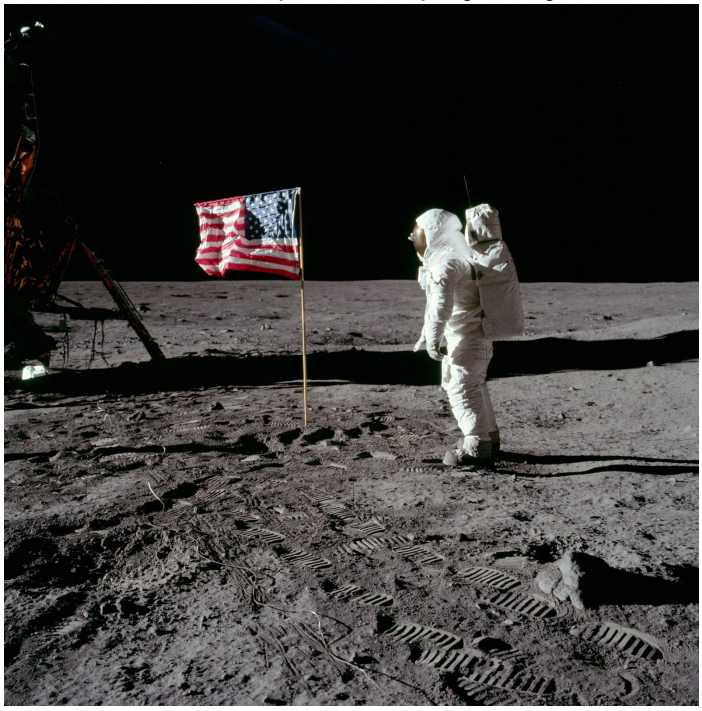
Izaak Newton

25.12.1642–20.03.1727

Angielski fizyk, matematyk, astronom, filozof, historyk, badacz Biblii i alchemik.
W słynnym dziele *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687 r.) przedstawił prawo powszechnego ciążenia, a także prawa ruchu, które stały się podstawą mechaniki klasycznej. Niezależnie od Gottfrieda Leibniza przyczynił się do rozwoju rachunku różniczkowego i całkowego.

Masa i ciężar ciała

Przed lotem w kosmos kosmonauta został postawiony na wadze – wskazywała ona 75 kg. A co by się stało, gdyby stanął na tej samej wadze, ale na powierzchni Księżyca lub Marsa (pomińmy kwestię skafandra)? Jakie będą wskazania tej samej wagi, jeśli postawimy na niej kosmonautę lecącego w statku kosmicznym i znajdującego się w stanie nieważkości? Jeżeli chcesz poznać odpowiedzi na te pytania, czytaj dalej.



Pierwsi ludzie, którzy wylądowali na Księżycu, mimo że ich skafandry i sprzęt badawczy miały dużą masę, mogli się bez problemu poruszać dzięki mniejszej niż działająca na Ziemi sile grawitacji

Już potrafisz

- podzielić wielkości fizyczne na wektorowe i skalarne;
- stwierdzić, że masa jest wielkością skalarną, mierzoną w kilogramach;
- stwierdzić, że siła jest wielkością wektorową, mierzoną w niutonach;
- rozpoznać oddziaływania grawitacyjne jako jeden z rodzajów oddziaływań występujących w przyrodzie;
- podać zależność siły oddziaływań grawitacyjnych od masy oddziałujących ciał.

Nauczysz się

- podawać definicje takich pojęć, jak „siła grawitacji” i „ciężar ciała”;
- obliczać ciężar ciała znajdującego się w pobliżu powierzchni Ziemi;
- odróżniać ciężar ciała od jego masy;
- podawać znaczenie pojęcia „stan nieważkości” i przykłady, w których taki stan występuje.

1. Ile ważysz?

W języku potocznym używamy często takich pojęć, jak „ciężar” i „masa”. Pytamy: Ile ważysz? Jakiej odpowiedzi się spodziewamy? Istnieje jeszcze pojęcie siły grawitacji. W języku fizyki każdy z tych trzech terminów oznacza co innego.

Czy takie rozróżnienie jest konieczne? Jeśli tak, to kiedy je stosujemy? Sprawdźmy najpierw, co mierzymy za pomocą wagi. Skoro typowa waga wyskalowana jest w kilogramach, a kilogram to jednostka masy – odpowiedź narzuca się więc sama: Wagi używamy do wyznaczania masy. Ale czy na pewno? Zacznijmy od prostego eksperymentu.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Zmiany wskazań wagi zależą od wielkości siły nacisku na jej szalkę

Na podłodze sprężynowa waga łazienkowa wyskalowana w kg. Obok demonstrator. Widać skalę wagi. Waga wskazuje 0 kg. Demonstrator wstępuje na szalkę wagi. Waga wskazuje masę 77 kg. Pomocnik demonstratora wręcza mu hantle do każdej dłoni. Waga pokazuje 83 kg. Demonstrator energicznie unosi ręce z hantlami nad głowę i tam je zatrzymuje. W czasie ruchu rąk wskazania wagi rosną. Gdy ręce są już w górze nieruchome wskazania wracają do poprzednich. Ta sama scena pokazana w zwolnionym tempie. Następnie demonstrator energicznie opuszcza ręcę z hantlami. Ta sama scena pokazana w zwolnionym tempie. Demonstrator trzymając hantle na wysokości barków rozprostowuje ręce w łokciach, tak by hantle poruszały się poziomo. Waga nie zmienia wskazań. Ta sama scena w zwolnionym tempie.

Jeśli możesz, powtórz doświadczenie pokazane na filmie.

Doświadczenie 1

Pomiar ciężaru człowieka.

Co będzie potrzebne

- waga łazienkowa – koniecznie sprężynowa (nie elektroniczna), czyli taka ze wskazówką (może uchowała się gdzieś na strychu albo u babci);
- dwa jednakowe ciężarki lub hantle.

Instrukcja

1. Trzymając hantle lub inne ciężarki w rękach opuszczonych wzdłuż ciała, stań nieruchomo na wypoziomowanej wadze i zanotuj (zapamiętaj) jej wskazanie.
2. Energicznie wyciągnij ręce z hantlami w górę. Obserwuj wskazania wagi podczas ruchu rąk.
3. Opuść ręce z ciężarkami. Obserwuj wskazania wagi podczas ruchu rąk.
4. Wyciągnij ręce w bok – ważne, aby ruch odbywał się w kierunku poziomym. Obserwuj wskazania wagi podczas ruchu rąk.

Podsumowanie

1. Mamy nadzieję, że udało ci się osiągnąć efekty podobne jak na filmie. Wprawy wymaga szczególnie punkt 4.
2. Wskazania wagi wzrosły, gdy ręce wędrowały do góry (w porównaniu ze wskazaniami punktu 1.).

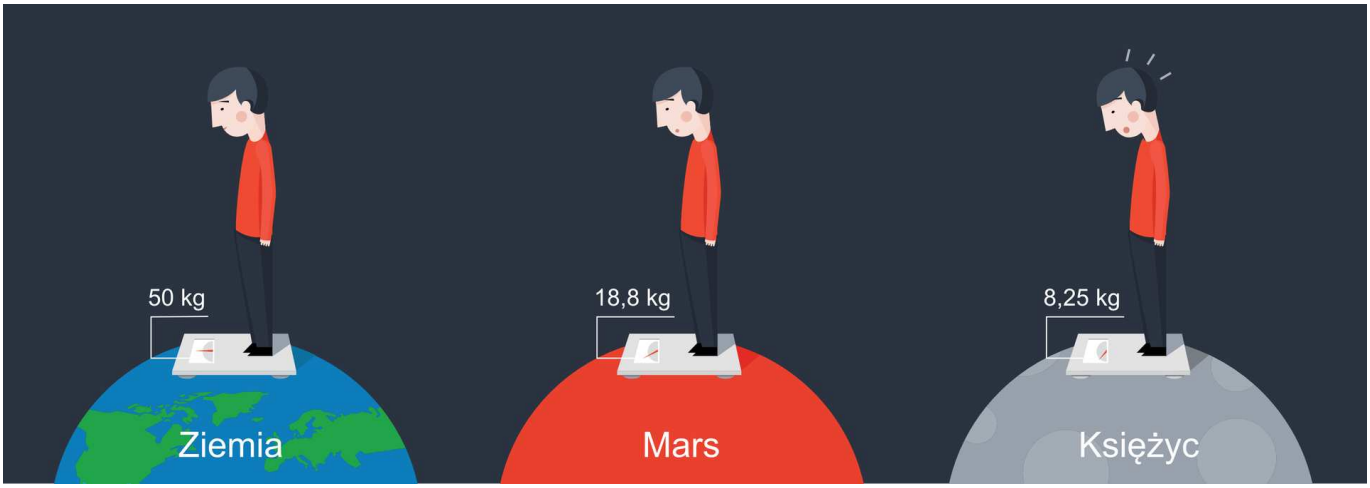
3. Wskazania wagi zmalały podczas ruchu rąk w dół (w porównaniu ze wskazaniami punktu 1.).

4. Podczas ruchu rąk w bok wskazania wagi były takie jak w punkcie 1.

Czy to oznacza, że masa człowieka trzymającego hantle zmieniała się podczas ruchu rąk? Dlaczego tylko ruch rąk w górę lub w dół powodował zmianę wskazań wagi?

2. Co wskazałaby domowa waga łazienkowa na Księżycu lub na Marsie?

I jeszcze jeden eksperyment – tym razem wyłącznie myślowy, ale za kilka lub kilkanaście lat...



Dlaczego użyta w doświadczeniu waga sprężynowa zmieniłaby swoje wskazania, gdy ten sam człowiek „przewędrował" na inne ciało niebieskie? Przecież masa człowieka (ilość tworzacej jego ciało materii) nie ulega zmianie. Co tak naprawdę zmierzyła waga?

Wagi sprężynowe nigdy nie mierzą bezpośrednio masy ciał. Aby dokładnie zrozumieć przebieg wykonanych doświadczeń (praktycznie lub teoretycznie) oprócz pojęcia masy musimy wprowadzić definicje kolejnych wielkości fizycznych.

Mówimy, że ciała mają ciężar. Czujemy to np. w sytuacji, gdy położymy jakiś przedmiot na wyciągniętej ręce. Nie zawsze potrafimy go utrzymać i czasem spada on na podłogę. To spadanie jest spowodowane siłą, z jaką Ziemia przyciąga każde ciało. Tę siłę nazywamy siłą grawitacji. Jeżeli przedmiot będzie przyciągany przez Ziemię większą siłą, to odczujemy jego większy ciężar.

Jak zmierzyć wartość tej siły, którą nazywamy ciężarem? Kładziemy dany przedmiot na wadze sprężynowej albo zawieszamy go na sprężynie siłomierza. Odkształcenie sprężyny wagi lub siłomierza będzie tym większe, im większy będzie ciężar tego przedmiotu.

> **siła grawitacji**
>
> – siła, jaką Ziemia (lub inna planeta) przyciąga każde ciało o dowolnej masie. Ma ona stały kierunek (nazywamy go pionowym) i zwrócona jest do środka planety (w dół).
> W odniesieniu do ciała umieszczonego na powierzchni planety wartość tej siły zależy zarówno od masy planety, jak i od masy ciała, a także od rozmiarów samej planety (jej promienia).
> **ciężar ciała (siła ciężkości)**
>
> – ciężar wynikający z obecności siły grawitacji. Mierzymy go przez pomiar siły nacisku na wagę lub pomiar wartości siły, z jaką dane ciało rozciąga sprężynę w siłomierzu.

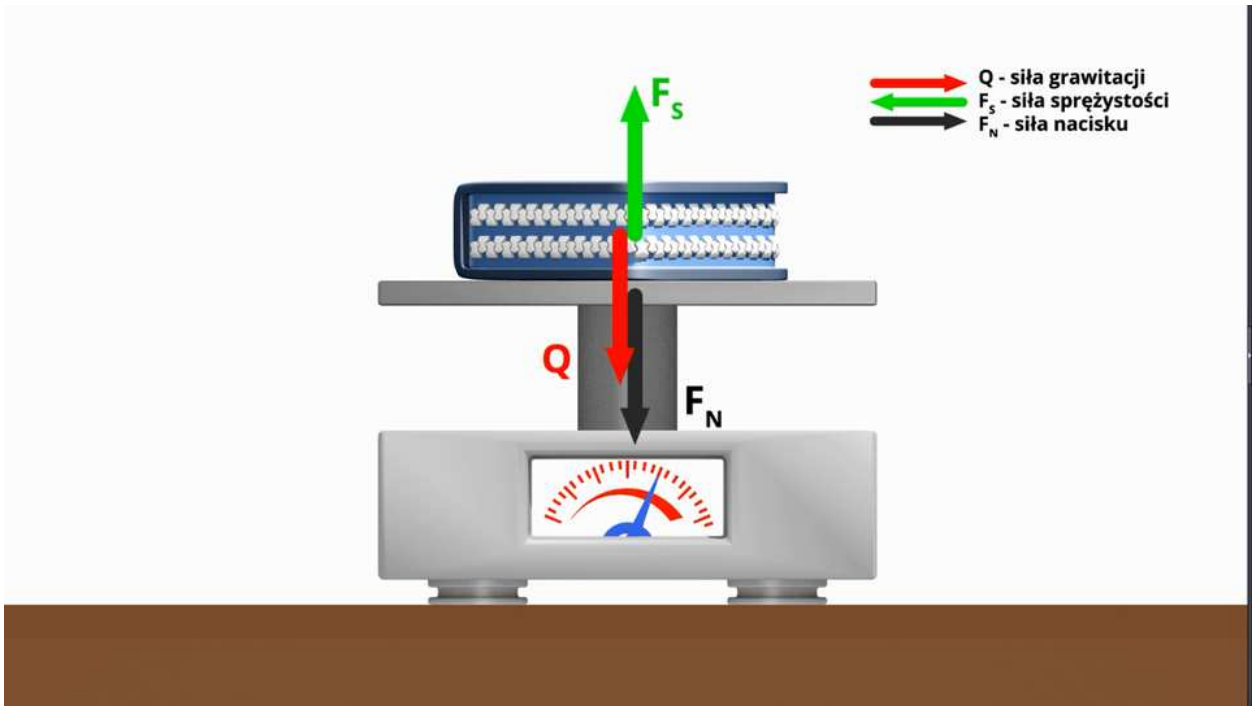
*Jaka jest różnica między siłą grawitacji a ciężarem ciała?

3. Co mierzy waga?

Wróćmy zatem do pytania powtarzającego się po każdym z naszych doświadczeń: co tak naprawdę mierzy waga?

Typowa waga kuchenna (elektroniczna lub sprężynowa), podobna do tej ukazanej na naszych zdjęciach i filmach, mierzy **siłę nacisku**, jaka wywierana jest na szalkę. Łatwo można się o tym przekonać: wystarczy nacisnąć szalkę palcem i zmienić siłę nacisku. Podczas ważenia ciała siła nacisku wywierana na szalkę wagi wynika z ciężaru tego ciała.

Zobacz na animacji, jak wyglądają relacje między tymi siłami, gdy waga jest wypoziomowana albo lekko przechylona:



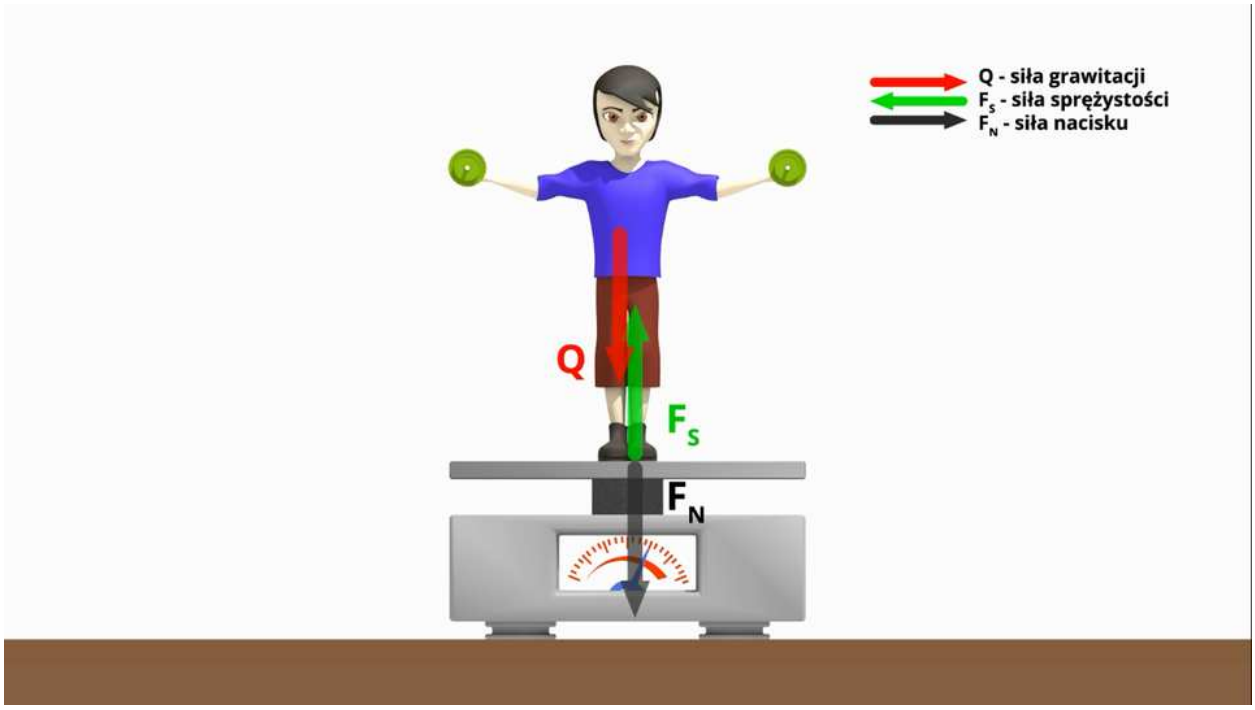
Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Siły działające na ważony piórnik

Siły działające na ważony piórnik

> **Zapamiętaj!**
>
> Prawidłowe ważenie (pomiar masy) wymaga wypoziomowania wagi.

A teraz przeanalizujmy, jakie siły działają na człowieka, którego ważyliśmy w doświadczeniu.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Siły działające na ważonego człowieka: siła grawitacji i siła sprężystości podłoża

> **Zapamiętaj!**
>
> Prawidłowe ważenie (wyznaczanie masy za pomocą pomiaru siły nacisku) wymaga, aby ważone ciało było nieruchome (ujmując to precyzyjniej, dozwolony jest tylko taki ruch, który nie zmienia nacisku na szalkę).

4. Stan nieważkości

W lekcji o ważeniu nie może zabraknąć informacji o **stanie nieważkości**. Co to znaczy, że ciało jest nieważkie (innymi słowy: nic nie waży)? Dzieje się tak, gdy ciało nie wywiera nacisku na podłoże. Aby lepiej to zrozumieć, odwołajmy się do eksperymentu – tym razem tylko na filmie.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Czy nieważkość jest możliwa tylko w kosmosie?

Demonstrator na filmie trzyma w rękach wagę kuchenną. Demonstratorem jest mężczyzna, ubrany w jasnoszarą koszulkę, czarną marynarkę i spodnie typu jeans. Mężczyzna ma ciemne włosy. Nosi okulary, ma brodę i wąsy. Waga ma wysokość około 15 centymetrów. Kolor niebieski, tarcza biała, wskazówka czarna. Na szalce położono książkę. Wskazówka przesuwa się w górę. Nie ma możliwości odczytania wyniku. W kolejnej scenie demonstrator dwoma rękoma trzyma książkę, którą po chwili upuszcza. W następnej scenie ponowie widać demonstratora trzymającego wagę. Na szalce wagi leży książka. Po chwili

upuszcza trzymane przedmioty. W zwolnionym tempie kamera skierowana jest tylko na wagę i książkę. Gdy demonstrator upuszcza przedmioty, wskazówka przesuwa się na początek skali. W ostatniej części filmu ukazano zdęcie kilku kosmonautów znajdujących się w stanie nieważkości. Kosmonauci na zdjęciu są w różnych pozycjach. Trzech z nich znajduje się „do góry nogami". Nie dotykają ścian pomieszczenia, w którym się znajdują. Swobodnie się w nim unoszą.

Teraz możemy już precyzyjnie zdefiniować stan nieważkości.

stan nieważkości

– stan, w którym nacisk wywierany przez dane ciało na podłoże jest równy zeru. Stan ten osiągają ciała spadające swobodnie pod wpływem siły grawitacji. Należy podkreślić, że zarówno masa ciała, jak i siła grawitacji działająca na to ciało są różne od zera.

Polecenie 1

Po przeanalizowaniu wyników tego doświadczenia odpowiedz na pytanie postawione we wstępie do tego modułu: jakie będzie wskazanie wagi, gdy stanie na niej kosmonauta znajdujący się w stanie nieważkości?

Ćwiczenie 1

Przeczytaj poniższe zdania i zaznacz, czy to prawda, czy fałsz.

	Prawda	Fałsz
Masa piłki jest taka sama na Ziemi jak i na Księżycu.	◯	◯
Ciężar piłki na Ziemi jest większy niż na Księżycu.	◯	◯
Masa piłki na Księżycu jest mniejsza niż na Ziemi.	◯	◯
Masa jest wielkością wektorową.	◯	◯
Masa kosmonauty w stanie nieważkości wynosi zero.	◯	◯
Kosmonauta jest w stanie nieważkości, bo siła grawitacji zmalała do zera.	◯	◯
Ciężar kosmonauty w stanie nieważkości jest równy zero.	◯	◯
Siła ciężkości jest zawsze równa sile grawitacji.	◯	◯

Zadania

Zapamiętaj!

- Waga mierzy siłę sprężystości związaną z odkształceniem elementu roboczego wagi (sprężyny lub specjalnej belki).
- Wartość siły sprężystości jest zawsze równa sile nacisku wywieranego na szalkę – siła ta jest równa ciężarowi.
- Jeśli chcemy, aby waga mierzyła ciężar, musimy spełnić następujące warunki:
    - szalka wagi musi być wypoziomowana (nacisk na szalkę musi być pionowy);
    - ważone ciało i waga muszą być nieruchome względem Ziemi (tzn. mogą poruszać się tylko tak, aby nie zmieniać nacisku wywieranego na szalkę).

Na poprzedniej lekcji nauczyłeś się mierzyć siły za pomocą siłomierza. Wróćmy do tego doświadczenia. Siłomierz mierzy siłę sprężystości sprężyny, ale siła ta równoważy siłę, jaką Ziemia przyciąga ciężarki wiszące na końcu siłomierza. Słowo „równoważy" oznacza, że siła sprężystości sprężyny ma taką samą wartość, jak siła grawitacji działająca na ciężarki. Innymi słowy: za pomocą siłomierza, na końcu którego zawieszono jakieś ciało, mierzymy jego ciężar.

Doświadczenie 2

Ustalenie związku między siłą ciężkości a masą ciała.

Co będzie potrzebne

- osiem odważników o masie 50 g każdy (można je zastąpić innym kompletem jednakowych odważników o znanej masie, np. 100 g) mających haczyki do podwieszania;
- siłomierz o zakresie 5 N (zakres siłomierza należy dobrać do liczby i masy odważników: np. do stugramowych potrzebny będzie zakres 10 N);
- statyw.

Instrukcja

1. Zamocuj siłomierz na statywie.
2. Zawieś jeden odważnik na siłomierzu, odczytaj wskazanie tego przyrządu i zanotuj wynik w tabeli pomiarów (siłę zapisz w czwartej kolumnie, a masę – w drugiej).
3. Dołóż kolejny odważnik, odczytaj wskazanie siłomierza i zanotuj wynik.
4. Czynność z pkt. 3. powtarzaj do momentu, aż wszystkie odważniki zawisną na siłomierzu.
5. Oblicz masę odważników w kilogramach, a wyniki zapisz w trzeciej kolumnie.
6. Oblicz iloraz siły i masy odważników wyrażonej w kilogramach Q/m [N/kg]. Wyniki zaokrąglij do liczby całkowitej i zapisz je w czwartej kolumnie.

Wyniki pomiarów

$Lp.$	m [g]	m[kg]	Q [N]	$\frac{Q}{m}\left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}\right]$
1.				

2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				

Podsumowanie

1. Jeśli prawidłowo wykonałeś pomiary, a wyniki zaokrągliłeś do pełnych jednostek, to w ostatniej kolumnie tabeli we wszystkich wierszach otrzymałeś 10 N/kg.

2. Oznacza to, że ciężar ciała jest wprost proporcjonalny do jego masy. Innymi słowy: jeśli masa ciała jest dwa razy większa, to ciężar ciała też jest dwa razy większy.

3. Jeśli znamy masę ciała, możemy obliczyć jego ciężar. Wystarczy, że wykorzystamy wzór:

   $$\text{ciężar ciała} = 10\frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{masa}$$

   $$Q = 10\frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot m$$

   I odwrotnie: jeśli znamy ciężar ciała Q, możemy obliczyć jego masę:

   $$\text{masa} = \frac{\text{ciężar ciała}}{10\frac{\text{N}}{\text{kg}}}$$

   $$m = \frac{Q}{10\frac{\text{N}}{\text{kg}}}$$

   Uzyskany wynik 10 N/kg (pamiętaj, że to tylko przybliżona wartość) jest wielkością charakteryzującą oddziaływanie grawitacyjne Ziemi na ciała znajdujące się w pobliżu jej powierzchni. Nosi nazwę**przyspieszenia ziemskiego**i oznaczana jest literą g. Zatem wzór na siłę ciężkości możemy zapisać w ogólniejszej formie:

   $$\text{ciężar } = \text{masa} \cdot \text{przyspieszenie ziemskie}$$

$$Q = m \cdot g$$

Teraz możemy wyjaśnić wyniki doświadczenia. Wskazania tej samej wagi w przypadku tego samego człowieka były różne na różnych planetach, ponieważ na każdej z nich jest inna siła grawitacji. Ciało o tej samej masie przeniesione na Marsa jest słabiej przyciągane przez tę planetę niż przez Ziemię, a jeszcze słabiej, jeśli znajdzie się ono na powierzchni Księżyca. Innymi słowy: przyspieszenie grawitacyjne „marsjańskie" jest mniejsze niż ziemskie, ale większe niż „księżycowe".

Wyniki ostatniego doświadczenia wykorzystuje się do obliczeń. Zacznijmy od przykładów.

Przykład 1

Oblicz ciężar plecaka o masie $15{,}5\ \text{kg}$.

Rozwiązanie

Dane:
$m = 15{,}5\ \text{kg}$

$g = 10\frac{\text{N}}{\text{kg}}$

Szukane:
Q = ?

Siłę tę obliczymy za pomocą wzoru (zakładamy, że plecak znajduje się w pobliżu powierzchni Ziemi):

$Q = m \cdot g$

$Q = 10\frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 15{,}5\ \text{kg} = 155\ \text{N}$

Odpowiedź: Ciężar plecaka jest równy $155\ \text{N}$.

Przykład 2

Kiedy na siłomierzu zawieszono torebkę cukierków, wskazał on $2{,}5\ \text{N}$. Oblicz masę torebki z cukierkami. Wynik podaj w kilogramach i dekagramach.

Rozwiązanie:

Dane:
$Q = 2{,}5\ \text{N}$

$g = 10\frac{\text{N}}{\text{kg}}$

Szukane:
$m = ?$

Do obliczenia masy skorzystamy z zależności:

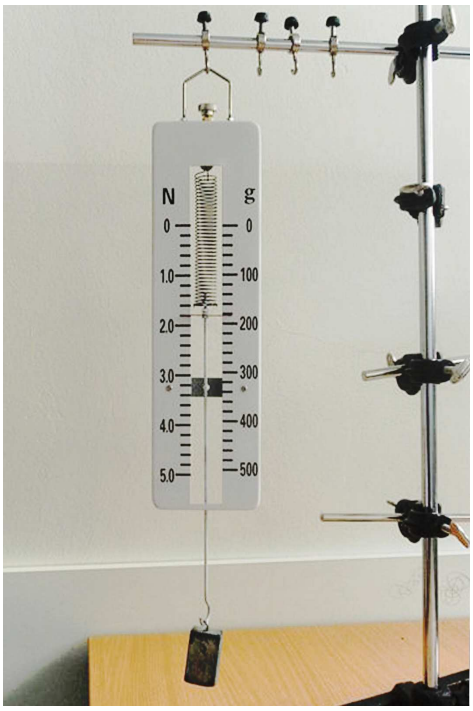
$$m = \frac{Q}{g} = \frac{Q}{10\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}}$$

$$m = \frac{2{,}5\ \mathrm{N}}{10\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}} = 0{,}25\ \mathrm{kg} = 25\ \mathrm{dag}$$

Odpowiedź: Masa cukierków wraz z torebką wynosiła (ćwierć kilograma), czyli 25 dekagramów.

Ten prosty związek między masą a siłą ciężkości pozwala na to, aby i siłomierz i waga wskazywały wyniki pomiarów zarówno w kilogramach (gramach), jak i w niutonach. I tak jest w praktyce: wskazania wagi elektronicznej można łatwo przeprogramować na niutony, a wiele siłomierzy ma skalę również w kilogramach lub w gramach, tak jak to pokazano na kolejnych zdjęciach.

Waga może być wyskalowana w niutonach



Siłomierz może być wyskalowany w kilogramach lub gramach. Zwróć uwagę, że skale w jednostkach masy i siły są nieznacznie przesunięte, gdyż wartość przyspieszenia ziemskiego nie wynosi dokładnie 10 N/kg.

> **Polecenie 2**
>
> Ciężar pojazdu kosmicznego umieszczonego na powierzchni Merkurego jest mniejszy niż na Ziemi. Co to oznacza? Gdy będziesz formułował odpowiedź, użyj pojęć: masa, siła ciężkości, oddziaływanie grawitacyjne.

> **Polecenie 3**
>
> Jakie warunki muszą być spełnione, aby wskazania wagi dały prawidłowy pomiar masy?

Podsumowanie

- Zbierzmy informacje o masie, sile grawitacji i ciężarze ciała.

Zestawienie informacji o masie, sile grawitacji i ciężarze ciał

	Masa	**Siła grawitacji (siła ciążenia)**	**Ciężar (siła ciężkości)**

znaczenie	ilość materii zawartej w ciele fizycznym	siła, z jaką Ziemia (lub inna planeta) przyciąga ciało fizyczne	wielkość wynikająca z przyciągania grawitacyjnego, mierzona jako siła nacisku ciała na podłoże lub jako siła rozciągająca sprężynę
od czego zależy wartość	jest cechą ciała	zależy od wielkości planety (jej masy i promienia) oraz masy ciała	zależy od warunków pomiaru
jednostka	kilogram [kg]	niuton [N]	niuton [N]
typ wielkości fizycznej	wielkość skalarna – to znaczy, że ma wartość liczbową wyrażoną w odpowiednich jednostkach	wielkość wektorowa – to znaczy, że ma kierunek i zwrot (pionowo w dół) oraz wartość liczbową wyrażoną w odpowiednich jednostkach	wielkość wektorowa – to znaczy, że ma kierunek i zwrot (pionowo w dół) oraz wartość liczbową wyrażoną w odpowiednich jednostkach

Uwaga: ze względu na ruch wirowy Ziemi ciężar ciała i siła grawitacji różnią się nieznacznie kierunkami.

- Związek między ciężarem a masą ciała można zapisać wzorem:
  ciężar $=$ masa $\cdot$ przyspieszenie ziemskie
  $Q = m \cdot g$

Oczywiście, pomiar musi być jest wykonywany na nieruchomej wadze ustawionej poziomo.

- Przyspieszenie ziemskie ma blisko powierzchni Ziemi wartość około $10\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$. Na innych planetach jego wartość jest inna.

> **Praca domowa**

Polecenie 4.1

Oblicz siłę, jaką Ziemia przyciąga piłeczkę tenisową o masie 2,5 g.

> **Wskazówka**
>
> Pamiętaj o zamianie jednostek masy na kilogramy.

Polecenie 4.2

Samochód ciężarowy stoi na wadze w punkcie ważenia pojazdów. Kontroler odczytał wynik – 200 kN (kiloniutonów). Oblicz masę kontrolowanej ciężarówki. Podaj wynik w kilogramach i tonach.

> **Wskazówka**
>
> Przypomnij sobie, co oznacza przedrostek „kilo”.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Rodzaje oddziaływań i ich skutki. Wzajemność oddziaływań
- Siła jako miara oddziaływań. Równowaga sił. Siła wypadkowa. Wyznaczanie siły wypadkowej
- Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności

Słowniczek

przyspieszenie ziemskie

– wielkość charakteryzująca oddziaływanie grawitacyjne Ziemi (jej wartość w przybliżeniu wynosi 10 N/kg) z ciałami znajdującymi się w pobliżu jej powierzchni. Jest oznaczana literą g.

siła nacisku

– siła, jaką ciało wywiera nacisk na podłoże. Jest zawsze skierowana prostopadle do powierzchni, na której spoczywa ciało. Jeśli ta powierzchnia jest pozioma, to siła nacisku równa jest ciężarowi ciała.

siła sprężystości podłoża

– siła reakcji podłoża na nacisk ciała.

Podsumowanie wiadomości wstępnych

W tym dziale zdefiniowaliśmy pojęcia takie jak: ciało fizyczne, substancja, wielkość fizyczna, zjawisko fizyczne. Napisaliśmy o roli pomiaru w naukowym poznawaniu świata i zasadach prawidłowego pomiaru podstawowych wielkości fizycznych. Wymieniliśmy typy i rodzaje oddziaływań występujących w przyrodzie oraz pokazaliśmy, jak dostrzegać i klasyfikować ich skutki. Wprowadziliśmy pojęcie siły, która jest miarą oddziaływań i wielkością wektorową. Zwróciliśmy uwagę na rozróżnianie takich pojęć, jak ciężar, masa oraz siła grawitacji, które w języku potocznym są często utożsamiane.

Fizyka zajmuje się badaniem właściwości i przemian materii oraz energii, a także zachodzących między nimi oddziaływań – jej poznanie to sposób na zrozumienie świata oraz sił natury

1. Czym zajmuje się fizyka

Przedmiotem badań fizyki są **ciała fizyczne**. Terminem tym określamy wszystkie obiekty materialne należące zarówno do świata przyrody nieożywionej, jak i ożywionej, których właściwości oraz zachowania są analizowane. Ciałami fizycznymi są m.in. samochód, mucha, sztangista, piłka tenisowa, Słońce, jabłko i ziarnko piasku. Ciała fizyczne zawsze są z czegoś zbudowane, a ten budulec nazywamy **substancją**. Przykładami substancji są: woda, papier, stal, drewno, złoto. Podstawową czynnością w naukowym badaniu świata jest pomiar. Polega on na porównaniu mierzonej wielkości z wzorcem, zwanym jednostką tej wielkości.

Zarówno ciała fizyczne, jak i substancje podlegają określonym procesom – coś się z nimi dzieje, zachodzi jakaś zmiana. Procesy te nazywamy **zjawiskami fizycznymi**. . Są nimi m.in. wrzenie wody, ruch, przepływ prądu elektrycznego, powstawanie tęczy, osiadanie rosy, zachód słońca, pływanie, emisja fal. Cechy ciał fizycznych, substancji i zjawisk fizycznych, które możemy zmierzyć, nazywamy **wielkościami fizycznymi**. Należą do nich: masa, ciężar, prędkość, siła, natężenie prądu elektrycznego.

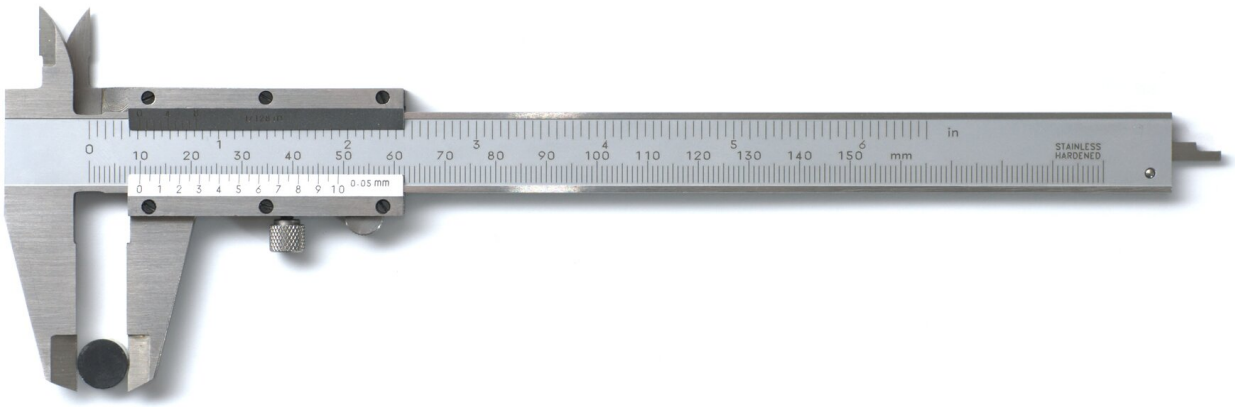
Podsumujmy: fizyka zajmuje się badaniem ciał i zjawisk fizycznych, które opisuje za pomocą wielkości fizycznych.

2. Podstawowe wielkości fizyczne

Wybrane podstawowe wielkości fizyczne oraz przyrządy do mierzenia ich wartości to:

- czas – jednostka: sekunda; przyrząd pomiarowy: zegar lub stoper;
- długość – jednostka: metr; przyrządy pomiarowe: linijka, suwmiarka, dalmierz;
- masa – jednostka: kilogram; przyrząd pomiarowy: waga;
- temperatura – jednostka: kelwin lub stopień Celsjusza (w niektórych krajach także stopień Fahrenheita); przyrząd pomiarowy: termometr.

3. Niepewność pomiaru

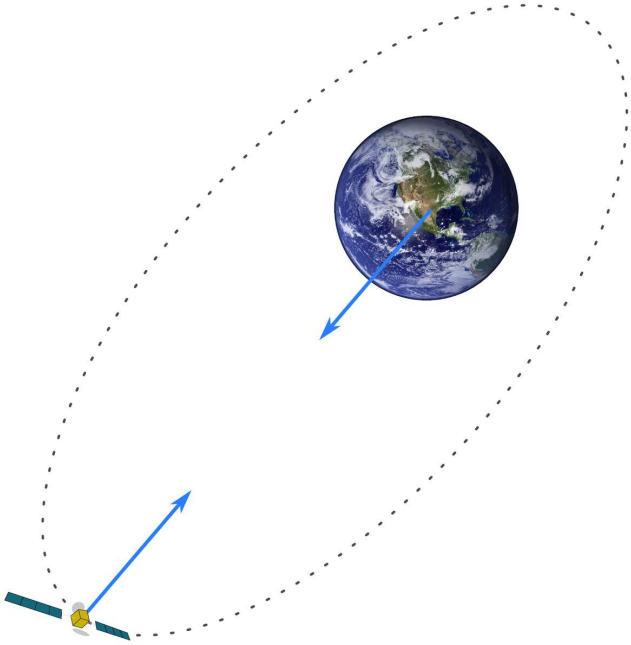


Każdy pomiar jest obarczony niepewnością pomiarową. Wartością najbardziej zbliżoną do rzeczywistej wartości mierzonej wielkości jest średnia arytmetyczna wyników pomiarów. Niepewność pomiaru może wynikać z:

- właściwości badanego ciała fizycznego;
- dokładności użytych przyrządów pomiarowych;
- cech eksperymentatora.

Niepewność pomiarowa nie świadczy źle o eksperymentatorze, sprzęcie pomiarowym czy metodzie pomiaru. Osoba przeprowadzająca doświadczenie powinna jednak uwzględniać niepewność pomiaru i umieć ją oszacować.

4. Oddziaływania na odległość



Oddziaływania na odległość zachodzą wtedy, gdy ciała się nie stykają, są od siebie oddalone, a jednak wzajemnie oddziałują na siebie. Są to oddziaływania: grawitacyjne, elektryczne, magnetyczne i jądrowe.

Oddziaływania grawitacyjne, elektryczne i magnetyczne mają daleki zasięg, ponieważ ich skutki są odczuwalne nawet przy znacznych odległościach. Natomiast oddziaływania jądrowe (które w fizyce dzieli się dodatkowo na silne i słabe) cechuje krótki zasięg. A nawet bardzo krótki, ponieważ – jak sama nazwa wskazuje – dotyczą cząstek elementarnych we wnętrzach pojedynczych atomów.

5. Oddziaływania elektryczne

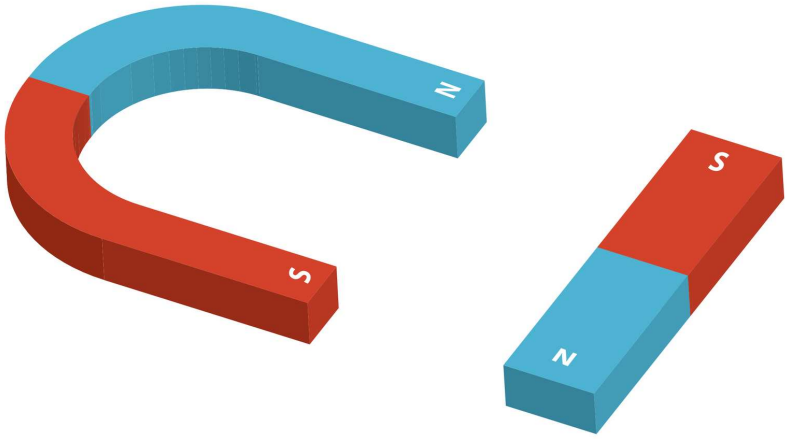
Oddziaływania **elektryczne** są skutkiem wzajemnych oddziaływań ciał posiadających ładunki elektryczne. Istnieją dwa rodzaje ładunków: dodatnie i ujemne.

Ładunki tego samego znaku nazywamy ładunkami jednoimiennymi, natomiast ładunki różnych znaków – różnoimiennymi.
Ładunki jednoimienne (np. dwa dodatnie lub dwa ujemne) się odpychają, a ładunki różnoimienne (np. jeden dodatni, a drugi ujemny) się przyciągają.

6. Oddziaływania grawitacyjne

Oddziaływania grawitacyjne polegają na tym, że każde ciało posiadające masę oddziałuje na inne – im większa jest ich masa, tym oddziaływanie jest silniejsze. Ciała oddziałujące grawitacyjnie zawsze się przyciągają. Ziemia, podobnie jak inne ciała niebieskie, przyciąga wszystkie ciała znajdujące się w jej otoczeniu.

7. Oddziaływania magnetyczne

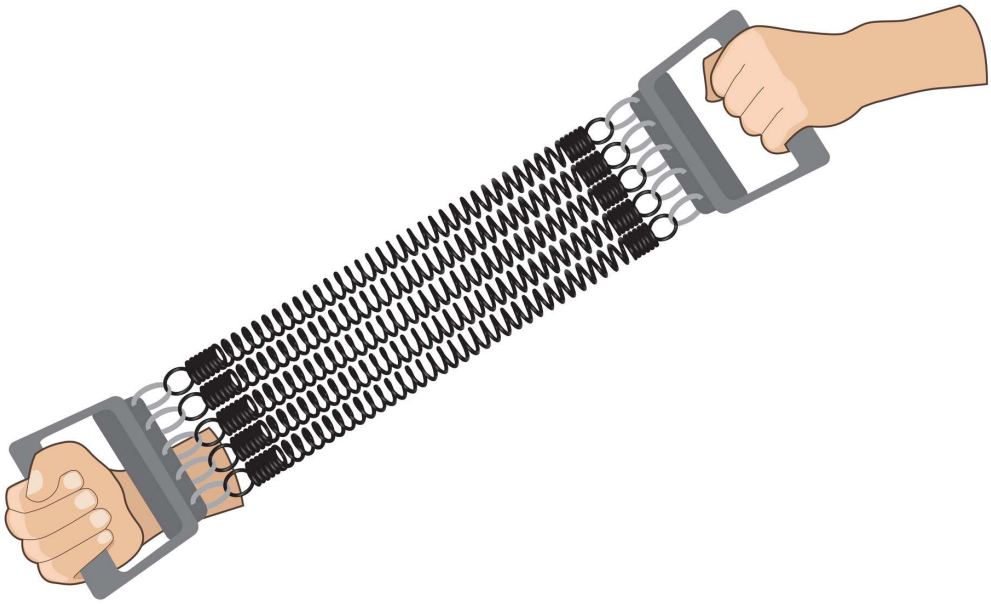


Oddziaływania **magnetyczne** to przyciąganie lub odpychanie się ciał mających właściwości magnetyczne.

Każdy magnes ma dwa bieguny: północny – oznaczany literą N (od ang. *north* – północ) i południowy – oznaczany literą S (od ang. *south* – południe). Magnetyczny biegun północny jest zbieżny z geograficznym kierunkiem północnym na Ziemi, wskazywanym przez igłę kompasu. Bieguny jednoimienne (dwa północne lub dwa południowe) się odpychają, a różnoimienne (północny i południowy) – przyciągają.

Magnesy przyciągają przedmioty, w skład których wchodzi żelazo. Właściwości magnetyczne oprócz żelaza mają również pierwiastki takie jak kobalt (Co) i nikiel (Ni), a także niektóre stopy.

8. Oddziaływania bezpośrednie



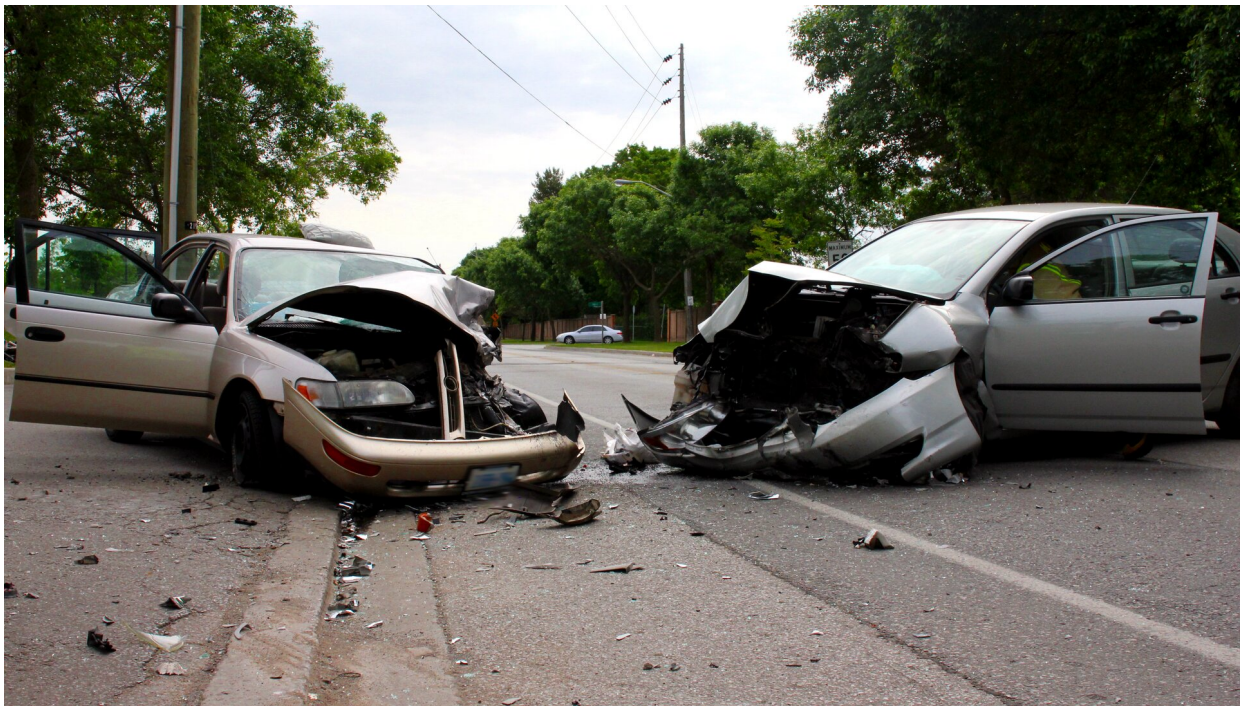
Oddziaływania **bezpośrednie** wymagają bezpośredniego kontaktu ciał oddziałujących ze sobą. Do takich oddziaływań należą: pchanie, ciągnięcie, podnoszenie, zginanie, skręcanie, rozrywanie, rozciąganie, ściskanie i zgniatanie.

Jeżeli ciało wykazuje właściwość zwaną sprężystością, to po ustąpieniu działania siły zewnętrznej, która spowodowała odkształcenie tego ciała, może ono powrócić do swojego pierwotnego kształtu lub pierwotnej objętości. Siły, które są za to odpowiedzialne, nazywamy siłami sprężystości, a oddziaływania – **sprężystymi**. Każde ciało sprężyste ma cechę nazywaną granicą sprężystośc. Po przekroczeniu tej granicy deformacje dokonywane przyłożoną siłą stają się nieodwracalne (ciało np. pęka, łamie się lub wygina na stałe). Granica sprężystości jest zależna od wielu czynników, m.in. rodzaju materiału, z którego wykonane jest ciało, jego kształtu i czynników zewnętrznych.

9. Wzajemność oddziaływań

Wszystkie oddziaływania występujące w przyrodzie są zawsze wzajemne, tzn. gdy jedno ciało oddziałuje na drugie, to drugie oddziałuje na pierwsze. Różne mogą być natomiast efekty takiego oddziaływania. Na zdjęciu powyżej każdy balonik odpycha pozostałe i jest przez nie odpychany.

10. Skutki oddziaływań



Skutki oddziaływań dzielimy na dwie grupy:

- skutki statyczne – np. zgniecenie, złamanie, rozciągnięcie, rozkruszenie, zgięcie;
- skutki dynamiczne – np. zwiększanie prędkości, hamowanie, skręcanie (zmiana kierunku ruchu).

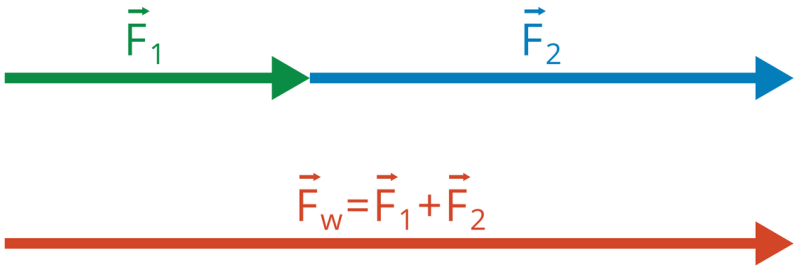
11. Siła – wektorowa wielkość fizyczna

Siła to wielkość fizyczna, która jest miarą wzajemnego oddziaływania ciał. Siłę oznaczamy ją symbolem $\vec{F}$, a jej jednostką jest niuton (symbol N). Siła jest wielkością wektorową, czyli ma wartość, kierunek, zwrot i punkt przyłożenia. Przyrządem służącym do pomiaru siły jest siłomierz.

12. Siła wypadkowa i siła równoważąca

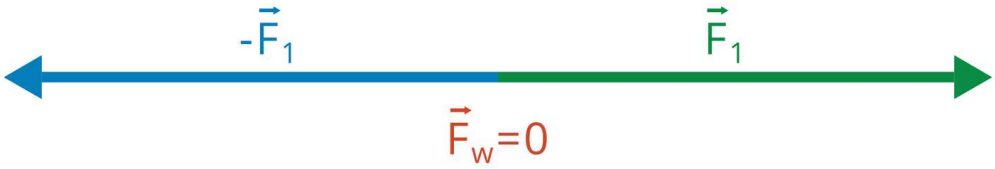
Siłę, która powoduje ten sam skutek co działanie kilku innych sił, nazywamy **siłą wypadkową**, a poszczególne siły – siłami składowymi.
Siła wypadkowa jest wektorową sumą sił składowych.

Gdy wszystkie siły składowe mają takie same kierunki i zwroty, dodawanie sił w celu obliczenia wypadkowej sprowadza się do prostego działania arytmetycznego, czyli dodania poszczególnych wartości. Kierunek i zwrot siły wypadkowej pozostają takie same.

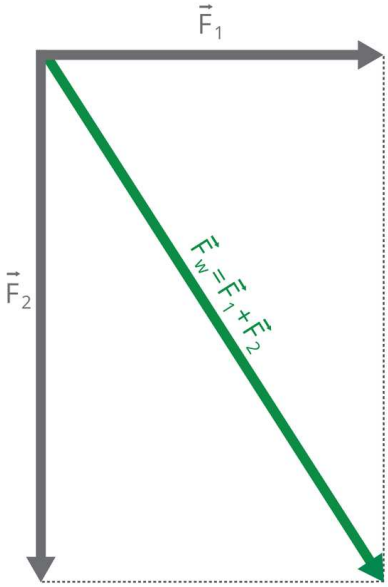


Dodawanie do siebie wektorów sił o takich samych kierunkach, lecz przeciwnych zwrotach jest tak naprawdę odejmowaniem wartości siły mniejszej od wartości siły większej. Siła wypadkowa zachowuje kierunek i zwrot siły większej.

Jeśli siły działające na ciało się równoważą, to siła wypadkowa równa jest 0 N.
Aby dwie siły mogły się równoważyć, muszą działać wzdłuż tego samego kierunku, mieć wspólny punkt przyłożenia (działać na to samo ciało), taką samą wartość (długość wektora), ale przeciwne zwroty.



Na lekcjach matematyki poznasz (lub być może już poznałeś) różne metody dodawania wektorów, przydatne podczas wykonywania zadań z zakresu fizyki sił. Metoda równoległoboku jest przydatna zwłaszcza w wyznaczaniu siły wypadkowej działającej na dane ciało.



13. Masa a siła ciężkości

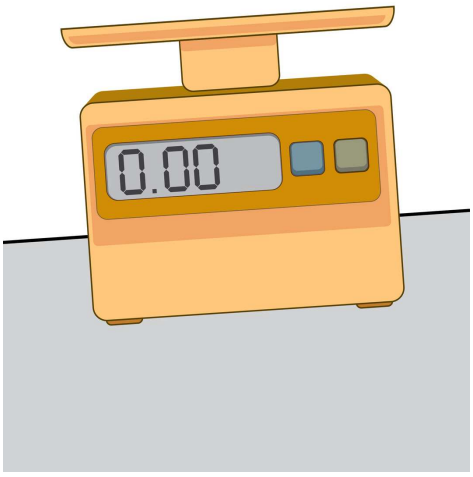
Aby wyznaczyć ciężar lub siłę ciężkości ciała, musimy określić wartość nacisku ciała na podłoże lub np. zmierzyć siłę rozciągającą sprężynę w siłomierzu. Istnienie ciężaru wynika głównie z obecności siły grawitacji. W języku potocznym pojęcia „ciężar” i „masa” często stosuje się wymiennie, jednak nie są one tożsame.

$$\text{siła ciężkości} = \text{masa} \cdot \text{przyspieszenie ziemskie}$$

$$Q = m \cdot g$$

Przyspieszenie ziemskie ma wartość około $10 \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$.

14. Warunki prawidłowego ważenia



Prawidłowe ważenie wymaga spełnienia następujących warunków:

- szalka wagi powinna być wypoziomowana (a nacisk na szalkę – pionowy);
- ważone ciało i waga muszą być nieruchome względem Ziemi (tzn. mogą poruszać się tylko tak, aby nie uległ zmianie nacisk na szalkę).

Te warunki sprawiają, że dokonywanie pomiarów wagi np. w jadącej windzie może dać nam błędne wyniki.

15. Wielokrotności i podwielokrotności

Przedrostki jednostek miar pozwalają uprościć zapis. Często bezwiednie stosujemy je w codziennym życiu. Przykładowo: słowo „kilogram” składa się z przedrostka „kilo-”, oznaczającego wielokrotność – tysiąc, i słowa „gram”, a zatem oznacza tysiąc gramów. „Milimetr” składa się z przedrostka „mili-”, oznaczającego podwielokrotność – jedną tysięczną, i słowa „metr”, a zatem oznacza 0,001 metra. W dziesiętnym systemie liczbowym wszystkie wielokrotności i podwielokrotności mają za podstawę liczbę 10.

Wybrane wielokrotności i podwielokrotności jednostek podstawowych

kilo	k	1000	$= 10^3$
hekto	h	100	$= 10^2$
deka	da	10	$= 10^1$
decy	d	0,1	$= 10^{-1}$
centy	c	0,01	$= 10^{-2}$
mili	m	0,001	$= 10^{-3}$

16. Zadania

Polecenie 1

Oblicz największą i najmniejszą wartość wypadkowej dwóch sił o wartościach 5 i 7 N.

Polecenie 2

Podaj trzy przykłady ciał fizycznych. Podaj nazwy substancji, z których ciała te są zbudowane te ciała, oraz wymień wielkości fizyczne cechujące te ciała. Odpowiedzi zapisz w tabeli.

Tabela do polecenia 2.

Ciało fizyczne	**Substancja**	**Wielkość fizyczna**
samolocik	*papier*	*długość*

Polecenie 3

W gnieździe stoi bocian o masie 4,3 kg. Oblicz jego ciężar.

Polecenie 4

Ślusarz mierzył średnicę kulki potrzebnej do łożyska. Pomiar wykonał za pomocą śruby mikrometrycznej (mikromierza), której najmniejsza działka wynosiła 0,02 mm. Powtórzył go pięć razy i otrzymał następujące wyniki: 5,12 mm; 5,10 mm; 5,14 mm; 5,08 mm; 5,10 mm. Oblicz wartość najbardziej zbliżoną do rzeczywistej średnicy kulki. Wynik obliczeń zaokrąglij do dwóch miejsc po przecinku.

Polecenie 5

W instrukcji obsługi podestu używanego na rusztowaniach budowlanych napisano: „udźwig – 2,5 kN". Oblicz maksymalną masę cegieł, narzędzi i innych materiałów, jaką murarz może zabrać na ten podest, aby bezpiecznie wykonać swoją pracę. Murarz ma masę 80 kg.

Polecenie 6

Wyobraź sobie, że na pewnej planecie wykonano doświadczenie z lekcji „Masa i ciężar ciała”. Wyniki tego doświadczenia zapisano w tabeli:

Wyniki pomiarów

Lp.	**m [g]**	**m [kg]**	**Q [N]**	$\frac{Q}{m}\left[\frac{\mathrm{N}}{kg}\right]$
1.	20	0,02	0,08	
2.	40	0,04	0,16	
3.	60	0,06	0,23	
4.	80	0,08	0,33	
5.	120	0,12	0,49	

Wyznacz wartość odpowiednika przyspieszenia ziemskiego na tej planecie (podczas obliczeń wykorzystaj wzór na ciężar ciała znajdującego się na powierzchni Ziemi). Zapisz właściwy wzór opisujący związek między masą ciała a siłą ciężkości.

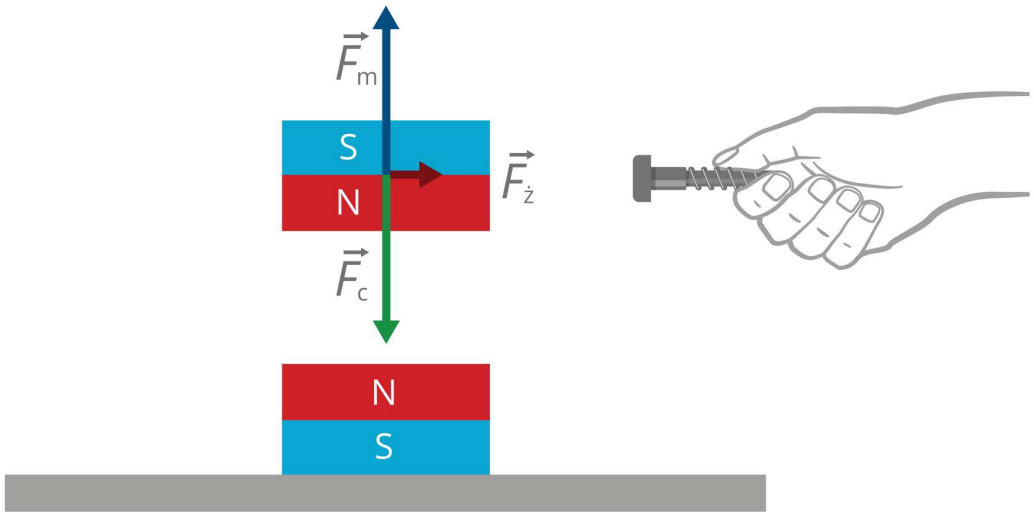
Polecenie 7

* Masę kamieni szlachetnych i pereł podaje się w karatach metrycznych (ct; 1 ct = równy 0,2 g). Największy z dotychczas znalezionych diamentów (noszący nazwę Cullinan) miał masę 3106 ct. Wykonano z niego 105 brylantów, ale przy obróbce stracono aż 65% pierwotnej masy kamienia.
Ile gramów i ile karatów mają łącznie brylanty wykonane z Cullinana? Zapisz obliczenia.

Polecenie 8

Na unoszący się magnes (patrz rysunek) działają trzy siły:

1. siła ciężkości o wartości 0,5 N;
2. siła magnetycznego odpychania przez drugi magnes (też o wartości 0,5 N) leżący na stole;
3. skierowana poziomo siła o wartości 0,1 N; jest to siła przyciągania ze strony kawałka żelaza.



F_c= 0,5 N–siła ciężkości (ciężar)
F_m= 0,5 N–siła odpychania magnetycznego
$F_ż$= 0,1 N–siła przyciągania przez kawałek żelaza

Aby magnes pozostał w równowadze, trzeba przyłożyć do niego pewną siłę. Zapisz cechy tej siły – podaj jej wartość, kierunek i zwrot. Uzasadnij swoją odpowiedź.

Polecenie 9

Na cienkiej tafli lodu stoi człowiek o masie 50 kg. Wiadomo, że tafla pęknie, jeśli będzie działała na nią siła o wartości 501 N. Wybierz z listy te gesty człowieka, które mogą zwiększyć niebezpieczeństwo pęknięcia lodu: gwałtowne podnoszenie rąk do góry, kucnięcie, gwałtowne wyciąganie rąk do przodu, podskoki. Uzasadnij każdy swój wybór.

Test

Ćwiczenie 1

Sześć lekcji po 45 minut każda – ile to godzin, a ile sekund?

- ◯ 4,5 h czyli 1620 s
- ◯ 4,5 h czyli 16 200 s
- ◯ 6 h czyli 270 s
- ◯ 6 h czyli 16 200 s
- ◯ 4,5 h czyli 270 s

Ćwiczenie 2

8 251 m – ile to kilometrów, a ile centymetrów?

- ◯ 82,51 km czyli 825 100 cm
- ◯ 8,251 km czyli 8 251 000 cm
- ◯ 8,251 km czyli 825 100 cm
- ◯ 0,8251 km czyli 82,51 cm
- ◯ 82,51 km czyli 82 510 cm

Ćwiczenie 3

$836\mu g$ – ile to gramów, a ile dekagramów?

- ◯ 0,836 g czyli 8,36 dag
- ◯ 0,00836 g czyli 0,000836 dag
- ◯ 0,00836 g czyli 0,0836 dag
- ◯ 0,000836 g czyli 0,0000836 dag
- ◯ 0,000836 g czyli 0,836 dag

Ćwiczenie 4

Przelicz stopnie Celsjusza na kelwiny dla następujących trzech wartości temperatury: -173C_o; 0C_o; 30C_o.

- ◯ -100 K; -273 K; -303 K
- ◯ 200 K; 373 K; 403 K
- ◯ 373 K; 273 K; 303 K
- ◯ 100 K; 273 K; 233 K
- ◯ 100 K; 273 K; 303 K

Ćwiczenie 5

Ciałem fizycznym nie jest:

- ◯ muzyk.
- ◯ gwiazda.
- ◯ dźwięk.
- ◯ bakteria.
- ◯ głośnik.
- ◯ rower.

Ćwiczenie 6

Które z wymienionych tu oddziaływań wymaga bezpośredniego kontaktu?

- ◯ Oddziaływanie magnetyczne.
- ◯ Oddziaływanie sprężyste.
- ◯ Oddziaływanie jądrowe.
- ◯ Oddziaływanie grawitacyjne.
- ◯ Oddziaływanie elektryczne.

Ćwiczenie 7

Które z opisanych tu zdarzeń **nie jest** statycznym skutkiem oddziaływań?

- ◯ Stłuczenie szyby.
- ◯ Podarcie kartki papieru.
- ◯ Rozszerzenie balonika po jego nadmuchaniu.
- ◯ Skręcanie podczas jazdy rowerem
- ◯ Ukształtowanie figurki z plasteliny.

Ćwiczenie 8

Orzech, który oderwał się od gałęzi drzewa, spada na Ziemię, ponieważ:

- powietrze jest lżejsze od orzecha.
- orzech i Ziemia przyciągają się wzajemnie.
- orzech odbija się od powietrza.
- orzech jest cięższy od powietrza.
- powietrze spycha orzech do dołu.

Ćwiczenie 9

Jeżeli będziemy czesać świeżo umyte, suche włosy, to objętość fryzury wzrośnie. Dzieje się tak, ponieważ:

- skóra głowy odpycha suche włosy.
- są naelektryzowane różnoimiennie i się odpychają.
- suche włosy są lekkie i same się unoszą.
- są naelektryzowane jednoimiennie i odpychają się.
- powietrze łatwiej wciska się między suche włosy.

Ćwiczenie 10

Para koni ciągnie wóz, działając na niego zgodnie zwróconymi siłami o wartościach 460 i 520 N. Gdyby konie zastąpić traktorem, to w celu osiągnięcia tego samego efektu musiałby on ciągnąć wóz siłą o wartości:

- ◯ 890 N
- ◯ 960 N
- ◯ 980 N
- ◯ 60 N
- ◯ 580 N

Ćwiczenie 11

Na barkach stojącego ucznia spoczywa plecak o masie 23 kg, masa samego ucznia wynosi 55 kg. Jaką siłą uczeń naciska na podłogę? Przyjmij wartość przyspieszenia ziemskiego g = 10 $\frac{m}{s^2}$.

- ◯ 230 N
- ◯ 55 kg
- ◯ 78 kg
- ◯ 780 N
- ◯ 550 N

Ćwiczenie 12

Troje dzieci mocuje się z ciężką skrzynią skarbów; każde z nich pcha skrzynię siłą 10 N z tym, że dwoje pcha w prawo, a jedno w lewo. Siła wypadkowa działająca na skrzynię:

- ◯ jest równa zero.
- ◯ jest zwrócona w prawo i ma wartość 20 N.
- ◯ jest zwrócona w prawo i ma wartość 10 N.
- ◯ jest zwrócona w lewo i ma wartość 10 N.
- ◯ jest zwrócona w prawo i ma wartość 30 N.

Sprawdzian wiadomości

Ćwiczenie 1

Które z wymienionych jednostek są podstawowe w układzie SI?

	Prawda	Fałsz
kilogram, symbol – kg	◯	◯
kilometr, symbol – km	◯	◯
godzina, symbol – h	◯	◯
kelwin, symbol – K	◯	◯
gram, symbol – g	◯	◯
sekunda, symbol – s	◯	◯
metr, symbol – m	◯	◯
stopień Celsjusza, symbol – ^oC	◯	◯
centymetr, symbol – cm	◯	◯
tona, symbol – t	◯	◯

Ćwiczenie 2

Metodą przeciągnij opuść przyporządkuj elementy odpowiednim kategoriom.

ciało fizyczne

zjawisko fizyczne

wielkość fizyczna

substancja

długość | granit | kasztan | szybkość | żaba | przypływy morza | częstotliwość | opadanie | rozchodzenie się fal na wodzie | kołysanie | drewno | planeta | krwinka | głośność | zeszyt | ciężar | guma | szkło | tkanka kostna | papier | wirowanie | drganie | objętość | tancerka

Ćwiczenie 3

Które z wykonanych poniżej przeliczeń jednostek wykonano poprawnie?

	Prawda	Fałsz
248 km = 248 000 m	◯	◯
0,45 h = 45 min	◯	◯
23,5 cm = 2,35 m	◯	◯
100 ^oC = 373 K	◯	◯
100 g = 1 dag	◯	◯
90 min = 1,5 h	◯	◯
33 g = 0,033 kg	◯	◯
1836 s = 0,6 h	◯	◯
200 K = -73 ^oC	◯	◯

Ćwiczenie 4

Które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe?

	Prawda	Fałsz
Oddziaływania grawitacyjne są oddziaływaniami na odległość.	◯	◯
Oddziaływania zawsze są wzajemne.	◯	◯
Ciała naładowane jednoimiennie odpychają się.	◯	◯
Ciała naładowane różnoimiennie przyciągają się.	◯	◯
Wychylenie namagnesowanej igły umieszczonej w pobliżu przewodu, przez który płynie prąd elektryczny, to skutek oddziaływań magnetycznych.	◯	◯
Oddziaływania grawitacyjne nie zależą od masy oddziałujących ze sobą ciał.	◯	◯
Wpływ siły grawitacji widoczny jest tylko wtedy, gdy oddziałujące ze sobą ciała, znajdują się blisko siebie, np. samolot nad Ziemią, a siła grawitacji nie działa na dalsze obiekty, np. sztuczne satelity.	◯	◯
Oddziaływania elektryczne są oddziaływaniami bezpośrednimi.	◯	◯
Ciała naładowane jednoimiennie przyciągają się.	◯	◯
Jeśli rozetniemy magnes tak, że oddzielimy część czerwoną od niebieskiej, to rozdzielimy biegun północny (N) od południowego (S).	◯	◯

Ćwiczenie 5

Dopasuj skutki do odpowiednich rodzajów oddziaływań.

oddziaływanie grawitacyjne

oddziaływanie sprężyste

oddziaływanie elektryczne

oddziaływanie magnetyczne

przyciąganie przez grzebień włosów podczas czesania

przyciąganie lub odpychanie dwóch cząsteczek

obrót igły kompasu

wprawienie w ruch strzały po zwolnieniu cięciwy łuku

powrót resorów samochodowych do swojego pierwotnego kształtu po pokonaniu przeszkody

odpychanie i przyciąganie magnesów

powrót puszczonej swobodnie sprężyny do swojego pierwotnego kształtu

krążenie planet wokół Słońca

ruch Księżyca wokół Ziemi

zdalne przestawianie zwrotnicy kolejowej lub tramwajowej

spadanie liści z drzew

rozkład opiłków żelaza wokół przewodnika z prądem

odpływy i przypływy morza

zmiana kierunku ruchu piłki tenisowej po odbiciu od naciągu rakiety

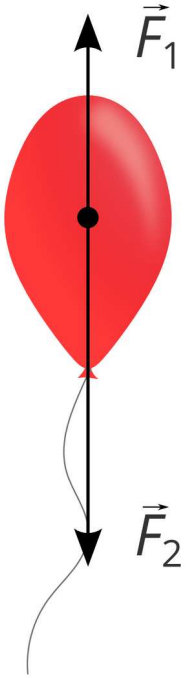
przyciąganie skrawka papieru

przez naelektryzowaną rurkę z tworzywa sztucznego

elektryzowanie się odzieży

przyciąganie szpilek do magnesu

zmiana kierunku ruchu piłeczki kauczukowej po odbiciu od ściany



Ćwiczenie 6.1

Na rysunku przedstawiono balonik, na który działają dwie siły: $\overrightarrow{F_1}$ o wartości 3 N i $\overrightarrow{F_2}$ o wartości 4,5 N. Siła równoważąca:

- ◯ ma wartość 7,5 N, kierunek pionowy i zwrot w dół.
- ◯ ma wartość 1,5 N, kierunek pionowy i zwrot w górę.
- ◯ ma wartość 1,5 N, kierunek pionowy i zwrot w dół.
- ◯ ma wartość 4 N, kierunek pionowy i zwrot w górę.
- ◯ ma wartość 7,5 N, kierunek pionowy i zwrot w górę.
- ◯ ma wartość 0 N.

Polecenie 1

Samochód o masie 3 t stoi na poziomej jezdni.

a. Oblicz ciężar samochodu.

b. Przedstaw tę siłę graficznie. Przyjmij, że 1 cm = 10 kN. Oznacza to, że ciężar o wartości 10 kN na rysunku będzie ilustrował wektor o długości 1 cm, a ciężar o wartości 15 kN – wektor o długości 1,5 cm itd.

c. Dorysuj siłę równoważącą ciężar samochodu. Zachowaj skalę rysunku.

Polecenie 2

Dwaj robotnicy pchają wózek z workami cementu. Jeden z nich działa siłą 400 N, a drugi – 600 N. Oblicz wartość siły wypadkowej. Uwzględnij dwa przypadki:

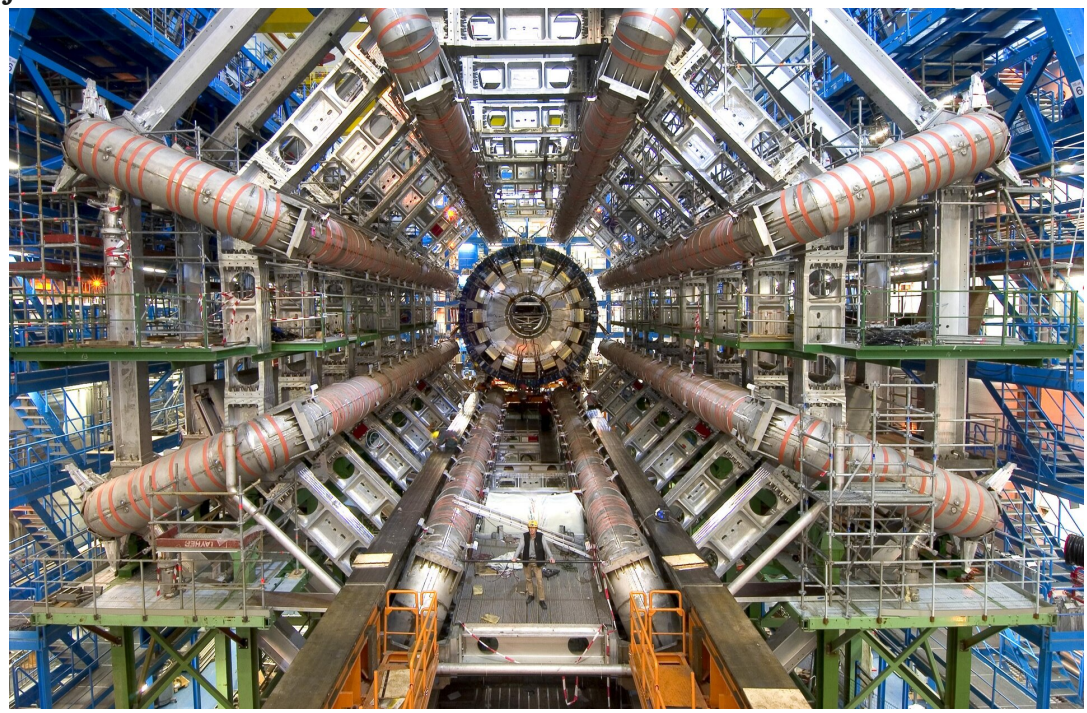
a. robotnicy pchają wózek w tę samą stronę;

b. jeden z robotników pcha wózek w przeciwną stronę względem drugiego;

Przedstaw graficznie w jednej skali wszystkie wymienione siły. Przyjmij, że 1 cm długości wektora odpowiada 100 N.

Cząsteczkowa budowa materii

Wiesz z życia codziennego, że woda potrafi parować z czajnika lub skraplać się w postaci rosy. Gdy zamieni się w lód można po nim jeździć na łyżwach. Czy zastanawiałeś się, dlaczego jest to możliwe?



Odkrywanie tajemnic budowy materii wymaga wykorzystania coraz bardziej zaawansowanych technik i sprzętu – takich jak detektor cząstek elementarnych ATLAS stanowiący część Wielkiego Zderzacza Hadronów (LHC), największego urządzenia badawczego na świecie

Już potrafisz

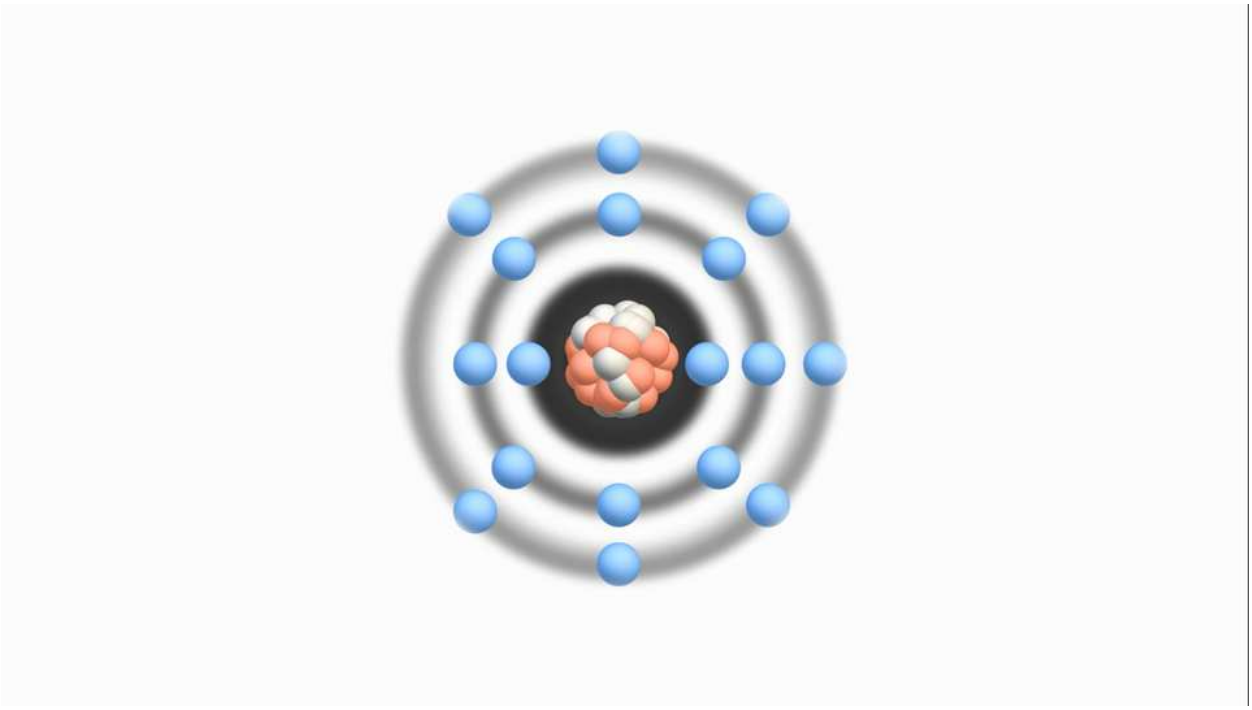
- podać rodzaje oddziaływań występujących w przyrodzie.

Nauczysz się

- podawać przykłady świadczące o cząsteczkowej budowie materii;
- wymieniać podstawowe założenia kinetyczno-cząsteczkowej teorii budowy materii;
- wyjaśniać, na czym polega zjawisko dyfuzji, oraz podawać jego przykłady w przyrodzie i życiu codziennym;
- zademonstrować zjawisko dyfuzji w cieczach i gazach;
- opisywać zjawisko dyfuzji w ciałach stałych;
- wyjaśniać, na czym polegają ruchy Browna.

1. Od Demokryta do Daltona

Jednym z ważniejszych osiągnięć ludzkości było odkrycie **atomu**. Potwierdziło ono przypuszczenie (wysnute już w starożytności), że materia składa się z małych niepodzielnych cząsteczek (ziaren). Jednym z pierwszych uczonych, który głosił taką teorię, był Demokryt z Abdery (V–IV w. p.n.e.). Uważał on, że wszystkie ciała składają się z niepodzielnych cząstek, które są wieczne i poruszają się w próżni. Współcześnie fakt ten określany jest mianem **ziarnistej budowy materii**. Według naszej obecnej wiedzy materia składa się z cząsteczek znajdujących się w nieustannym ruchu. Są one albo są pojedynczymi atomami, albo składają się z kilku atomów. Teoria atomistyczna była jednak odrzucana przez większość uczonych aż do XVIII w.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Teoria Demokryta

Współczesne pojmowanie budowy materii zawdzięczamy Johnowi Daltonowi.

Teoria Daltona zakładała m.in., że:

- atom jest najmniejszą porcją materii;
- jest tyle rodzajów atomów, ile istnieje pierwiastków;
- atomy tego samego pierwiastka są identyczne;
- atomy tych samych lub różnych pierwiastków mogą się ze sobą łączyć i tworzyć cząsteczki pierwiastków lub związków chemicznych;
- substancje są stworzone z cząsteczek i atomów.

Ćwiczenie 1

Przeczytaj poniższe zdania. Które z nich są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Cząsteczka składa się wyłącznie z atomów tego samego pierwiastka.	◯	◯
Wszystkie ciała zbudowane są z atomów.	◯	◯
Atom, najmniejsza ilość danego pierwiastka, nie składa się z innych mniejszych elementów.	◯	◯
Cząsteczki zbudowane są z co najmniej z trzech atomów.	◯	◯

Ciekawostka

John Dalton w wieku 12 lat postanowił założyć własną szkołę. Wraz z braćmi uczył w niej angielskiego, francuskiego, greki oraz łaciny, a także pisania i arytmetyki. Odkrył, że nie rozróżnia kolorów, gdy podarował swojej mamie parę jaskrawoczerwonych jedwabnych pończoch. Mama ucieszyła się z tego prezentu, jednak stwierdziła, że nigdy nie będzie mogła ich założyć, ponieważ są zbyt jaskrawe. Dalton myślał, że kupił fioletowe pończochy, i dopiero opinia sąsiadów przekonała go, że było zupełnie inaczej.

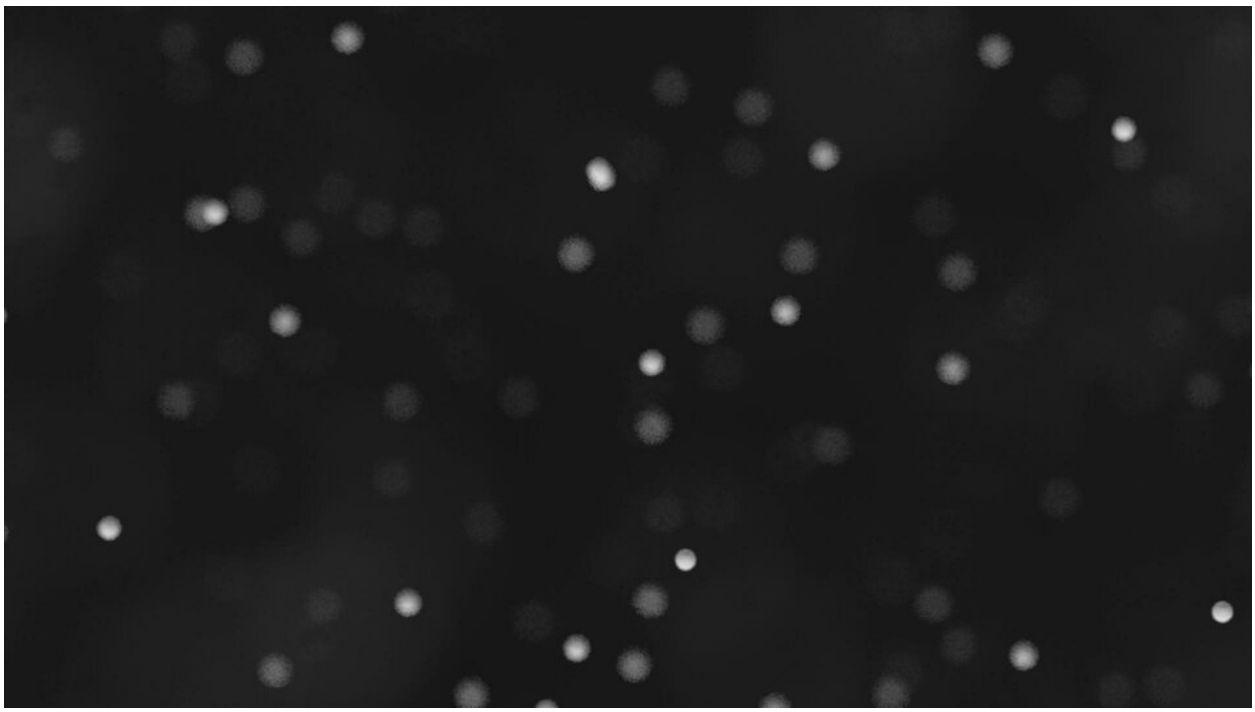
Daltonizm to choroba polegająca na nierozróżnianiu barw. Wyróżniamy daltonizm częściowy, gdy prawidłowo funkcjonują wszystkie czopki w oku, oraz „ślepotę barw", gdy czopki czerwone lub zielone w ogóle nie działają.

2. Ruch cząsteczek

Cząsteczki, z których zbudowana jest materia, znajdują się w nieustannym chaotycznym ruchu, a ich prędkości związane są z temperaturą ciała. Im większa wartość prędkości cząsteczek, tym wyższa jest temperatura ciała. Kiedy obniżamy jego temperaturę, spowalniamy jednocześnie ruch jego cząsteczek.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DiVOw8zJr

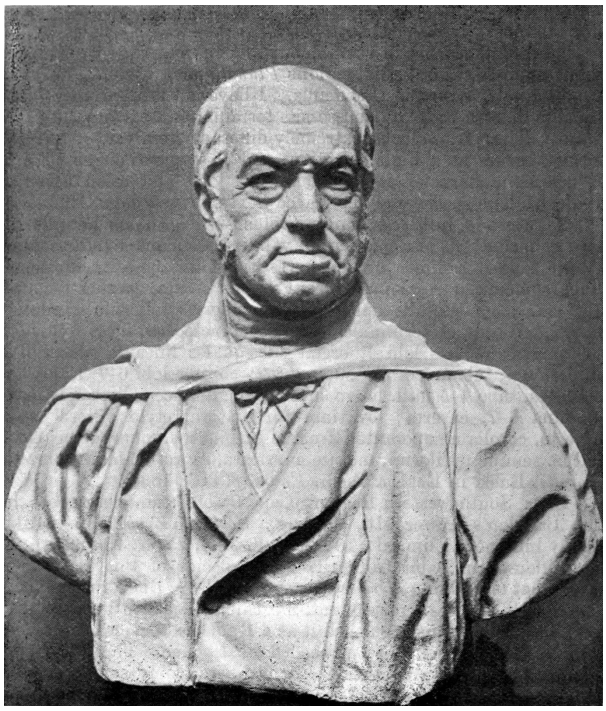
W 1827 roku Robert Brown, szkocki botanik, obserwował pyłki roślin zawieszone w wodzie. Uczony zauważył, że pyłki poruszają się chaotycznie.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Film przedstawiający Ruchy Browna cząsteczek

Bardzo go to zaciekawiło, ale przypuszczał, że źródłem tych ruchów są lokalne prądy przepływu cieczy lub powolne parowanie wody. Po wielokrotnym powtórzeniu tego eksperymentu Robert Brown odrzucił jednak swoje pierwotne hipotezy.



Robert Brown

21.12.1773–10.06.1858

– szkocki biolog, który w wyniku badań potwierdził ruch cząsteczek. Zajmował się m.in. badaniem sposobów zapylania roślin i poruszania się ich pyłków. W latach 1801–1805 uczestniczył w wyprawie naukowej do Australii – badał florę i faunę tego kontynentu. W 1827 r. zaobserwował nieregularne ruchy i zderzenia cząstek pyłków kwiatowych widocznych pod mikroskopem „zawieszonych" w gazach i cieczach. Współcześnie zjawisko to nosi nazwę ruchów Browna. W 1831 r. szkocki uczony odkrył jądro komórkowe. Badał również zalążki roślinne i budowę nasion. W 1811 r. Brown został członkiem Towarzystwa Królewskiego w Londynie, a w 1833 r. – Francuskiej Akademii Nauk. Przyczynę ruchów Browna wyjaśniono dopiero na początku XX wieku. Dokonali tego niezależnie od siebie dwaj uczeni – Polak Marian Smoluchowski i Niemiec Albert Einstein.

Aby opisać i wyjaśnić zjawisko zaobserwowane przez Browna, Smoluchowski i Einstein powołali się na teorię cząsteczkowej budowy materii. Według tych naukowców ruch pyłków roślin był spowodowany ruchem cząsteczek wody, w której znajdowały się pyłki . Oczywiście, pyłki są małe, ale cząsteczki wody są jeszcze mniejsze – nie jesteśmy w stanie ich zaobserwować za pomocą mikroskopu optycznego. Nie zauważamy więc momentu, gdy cząsteczki wody uderzają w poszczególne pyłki ze wszystkich stron.

Ponieważ uderzenia te są przypadkowe, pyłki są popychane i poruszają się chaotycznie w różne strony. Naukowcy tym samym potwierdzili kinetyczno-cząsteczkową teorię budowy materii.

Ruchy Browna są potwierdzeniem kinetyczno-cząsteczkowej budowy materii.

Ćwiczenie 2

Jurek, Andrzej i Anita rozmawiają o ruchach Browna. Zapoznaj się z opinią każdej z osób i zaznacz poprawną odpowiedź.

- ◯ Anita: Ruchy Browna to chaotyczny ruch małych żywych organizmów (np. bakterii, wirusów).
- ◯ Jurek: Ruchy Browna to chaotyczne ruchy widzialnej cząsteczki spowodowane zderzeniami z cząsteczkami zbyt małymi aby można je było zobaczyć.
- ◯ Andrzej: Ruchy Browna, to chaotyczny ruch tylko cząsteczek ośrodka.

3. Zjawisko dyfuzji

Innym zjawiskiem potwierdzającym nieustanny ruch cząsteczek jest dyfuzja. Dlaczego zapach kwiatów roznosi się w całym pomieszczeniu, mimo że kwiaty znajdują się tylko w jednym miejscu pokoju? Gdy gotujemy obiad, dlaczego po pewnym czasie zapach potraw z kuchni dociera do innych pomieszczeń?

dyfuzja

– proces samorzutnego rozprzestrzeniania się cząsteczek jednej substancji w drugiej.

Jak sądzisz: czy jesteśmy w stanie otrzymać herbatę po włożeniu torebki herbaty do szklanki z zimną wodą?
Przeprowadź ten eksperyment w domu.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy zjawisko dyfuzji zależy od temperatury cieczy?

Hipoteza

Im wyższa jest temperatura cieczy, tym szybciej przebiega zjawisko dyfuzji.

Co będzie potrzebne

- szklanka z wodą o temperaturze pokojowej;
- torebka herbaty ekspresowej.

Instrukcja

1. Wrzuć torebkę herbaty do wody.
2. Dokonuj obserwacji raz na kilka godzin.
3. Pamiętaj, że proces zachodzi bardzo wolno i oczekiwany efekt osiągniesz po około 24 godzinach. Możesz przycisnąć torebkę z herbatą do dna szklanki, np. za pomocą łyżeczki.

Podsumowanie

Na początku możesz zaobserwować, że przy dnie szklanki pojawia się brązowy kolor – to właśnie herbata, która z czasem będzie zajmować coraz większą objętość. Proces ten jest zdecydowanie wolniejszy niż tradycyjne parzenie, czyli zalanie herbaty wrzątkiem. Jesteś więc

w stanie uzyskać herbatę, ale zajmie to zdecydowanie więcej czasu i prawdopodobnie uzyskany napój nie będzie już tak smaczny. Jak powszechnie wiadomo, czarna herbata ekspresowa powinna być zaparzana wodą o temperaturze wyższej niż 90 stopni Celsjusza.

Polecenie 1

Powtórz doświadczenie, tym razem z wodą o wyższej temperaturze (woda powinna być wyraźnie ciepła). Wody nie możesz jednak podgrzewać, ponieważ wtedy nie doszłoby do samoistnego mieszania się wody i herbaty (powstałyby tzw. prądy konwekcyjne – zagadnie to poznasz w dalszej części tej lekcji). Jak szybko udało ci się osiągnąć efekt zbliżony do tego z poprzedniego eksperymentu?

Jeśli przeanalizujesz wyniki doświadczenia, to zauważysz, że dyfuzja postępuje tym szybciej, im wyższa jest temperatura ciała. Cząsteczki osiągają wówczas większe prędkości i łatwiej rozprzestrzeniają się w naczyniu, w którym znajduje się ciecz.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DiVOw8zJr

W cieczach dyfuzja zachodzi znacznie wolniej niż w gazach.
Dyfuzja zachodzi nie tylko w gazach i cieczach, lecz także w ciałach stałych. Prostym, lecz czasochłonnym przykładem jest eksperyment ze sztabką złota i ołowiu. Gdy położymy na sobie te dwie wypolerowane sztabki, to po pewnym czasie złączą się one ze sobą. Część atomów złota przemieści się do sztabki ołowiu, a część atomów ołowiu przeniknie do sztabki złota. Wzrost temperatury pozwala znacznie skrócić oczekiwanie na wynik tego eksperymentu.

Zjawisko dyfuzji wykorzystywane jest powszechnie w otrzymywaniu półprzewodników o odpowiednich właściwościach. W tym celu do sieci krystalicznej germanu lub krzemu

wprowadza się domieszki atomów boru, arsenu lub fosforu. Ściśle zaprogramowana ilość domieszek pozwala na budowę elementów takich jak układy scalone (zawierające miliardy części półprzewodnikowych), które są obecnie stosowane w każdym urządzeniu elektronicznym – telefonie, komputerze, telewizorze, tablecie.

Ćwiczenie 3

Dokończ zdanie: Dyfuzja to:

- ◯ rodzaj cieczy.
- ◯ samorzutne mieszanie się różnych substancji.
- ◯ urządzenie służące do pomiaru szybkości cząstek.

4. Zjawisko zmniejszania się objętości podczas mieszania cieczy

Kolejnym doświadczeniem potwierdzającym cząsteczkową budowę materii jest zjawisko obserwowane podczas mieszania ze sobą różnych ciał fizycznych. Polega ono na zmniejszaniu się objętości sumy składników po ich wymieszaniu.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

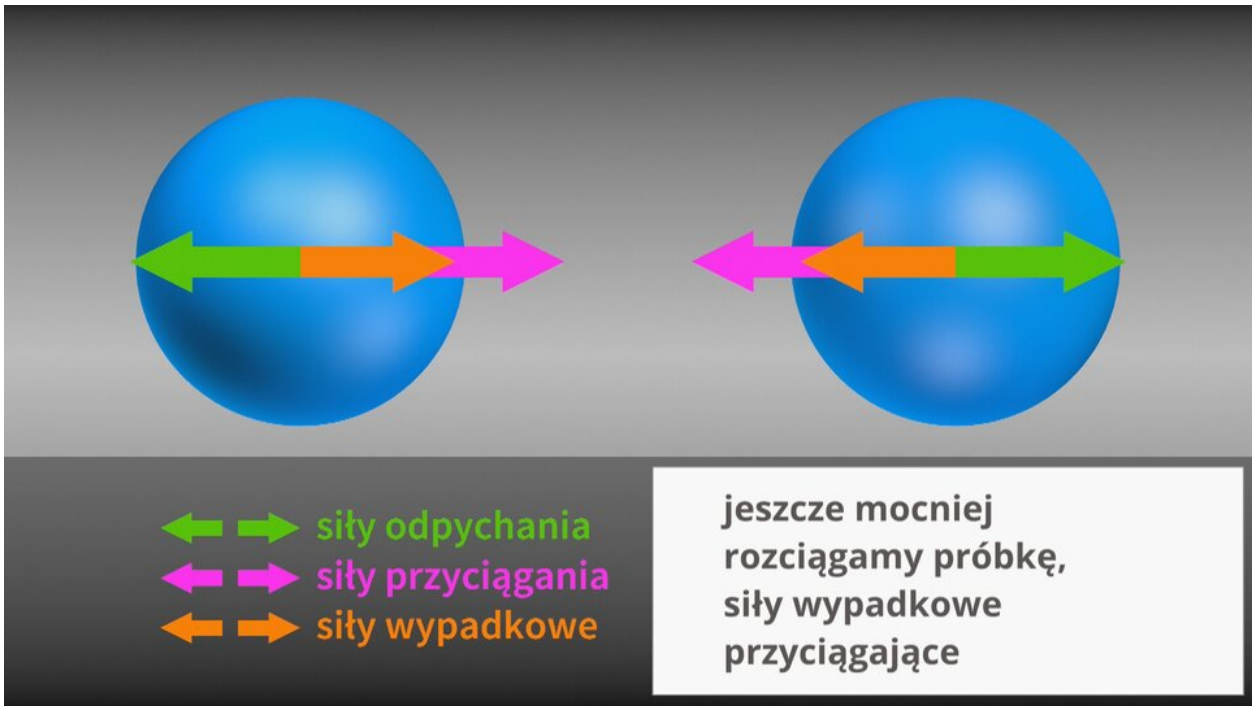
Na nagraniu wideo znajdują się dwie szklanki oraz jeden słoik. Stoją w jednym rzędzie, na jasnym stole. Tło białe. Obok szklanek leży czarny pisak. Skuwka zdjęta, nałożona na korpus. W jednej szklance znajdują się ziarenka grochu. Ziarenka koloru pomarańczowo-żółtego. W drugiej szklance znajduje się biała kasza. W następnej scenie demonstrator przesypuje część zawartości szklanek do słoika. Najpierw groch, później kasza manna. Widoczne są jedynie ręce oraz tułów demonstratora. Demonstrator ubrany w białą koszulę. Rękawy długie. Demonstrator przesypuje groch i mannę do słoika. Następnie zakręca słoik czerwoną nakrętką. Markerem oznacza poziom znajdujących się w słoiku ziaren. Ziarna wypełniają słoik do około trzech czwartych jego wysokości. W kolejnej scenie demonstrator potrząsa słoikiem. Groch i manna mieszają się ze sobą. Po kilku sekundach, demonstrator odkłada słoik na stół. Widać, że poziom wymieszanych ziaren się obniżył o około 1 centymetr. W następnej scenie, na stole znajduje się dzbanek z woda. Dzbanek jest przezroczysty. Wypełniony do połowy wodą. Obok stoi butelka z niebieską nakrętką. Na nakrętce widnieje napis „DENATURAT". Ciecz w butelce sięga jej szyjki. Przy butelce leży marker. Po prawej stronie stoi kosz z dziewięcioma probówkami. Demonstrator wlewa do jednej probówki wodę. Woda wypełnia probówkę do połowy. Po chwili dolewa do niej ciecz z butelki. Ciecz ma barwę ciemnozieloną. Probówka jest wypełniona do około trzech czwartych jej wysokości. Woda zajmuje dolną część probówki, zielona ciecz górną. Demonstrator markerem oznacza poziom cieczy. Następnie, kciukiem zakrywając wlot probówki, energicznie nią potrząsa. Ciecze mieszają się ze sobą. Powstała ciecz ma kolor zielony, mniej intensywny niż ciecz z butelki. Demonstrator unosi probówkę. Widać, że poziom wymieszanych cieczy jest niższy o około 2 milimetry od zaznaczonego wcześniej poziomu cieczy. W ostatniej scenie demonstrator odkłada probówkę do koszyka.

Pierwsza część filmu przedstawia tzw. doświadczenie modelowe – duże i małe ziarna są modelami małych i dużych cząsteczek. Po wymieszaniu obu rodzajów ziaren objętość całości jest mniejsza niż suma objętości tych ziaren przed wymieszaniem. Takie samo zjawisko możemy zaobserwować po połączeniu dwóch cieczy. Mniejsze cząsteczki wody zajęły wolną przestrzeń między większymi cząsteczkami alkoholu. Wykonanie podobnego doświadczenia z wodą i olejem pokazuje, że opisywane zjawisko nie zawsze zachodzi. Ważne są bowiem nie tylko rozmiary cząsteczek poszczególnych składników, lecz także rodzaj ich wzajemnych oddziaływań.

Wniosek: Podczas mieszania się różnych cieczy objętość mieszaniny jest mniejsza od sumy objętości poszczególnych składników. Wynika to z tego, że cząsteczki różnych cieczy różnią się od siebie m.in. budową i wielkością.

5. Oddziaływania międzycząsteczkowe

Cząsteczki nieustannie oddziałują między sobą. Oddziaływania te mają charakter złożony. Niektóre właściwości fizyczne ciał, takie jak np. stany skupienia, są bezpośrednim następstwem oddziaływań.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Model oddziaływań cząsteczek w ciałach stałych, cieczach i gazach

Na filmie przedstawiono dwa takie same koła na jasnoszarym tle. Koła niebieskie. Położone obok siebie. Na kołach narysowano strzałki. Dwie strzałki na każdym kole. Ułożone równolegle do podłoża. Jedna zwrócona w lewą stronę, druga w prawą. Końce strzałek na środku kół. Groty strzałek stykają się z krawędzią koła. Strzałki mają dwa kolory: zielony i różowy. Na lewym kole strzałka zielona zwrócona jest w lewą stronę, strzałka różowa w prawą. Na prawym kole strzałka zielona zwrócona jest w prawą stronę, strzałka różowa w lewą. Pod spodem na ciemnoszarym tle znajduje się opis strzałek. Opisy w jednej kolumnie, jeden pod drugim. Strzałki zielone – oznaczają siły odpychania. Strzałki różowe – oznaczają siły przyciągania. Strzałki pomarańczowe – oznaczają siły wypadkowe.
W pierwszej scenie strzałki różowe i zielone na kołach mają te same długości. Na dole pojawia się napis: „próbka swobodna, brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe”.
W drugiej scenie koła sią od siebie odsuwają. Strzałki zielone nie zmieniają długości, strzałki różowe stają się dłuższe, groty sięgają poza koła. Pojawiają się strzałki pomarańczowe. Początek w środku koła. Długość około połowy średnicy koła. Pomarańczowe strzałki zwrócone są ku sobie. Na lewym kole w prawą stronę, na prawym kole w lewą stronę. Na dole pojawia się napis: „rozciągamy próbkę, siły wypadkowe przyciągające”. W kolejnej scenie koła jeszcze bardziej oddalają się od siebie. Zielone strzałki bez zmian. Różowe i pomarańczowe wydłużają się. Groty pomarańczowych prawie stykają się z krawędzią koła. Pojawia się napis: „jeszcze mocniej rozciągamy próbkę, siły wypadkowe przyciągające”. W następnej scenie koła zbliżają się do siebie. Strzałki różowe

i pomarańczowe staję się krótsze. Pojawia się napis: „pozwalamy próbce kurczyć się, siły wypadkowe przyciągające". W następnej scenie położenie kulek wraca do położenia początkowego. Strzałki różowe i zielone mają te same długości. Znikają strzałki pomarańczowe. Pojawia się napis: „brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe".
W kolejnej scenie koła zbliżają się do siebie. Długość strzałek różowych nie zmienia się. Strzałki zielone wydłużają się, groty sięgają za krawędzie kół. Pojawiają się strzałki pomarańczowe. Początek w środku koła. Długość około połowy średnicy koła. Pomarańczowe strzałki zwrócone są na zewnątrz. Na lewym kole w lewą stronę, na prawym kole w prawą stronę. Pojawia się napis: „ściskamy próbkę, siły wypadkowe odpychające".
W kolejnej scenie koła jeszcze bardziej zbliżają się do siebie. Koła prawie stykają się ze sobą. Zielone strzałki bez zmian. Różowe i pomarańczowe wydłużają się. Pojawia się napis: „jeszcze mocniej ściskamy próbkę, siły wypadkowe odpychające". W następnej scenie koła powoli się od siebie odsuwają. Strzałki pomarańczowe i zielone stają się krótsze. Pojawia się napis: „pozwalamy próbce rozprężać się, siły wypadkowe odpychające". Po chwili koła wracają do położenia początkowego.. Strzałki różowe i zielone mają te same długości. Znikają strzałki pomarańczowe. Pojawia się napis: „brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe". W kolejnej scenie znikają wszystkie strzałki. Zamiast nich, pomiędzy koła pojawia się sprężyna. Sprężyna łączy koła. Na dole widnieje napis: „łatwo zapamiętać kierunek się wyobrażając sobie, że cząsteczki/atomy połączone są sprężyną". Po chwili koła się oddalają. Wewnątrz kół pojawiają się pomarańczowe strzałki. Po jednej na każdym z kół. Strzałki zwrócone są ku sobie. Napis na dole mówi: „rozciągamy próbkę, siły wypadkowe przyciągające". Gdy koła bardziej się oddalają, strzałki się wydłużają. Napis na dole: „jeszcze mocniej rozciągamy próbkę, siły wypadkowe przyciągające". W następnej scenie koła się do siebie zbliżają. W punkcie początkowym pomarańczowe strzałki znikają. Napis na dole: „brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe". Gdy koła się do siebie zbliżają, pojawiają się pomarańczowe strzałki, zwrócone do zewnątrz, przeciwnie do siebie. Napis na dole mówi: „ściskamy próbkę, siły wypadkowe odpychające". Gdy koła jeszcze bardziej zbliżają się do siebie, pomarańczowe strzałki się wydłużają. Napis na dole: „jeszcze mocniej ściskamy próbkę, siły wypadkowe odpychające". Na koniec koła odsuwają się od siebie, pomarańczowe strzałki stają się krótsze. Napis na dole: „pozwalamy próbce rozprężać się, siły wypadkowe odpychające". Po chwili koła wracają do punktu wyjścia. Pomarańczowe strzałki znikają. Napis na dole: „brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe".

Gdy cząsteczki znajdują się zbyt blisko siebie, tzn. w odległościach zbliżonych do ich średnicy lub mniejszych, przeważa bardzo silne oddziaływanie odpychające.
W odległościach większych od średnicy cząsteczek zaczyna dominować oddziaływanie przyciągające. W ciałach stałych, które wykazują silne oddziaływania międzycząsteczkowe o charakterze przyciągającym opisane zjawiska powodują, że cząsteczki znajdują się bardzo blisko siebie i mogą jedynie drgać wokół swoich położeń równowagi.

Ćwiczenie 4

Maks, Michał i Julka rozmawiają o oddziaływaniach międzycząsteczkowych. Zapoznaj się z opinią każdej z osób i zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

- [ ] Julka: Gdy rozciągamy sprężynę siły międzycząsteczkowe przeszkadzają w oddalaniu się cząsteczek, a przy ściskaniu – przeszkadzają w zbliżaniu.
- [ ] Maks: Nie można z powrotem połączyć kawałków połamanego lub rozbitego ciała, ponieważ siły przyciągania międzycząsteczkowego występują tylko w przypadku małych odległości między cząsteczkami. Po połamaniu ciała odległości między cząsteczkami obu kawałków są za duże.
- [ ] Michał: Gdy ściskamy gumkę do ścierania siły międzycząsteczkowe powodują zbliżanie się cząsteczek, a gdy ją rozciągamy powodują oddalanie się cząsteczek.

oddziaływania międzycząsteczkowe

– oddziaływania między cząsteczkami lub atomami cieczy, gazu oraz ciał stałych. Jeśli odległości między cząsteczkami są zbliżone do ich średnicy lub od niej mniejsze, oddziaływanie ma charakter odpychający. Jeśli natomiast odległości te są większe, dominuje oddziaływanie przyciągające.

6. Ruch cząsteczek w gazach, cieczach i ciałach stałych

W ciałach stałych ruch cząsteczek jest najmniej swobodny, tzn. drgają one tylko wokół swoich położeń równowagi, a oddziaływania międzycząsteczkowe są najsilniejsze.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DiVOw8zJr

Oddziaływania między cząsteczkami cieczy są słabsze i dlatego mogą się one przemieszczać względem siebie.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DiVOw8zJr

W gazach odległości między cząsteczkami są zdecydowanie większe od rozmiarów samych cząsteczek. W uproszczonym modelu przyjmujemy, że cząsteczki gazu działają wzajemnie na siebie tylko w momentach zderzeń.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DiVOw8zJr

Cząsteczki gazu mają duże prędkości i swobodę ruchu.

Ćwiczenie 5

Które informacje są prawdziwe, a które fałszywe? Dlaczego nie można w sposób zauważalny zmniejszyć objętości ciał stałych (np. metalu), mimo działania na nie ogromnych sił ściskających??

	Prawda	Fałsz
Cząsteczki w ciele stałym stykają się ze sobą i nie można ich bardziej zbliżyć do siebie.	◯	◯
Podczas ściskania ciała stałego gwałtownie rosną siły odpychające między cząsteczkami.	◯	◯
Cząsteczki ciała stałego nie są ściśliwe.	◯	◯

Podsumowanie

- Jednym z ważniejszych osiągnięć ludzkości było odkrycie atomu.
- Według naszej obecnej wiedzy materia składa się z atomów lub cząsteczek znajdujących się w nieustannym ruchu.
- Współczesne rozumienie budowy materii zawdzięczamy Johnowi Daltonowi.
- Teoria Daltona zakłada m.in., że:
    - atom jest najmniejszą porcją materii;

    - jest tyle rodzajów atomów, ile istnieje pierwiastków;
    - atomy tego samego pierwiastka są identyczne;
    - atomy tych samych lub różnych pierwiastków mogą się ze sobą łączyć. Tworzą one wtedy cząsteczki – pierwiastków lub związków chemicznych;
    - substancje składają się z cząsteczek i atomów.
- Cząsteczki, z których jest zbudowana materia, znajdują się w nieustannym chaotycznym ruchu, a ich prędkości związane są z temperaturą danego ciała fizycznego. Im większa wartość prędkości cząsteczek, tym wyższa jest temperatura ciała. Jeśli ochładzamy dane ciało, czyli obniżamy jego temperaturę, zmniejszamy jednocześnie prędkość jego cząsteczek.
- Dowody na kinetyczno-cząsteczkową teorię budowy materii to:
    - ruchy Browna;
    - zjawisko dyfuzji;
    - zjawisko zmniejszania się sumy objętości dwóch cieczy po ich zmieszaniu.
- Dyfuzja to samorzutne mieszanie się różnych substancji, spowodowane bezładnym ruchem cząsteczek.
- Zjawisko dyfuzji zachodzi w gazach, cieczach i ciałach stałych.
- Cząsteczki nieustannie oddziałują między sobą. Oddziaływania międzycząsteczkowe zachodzą między cząsteczkami lub atomami cieczy, gazu i ciał stałych. Jeśli odległości między cząsteczkami są zbliżone do ich średnicy lub mniejsze, oddziaływanie ma charakter odpychający, a jeśli te odległości są większe, dominuje oddziaływanie przyciągające.
- W ciałach stałych ruch cząsteczek jest najmniej swobodny, tzn. drgają one wokół pewnych położeń równowagi, a oddziaływania międzycząsteczkowe są najsilniejsze.
- W cieczach cząsteczki poruszają się swobodniej i szybciej niż w ciałach stałych.
- W gazach oddziaływania między cząsteczkami są najsłabsze. Cząsteczki gazu mają duże prędkości i swobodę ruchu.

Praca domowa

> **Polecenie 2.1**
>
> Podaj dziesięć przykładów zachodzenia zjawiska dyfuzji, które zaobserwowałeś w twoim otoczeniu.

Polecenie 2.2

Uważnie prześledź załączony film demonstrujący przebieg dwóch doświadczeń. Twoim zadaniem jest ich opis. W zeszycie sformułuj problem badawczy i hipotezę. Określ, co będzie potrzebne do wykonania eksperymentów, opisz kroki, które musisz wykonać, aby można je było właściwie przeprowadzić. Wyciągnij wnioski i napisz podsumowanie.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Szklanka z wodą, herbata fix, łyżeczka, dwa przezroczyste naczynia (szklanki, słoiki), 20 cm przezroczystego, elastycznego wężyka, sok z kartonika o intensywnej barwie. Demonstrator nalewa wody do szklanki prawie do pełna. Wsadza do szklanki palec pokazując, że woda jest zimna. Demonstrator wykonuje czynności omawiane przez lektora. Film poklatkowy z obserwacji układu przez co najmniej 24 h, co ½ h. Demonstrator wykonuje czynności omawiane przez lektora. Kamera najeżdża na słoiki pokazując jednakowy poziom cieczy. Demonstrator wykonuje czynności omawiane przez lektora. Napełnia rurkę „pod kranem". Demonstrator wykonuje czynności omawiane przez lektora. Najazd kamery na wężyk pokazuje, że nie ma pęcherzyków powietrza. Kamera fotografuje zestaw np. co 30 min. przez co najmniej 24 godziny. Potem z tych klatek montuje się film poklatkowy W rogu ekranu ukazywany jest czas, który upłynął od początku doświadczenia.

Zobacz także

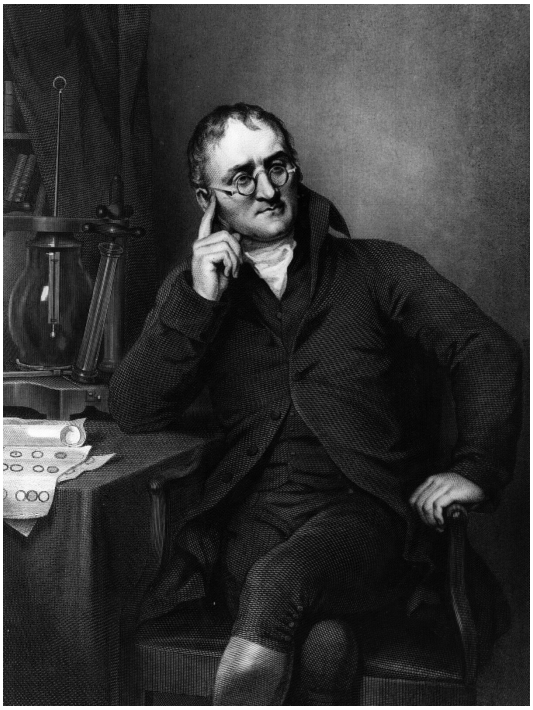
Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Prędkość i jej jednostki. Odczytywanie prędkości i drogi z wykresów
- Przekazywanie energii w zjawisku konwekcji
- Rodzaje oddziaływań i ich skutki. Wzajemność oddziaływań
- Energia wewnętrzna i zmiany stanów skupienia
- Temperatura i jej związek z energią kinetyczną cząsteczek.

Słowniczek

atom

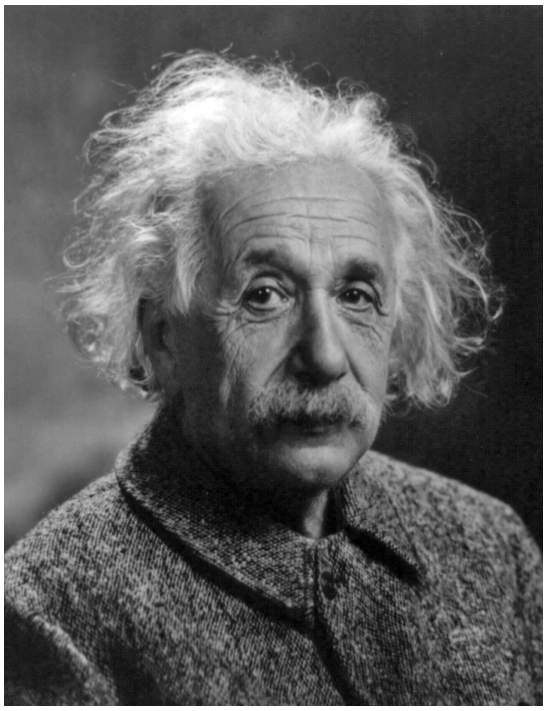
(od greckiego ἄτομος, czyli niepodzielny) – najmniejszy składnik pierwiastka, podstawowy składnik materii.



John Dalton

17.06.1766–27.07.1844

Angielski fizyk i chemik. Jego prace stały się podstawą współcześnie obowiązującej teorii atomistyki. Opisał również wadę wzroku, którą od jego nazwiska nazwano daltonizmem.



Albert Einstein

14.03.1879–18.04.1955

Jeden z najwybitniejszych fizyków teoretyków, twórca szczególnej (1905) i ogólnej teorii względności (1915). Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki (1921).

> **ruchy Browna**
>
> – zjawisko opisane w 1862 roku przez Roberta Browna. Podczas obserwacji pod mikroskopem zauważył on, że zawieszone w cieczy pyłki wykonują chaotyczne ruchy. Obecnie wiemy, że za to zjawisko odpowiedzialne są cząsteczki ośrodka. Cząsteczki cieczy zderzają się z pyłkami i przesuwają je do nowych, zupełnie przypadkowych położeń.

Marian Smoluchowski

28.05.1872–5.09.1917

Jeden z najwybitniejszych polskich fizyków, profesor Uniwersytetu Lwowskiego, a od 1912 roku – Uniwersytetu Jagiellońskiego. Na podstawie statystyki matematycznej opracował równanie dyfuzji, obecnie noszące nazwę równania Smoluchowskiego. Wraz ze swoim bratem Tadeuszem Smoluchowskim należał do najwybitniejszych alpinistów swoich czasów.

teoria Daltona

– XIX-wieczna teoria atomistyczna, która stała się podstawą współczesnych poglądów na budowę materii. Dalton, podczas badań właściwości gazów, dokonał następujących spostrzeżeń:

- Atom jest najmniejszą porcją materii;
- Jest tyle rodzajów atomów, ile istnieje pierwiastków;
- Atomy tego samego pierwiastka są identyczne;
- Atomy tych samych lub różnych pierwiastków mogą łączyć się ze sobą i tworzyć cząsteczki pierwiastków lub związków chemicznych;
- Substancje są stworzone z cząsteczek i atomów

ziarnista budowa materii

– pogląd ukształtowany w starożytności m.in przez Demokryta z Abdery, głoszący, że struktura materii nie jest ciągła, lecz składa się z niezwykle małych i niepodzielnych cząsteczek. Tę teorię w pełni potwierdza współczesna nauka.

Zadania

Ćwiczenie 6

Które informacje dotyczące teorii Daltona są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Atom jest najmniejszą niepodzielną częścią materii.	◯	◯
Atomy łączą się w cząsteczki w ściśle określonych stosunkach ilościowych.	◯	◯
Atomy tylko różnych pierwiastków mogą łączyć się ze sobą.	◯	◯

Ćwiczenie 7

Oceń prawdziwość poniższych zdań.

	Prawda	Fałsz
Wszystkie cząsteczki są w bezustannym ruchu, również w temperaturze poniżej −273,15° C.	◯	◯
Cząsteczki są w nieustannym ruchu tylko w temperaturze powyżej zera bezwzględnego, czyli 0° C.	◯	◯
Cząsteczki są w nieustannym ruchu tylko w temperaturze powyżej zera bezwzględnego, czyli wyższej niż −273,15° C.	◯	◯

Stany skupienia materii

Jeśli oglądałeś w telewizji erupcję wulkanu, być może zafascynował cię wygląd ciekłej skały. Dlaczego zmieniła się ona w bazalt, gdy wystygła? A czy mogłaby wyparować? Jeśli chcesz poznać odpowiedzi na te pytania, czytaj dalej.

Wszystkie stany skupienia wody zebrane na jednym zdjęciu – już za chwilę dowiesz się, które z nich są widoczne gołym okiem

Już potrafisz

- opisywać budowę materii – substancji złożonej z atomów i cząsteczek;
- opisywać budowę cząsteczki składającej się z atomów połączonych ze sobą w ściśle określonych stosunkach ilościowych;
- opisywać oddziaływanie cząsteczek: przy zbliżaniu się odpychają, przy oddalaniu – przyciągają.

Nauczysz się

- wymieniać przykłady substancji występujących w trzech stanach skupienia;
- opisywać różnice między ciałem stałym, cieczą i gazem (na podstawie kinetyczno-cząsteczkowej budowy materii);
- charakteryzować procesy przejścia między poszczególnymi stanami (fazami) skupienia.

1. Trzy stany skupienia

Gaz, ciecz i ciało stałe to trzy **stany skupienia** materii. Na zdjęciach widać kostkę lodu, wodę w szklance i kropelki mgły będące wynikiem skroplenia się **pary wodnej**.

Mogłoby się wydawać, że parę wodną można zobaczyć. Tak jednak nie jest – to bezbarwny gaz. Tym, co zwykle określamy mianem pary wodnej i widzimy nad czajnikiem w postaci małej chmurki, są kropelki wody – takie same jak te tworzące chmury. Na zdjęciach znajduje się jeszcze jeden stan skupienia wody – lód, czyli woda w postaci ciała stałego.

Nasuwa się wniosek, że ta sama substancja (tutaj: woda) może występować w trzech różnych fazach (stanach skupienia):

- faza lotna (para wodna, gaz);
- faza ciekła (woda);
- faza stała (lód).

Formy te różnią się tylko sposobem ułożenia cząsteczek i siłą oddziaływań między nimi.

Ćwiczenie 1

Przyporządkuj poniżej postacie wody do ich stanu skupienia.

Gaz

Ciecz

Ciało stałe

lód | rosa | szron | woda | mgła | śnieg | para wodna

2. Zmiany stanów skupienia i ich wpływ na kształt i objętość ciał

Ta sama substancja – woda – może przyjąć trzy różne stany skupienia

Jaki wpływ na kształt i objętość ciała wywiera stan jego skupienia?

Kostka lodu (ciało stałe) zarówno w szklance, jak i poza nią ma taką samą objętość i taki sam kształt. Ciecze zachowują się inaczej. Gdyby nasza kostka lodu się stopiła, to niewątpliwie przybrałaby kształt naczynia, w którym została umieszczona. Jednak objętość powstałej wody byłaby taka sama – niezależnie od kształtu naczynia, w którym by się znalazła.

Próba przemiany wody w parę wodną spowodowałaby, że para wypełniłaby nie tylko szklankę, lecz także całe pomieszczenie.

> **Zapamiętaj!**
>
> Ciała stałe mają określony kształt i określoną objętość.
> Ciecze przyjmują kształt naczynia, w którym się znajdują, ale ich objętość nie zmienia się.
> Gazy – podobnie jak ciecze – przybierają kształt naczynia, w którym zostały umieszczone, lecz w przeciwieństwie do cieczy wypełniają całą jego objętość.

Ćwiczenie 2

Dokonaj odpowiedniego podziału właściwości ciał stałych, cieczy i gazów na podstawie kinetyczno-cząsteczkowej teorii budowy materii.

Ciała stałe

Ciecze

Gazy

Przyjmują kształt naczynia i mają określoną objętość.

Mają swój określony kształt i objętość.

Oddziaływania między cząsteczkami mają miejsce tylko podczas zderzeń.

Przyjmują kształt naczynia i wypełniają całą jego objętość.

Oddziaływania między cząsteczkami są słabe.

Cząsteczki drgają wokół położeń równowagi.

Odległości pomiędzy cząsteczkami są wiele rzędów wielkości większe niż ich średnica.

Oddziaływania między cząsteczkami są bardzo silne.

3. Wpływ temperatury na zmiany stanu skupienia ciał

W otaczającym nas świecie często dochodzi do zmian stanów skupienia ciał. Przykładowo: gdy wrzucamy kostkę lodu do napoju, jest ona ciałem stałym, jednak szybko może się zmienić w ciecz. Innym przykładem jest żelazo, które najczęściej widzimy w postaci ciała stałego, ale gdy podgrzejemy ten metal w piecu hutniczym do temperatury ok. 1540°C, to zamieni się w ciecz. Rtęć, stosowana w termometrach laboratoryjnych, w temperaturze

pokojowej jest cieczą, jednak po ochłodzeniu do temperatury poniżej –39°C staje się ciałem stałym. Przyjrzyj się, w jaki sposób można zmieniać stany skupienia ciał i jak nazywają się procesy, które do tych zmian prowadzą.

3.1. Topnienie

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Film prezentujący procesu topnienia ciała stałego na przykładzie stopu Wooda. Widoczna jest probówka, w której znajduje się stop Wooda. Próbówkę za pomocą szczypiec laboratoryjnych trzyma laborant. Umieszcza próbówkę nad palnikiem i podgrzewa ją. Następuje proces topnienia stopu. Równocześnie pojawia się napis informujący o temperaturze topnienia stopu Wooda.

Kiedy ogrzewamy ciało stałe, powodujemy wzrost amplitudy drgań cząsteczek wokół ich położeń równowagi. Gdy w wysokiej temperaturze cząsteczki znajdują się wystarczająco daleko od siebie, ciało stałe zmienia się w ciecz. Mówimy wówczas, że zaszło zjawisko topnienia. Użyty w filmie stop Wooda składa sie z kadmu, ołowiu, cyny i bizmutu.

> **topnienie**
>
> – zjawisko polegające na zmianie stanu skupienia ciała ze stałego w ciekły. Zachodzi w stałej temperaturze, nazywanej temperaturą topnienia. Jest ona charakterystyczna dla danej substancji.

Poniższa aplikacja przedstawia zachowanie się cząsteczek wody w stanie stałym, podczas topnienia i w stanie ciekłym.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D43ny6rNh

Ćwiczenie 3

Zaznacz prawidłową odpowiedź.

- ◯ Temperatura topnienia ciała zależy od temperatury otoczenia.
- ◯ Temperatura topnienia zależy od rodzaju substancji.
- ◯ Topnienie dowolnej substancji zachodzi tylko w temperaturze 0°C.

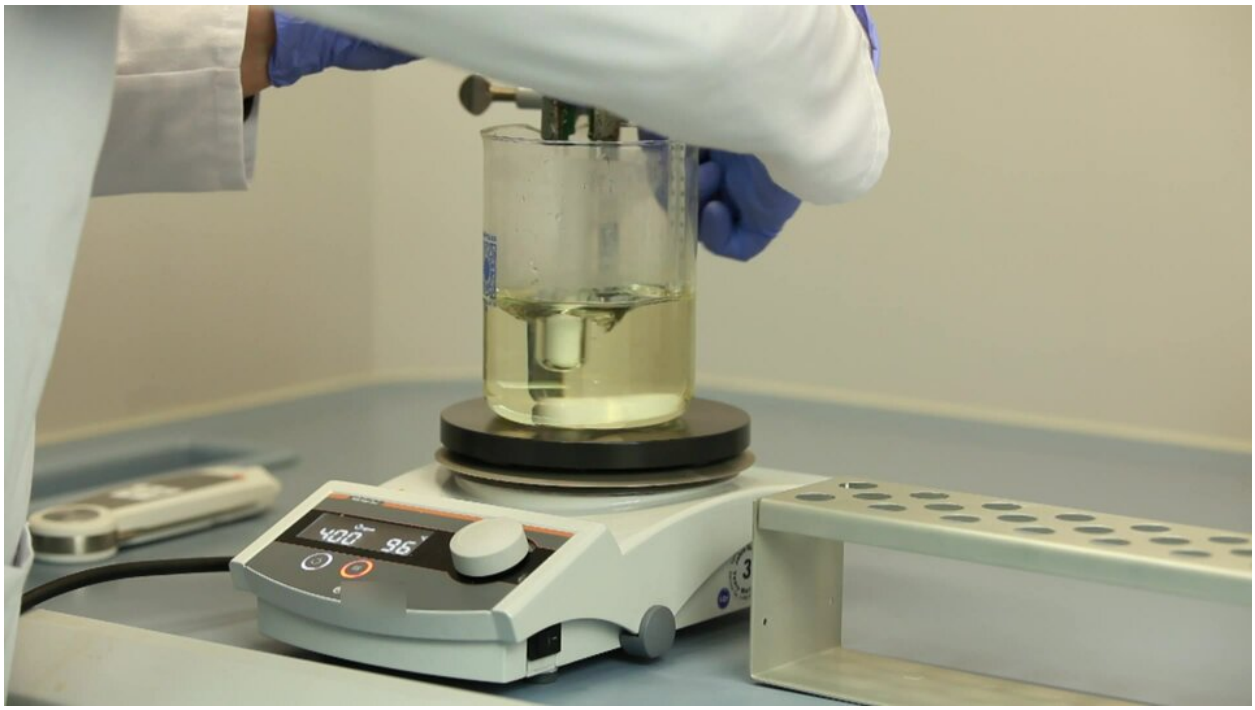
3.2. Krzepnięcie

Podczas ochładzania cieczy, czyli zmniejszania energii cząsteczek, z których jest ona zbudowana, w pewnej temperaturze ciecz zmieni swój stan skupienia na stały. Zjawisko to nazywamy krzepnięciem. **Temperatura krzepnięcia danej substancji jest taka sama jak jej temperatura topnienia.**

krzepnięcie

– zjawisko zmiany stanu skupienia ciała z ciekłego na stały. Jest to przemiana odwrotna do zjawiska topnienia.

Każde ciało ma charakterystyczną temperaturę krzepnięcia (topnienia). Przykładowo: ołów krzepnie w temperaturze 327°C, woda – 0°C , a wolfram, którego używamy w żarówkach – ok. 3400°C.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Film przedstawiający topnienie i krzepnięcie szczawianu potasu w przyspieszonym tempie, wraz z pokazaną temperaturą, w której proces zachodzi.

Ćwiczenie 4

Uzupełnij puste miejsce.

Zjawiskiem odwrotnym do krzepnięcia jest [ ].

Ciekawostka

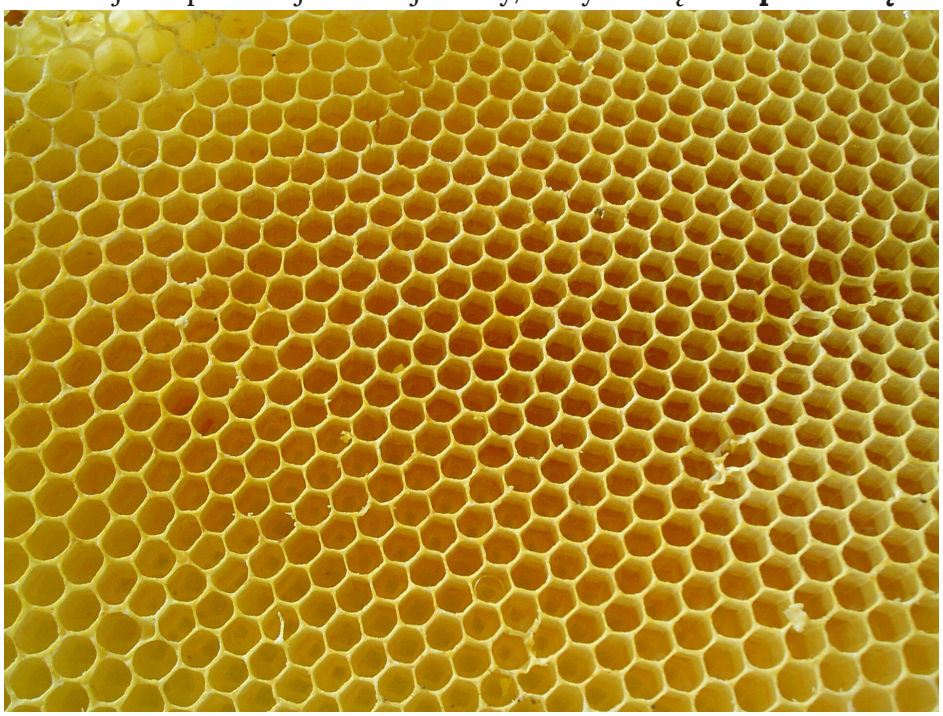
Burza lodowa to zjawisko pogodowe, w trakcie którego krople deszczu natychmiast zamarzają na powierzchni, na którą spadły i tworzą warstwę lodu.

3.3. Mięknięcie

Niektóre ciała, np. wosk, szkło lub tworzywa sztuczne, nie mają określonej temperatury topnienia. Gdy ciała te są ogrzewane, robią się coraz bardziej miękkie, plastyczne i płynne.

> **mięknięcie**
>
> – zjawisko przejścia ciała ze stanu stałego do ciekłego bez ustalonej temperatury przemiany.

Mięknięcie jest podobne do topnienia, ale w odróżnieniu od niego odbywa się w pewnym (rosnącym) zakresie temperatur (topnienie ma zawsze określoną temperaturę). Temperatura, w której ten proces jest inicjowany, nazywa się **temperaturą mięknięcia**.



Ćwiczenie 5

Do szklanki z gorącą wodą włożono kostkę lodu i kostkę cukru. Co się stanie z lodem i cukrem? Wybierz prawidłową odpowiedź.

- ◯ Cukier stopi się, a lód się rozpuści.
- ◯ Cukier i lód rozpuszczą się.
- ◯ Cukier się rozpuści, a lód się stopi.

3.4. Parowanie

Kałuże, które powstają podczas deszczu, w końcu zawsze wysychają. Podobnie jest z wilgotnym praniem. Jaka jest tego przyczyna? Odpowiada za to proces, który zachodzi **w każdej temperaturze** – parowanie. Pranie wysycha szybciej, gdy powietrze ma wyższą temperaturę. Podobnie kałuże znikają szybciej, gdy jest cieplej. Dlaczego? Podczas podgrzewania cieczy cząsteczki zaczynają przemieszczać się coraz szybciej. W rezultacie niektóre z nich poruszają się wystarczajaco szybko, by oderwać się od powierzchni cieczy i przejść w stan lotny.

parowanie

– zmiana stanu skupienia polegająca na przejściu ciała ze stanu ciekłego w parę (stan gazowy). Zjawisko to zachodzi na powierzchni cieczy.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D43ny6rNh

Pozostaje jednak do wyjaśnienia wiele wątpliwości. Dlaczego niektóre ciecze w tej samej temperaturze parują szybciej niż inne? Szybciej wyparuje głęboka kałuża, czy rozległa, o dużej powierzchni? Pranie wyschnie szybciej w dzień wietrzny, czy bezwietrzny?

Im większa powierzchnia cieczy, tym więcej cząsteczek jednocześnie może się z niej uwolnić. Ruch powietrza nad powierzchnią (np. wiatr) znacznie przyspiesza proces parowania. Dzieje sie tak, ponieważ w pobliżu powierzchni cieczy gromadzi sie dużo cząsteczek pary. Powiew wiatru usuwa te cząsteczki i wtedy powierzchnię cieczy mogą opuszczać kolejne cząsteczki.

> **Zapamiętaj!**
>
> Parowanie cieczy zależy od:
>
> - rodzaju cieczy;
> - wielkości powierzchni cieczy;
> - ruchu powietrza nad cieczą;
> - temperatury cieczy;
> - ilości cząsteczek pary nad cieczą;
> - temperatury otoczenia.

Ćwiczenie 6

Wybierz prawidłową odpowiedź.

- ◯ Parowanie cieczy może zachodzić tylko w ściśle określonej temperaturze.
- ◯ Parowanie zachodzi wolniej przy wietrznej pogodzie.
- ◯ Parowanie cieczy zachodzi przy dowolnej temperaturze cieczy.

Ciekawostka

Parowanie odbywa się najszybciej w próżni, tzn. wtedy, gdy nad powierzchnią swobodną cieczy nie ma powietrza ani innego gazu.

Ciekawostka

Czy zwróciliście uwagę na to, że w języku potocznym mówimy „para wodna", a nie „gaz wodny", natomiast o powietrzu (a także tlenie, azocie czy wodorze) mówimy „gaz", a nie „para powietrza, azotu, tlenu, wodoru"? Wynika z tego, że pojęcia gaz i para, choć oba potocznie nazywane „ciałami lotnymi", nie są tożsame. Czym więc różni się gaz od pary? Różnią się sposobem skraplania. Jeżeli chcecie sie dokładniej zapoznać z tym zagadnieniem, to poszukajcie informacji o dwóch polskich fizykach – Zygmuncie Wróblewskim i Karolu Olszewskim.

3.5. Wrzenie

Powszechnie znanym zjawiskiem jest wrzenie wody, podczas którego niezliczona ilość bąbelków pojawia się w całej jej objętości. W taki bardzo charakterystyczny sposób proces wrzenia przebiega we wszystkich cieczach.

wrzenie

– przemiana cieczy w gaz, przypominająca zjawisko parowania. Zjawisko zachodzi jednak nie tylko na powierzchni cieczy, lecz w całej jej objętości.

Każda ciecz ma określoną temperaturę wrzenia. Temperatura ta w dużej mierze zależy od warunków zewnętrznych.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Jaka jest temperatura wrzenia wody w temperaturze pokojowej i przy normalnym ciśnieniu powietrza?

Hipoteza

Wrzenie wody zachodzi w stałej temperaturze wynoszącej $100^{o}C$.

Co będzie potrzebne

- zlewka lub inne naczynie (może być metalowy garnuszek);
- palnik gazowy albo kuchenka (ewentualnie grzałka elektryczna);
- woda;
- termometr;
- podkładka, np. ceramiczna, pod zlewkę (nie można jej ogrzewać bezpośrednio płomieniem palnika);
- statyw do termometru;
- stojak do zlewki.

Instrukcja

1. Napełnij zlewkę wodą do ¾ objętości.

2. Ustaw zlewkę na stojaku nad palnikiem gazowym i podłóż pod nią podkładkę (lub użyj grzałki albo kuchenki).

3. Na statywie ustaw termometr, tak by jego końcówka zanurzyła się w wodzie (końcówka termometru nie może dotykać dna ani ścianek naczynia).

4. Obserwuj zmianę wskazań termometru aż woda się zagotuje.

Jaką temperaturę miała woda podczas wrzenia? Czy ta temperatura się zmieniała?

Podsumowanie

Woda wrze w stałej temperaturze wynoszącej ok. 100°C.

3.6. Skraplanie

Skąd na chłodnym lustrze lub zimnej szybie biorą się kropelki wody? Gdy para wodna natrafi na chłodny przedmiot, obniża swoją temperaturę i przechodzi ze stanu gazowego w ciekły (w języku fizyki mówimy, że para wodna się skropliła). Kropelki skroplonej pary zaczynają się łączyć ze sobą i w efekcie możemy zaobserwować pojawiające się krople wody.

skraplanie

– zjawisko polegające na przejściu pary lub gazu w stan ciekły.

Skraplanie pary wodnej możemy zaobserwować, gdy para wodna wydostaje się z czajnika – w pewnej odległości od dzióbka czajnika pojawia się mgiełka. To właśnie skroplona para wodna, która się ochłodziła, ponieważ trafiła na powietrze o niższej temperaturze. W ten sam sposób powstają chmury. Zjawisko to można też zaobserwować w chłodniach kominowych w elektrowniach.

Ćwiczenie 7

Kasia, Asia i Marek rozmawiają o tym skąd bierze się rosa na trawie i dlaczego powstaje ona nad ranem. Zapoznaj się z opinią każdej z osób i wskaż poprawną odpowiedź.

- ◯ Asia: Rosa powstaje wskutek skroplenia pary wodnej na trawie, ponieważ skraplanie łatwiej zachodzi na małych powierzchniach, jak np. liście trawy.
- ◯ Marek: Rosa powstaje na skutek odparowania wody z gruntu, na którym rośnie trawa.
- ◯ Kasia: Rosa powstaje wskutek skroplenia pary wodnej podczas jej oziębienia nad ranem, gdy temperatura przy gruncie obniża się.

3.7. Sublimacja

Dlaczego zimą, mimo że temperatura powietrza jest bardzo niska, z czasem maleje ilość śniegu? Nie widać przecież, żeby się roztopił, tym bardziej że termometr za oknem wskazuje temperaturę poniżej 0°C.

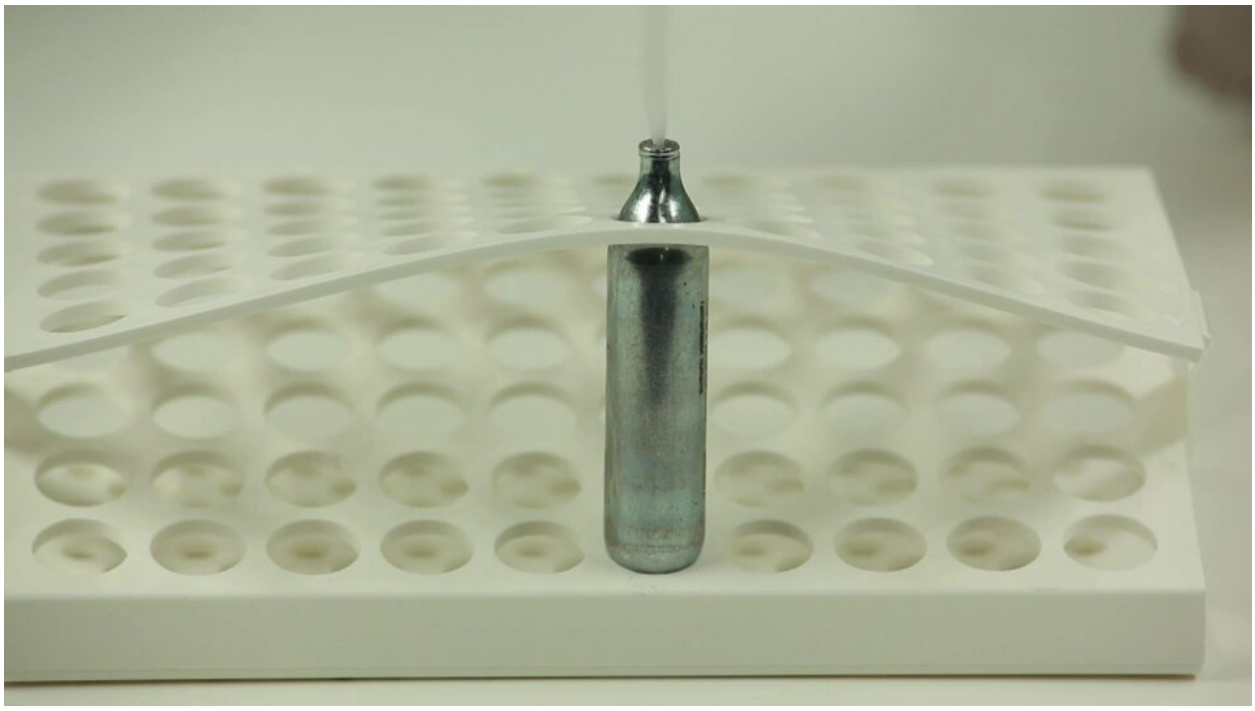
Czasem wyczuwamy zapach naftaliny. Niektórzy z was wiedzą, że taki zapach rozchodzi sie od kulek włożonych do szaf, które chronią ubrania przed molami. Jak działa taka kulka? Czujemy jej zapach – można by pomyśleć, że wyparowała, ale parowanie to przejście ze stanu ciekłego w gazowy, a kulka pozostaje przecież w stanie stałym. Zarówno ubywanie śniegu, jak i rozchodzenie się zapachu od kulek naftaliny to proces nazywany sublimacją.

> **sublimacja**
>
> – zjawisko bezpośredniego przejścia ciała ze stanu stałego w stan gazowy, z pominięciem stanu ciekłego.

3.8. Resublimacja

Chłodnym rankiem, o różnych porach roku, gdy temperatura otoczenia przy gruncie spada poniżej 0°C, możemy zaobserwować zjawisko powstawania szronu na trawie, liściach czy nawet siatkach ogrodzeń. **Szron** powstaje w wyniku gwałtownego oziębienia się wilgotnego powietrza. Mechanizm powstawania tego zjawiska możesz obejrzeć na poniższym filmie.

> **Uwaga!**
>
> Nie powinieneś przeprowadzać tego doświadczenia samodzielnie w warunkach domowych. Jeśli w domu masz tzw. syfon, doświadczenie możesz wykonywać tylko pod nadzorem osoby dorosłej, która potrafi posługiwać się syfonem do otrzymywania wody gazowanej.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Demonstrator bierze nabój gazowy i szpikulec w drugą rękę. Przebija membranę lutu zamykającą szyjkę naboju. Dziura musi być dość duża. Szybko wyjmuje ostrze szpikulca i demonstruje do kamery trzymany w ręku nabój, z którego gwałtownie wydobywa się gaz. Szyjka naboju gwałtownie się ochładza na skutek adiabatycznego rozprężania gazu, na szyjce pojawia się biały szron z pary wodnej zawartej w powietrzu.

Za powstawanie szronu odpowiada zjawisko resublimacji – para wodna zamienia się bezpośrednio w kryształki lodu – ciało stałe.

> **resublimacja**
>
> – zjawisko bezpośredniego przejścia ciała ze stanu gazowego w stan stały, z pominięciem stanu ciekłego.
> **Polecenie 1**
>
> Zastanów się i odpowiedz na pytanie: dlaczego w zamrażalniku twojej lodówki powstaje szron?

Ćwiczenie 8

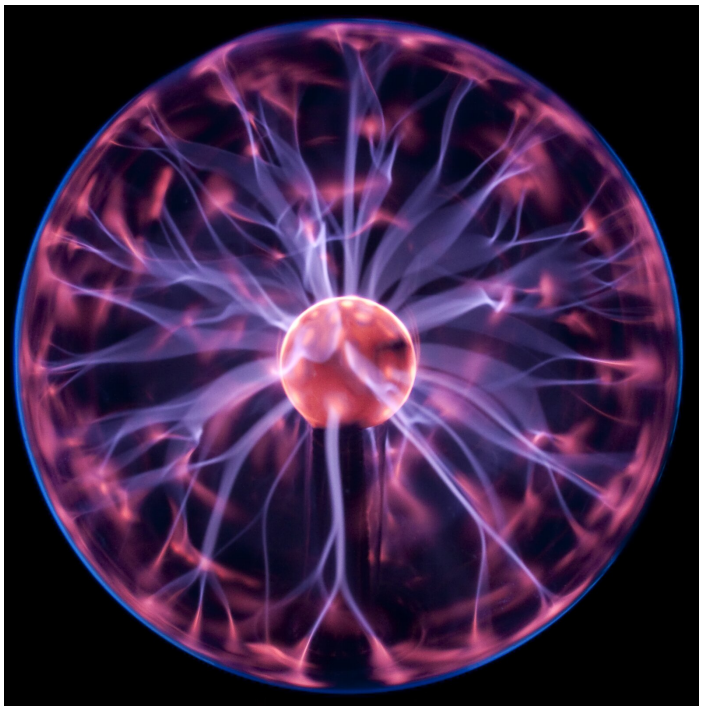
Które informacje są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Sublimacja to zjawisko przejścia ze stanu stałego do gazowego, z pominięciem stanu ciekłego.	◯	◯
Sublimacja to zjawisko przejścia ze stanu stałego do gazowego, z pominięciem stanu ciekłego.	◯	◯
Lody na patyku rozpuszczają się pod wpływem działania wysokiej temperatury.	◯	◯

4. Czwarty stan skupienia – plazma

Opisaliśmy większość przejść spotykanych na co dzień, zachodzących między różnymi stanami skupienia materii (zwanych też często przemianami fazowymi). Do którego z poznanych stanów skupienia materii można zaliczyć piorun albo płomień świecy?

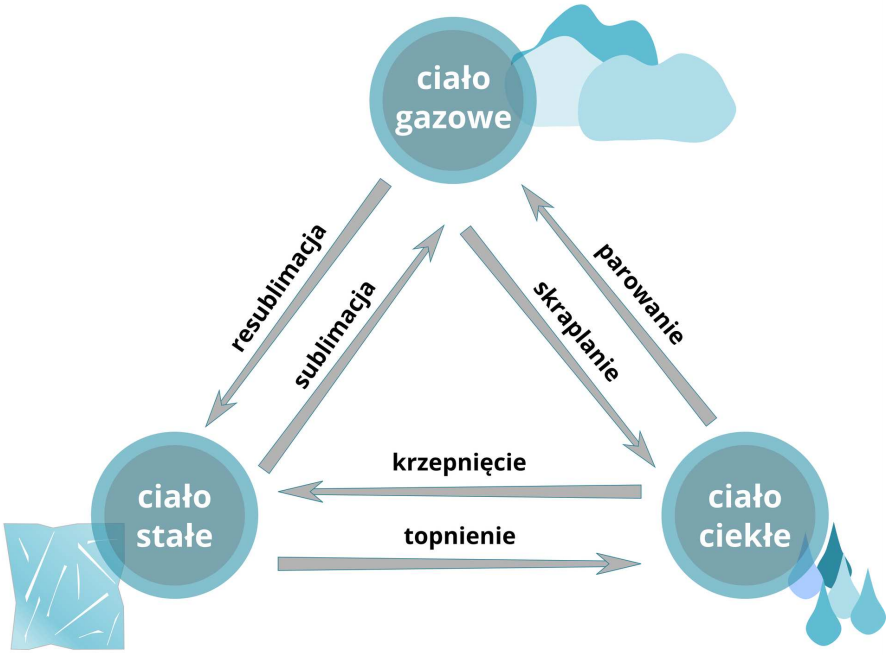
Obserwacje otaczającego świata pokazały, że istnieje jeszcze czwarty stan skupienia materii, nazywany plazmą. Plazma to nic innego jak właśnie płomień świecy lub to, z czego zbudowane jest wnętrze gwiazdy.
Plazmę możesz zobaczyć także w lampkach nazywanych potocznie kulami plazmowymi.



> **Ciekawostka**
>
> Plazmotron to urządzenie, którego zadaniem jest wytwarzanie plazmy. Znalazł zastosowanie w technice cięcia i spawania materiałów wyjątkowo trudnych w obróbce, takich jak stal nierdzewna czy beton.

Podsumowanie

- Ciała występują w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym.
- Ciała stałe mają określone: kształt i objętość.
- Ciecze przyjmują kształt naczynia, w którym się znajdują, ale zachowują swoją objętość.
- Gazy – podobnie jak ciecze – przybierają kształt naczynia, w którym zostały umieszczone, ale w przeciwieństwie do cieczy wypełniają całą jego objętość.
- Na co dzień obserwujemy wiele zjawisk związanych ze zmianami stanów skupienia. Podsumujmy je za pomocą schematu.



- Zjawisko topnienia polega na zmianie stanu skupienia ciała ze stanu stałego w stan ciekły. Zachodzi w stałej temperaturze, nazywanej temperaturą topnienia.
- Krzepnięcie to zmiana stanu skupienia ciała z ciekłego na stały. Proces ten może przebiegać w odwrotną stronę (topnienie).
- Niektóre ciała przechodzą ze stanu stałego do stanu ciekłego bez ustalonej temperatury przemiany. W pewnym przedziale temperatur ciało stopniowo mięknie i przechodzi w ciecz. Taki proces nazywamy mięknięciem.
- Parowanie zmiana stanu skupienia polegająca na przejściu ciała ze stanu ciekłego w parę (stan gazowy). Zachodzi na powierzchni cieczy.
- Wrzenie to przemiana cieczy w gaz. Przypomina parowanie, ale w przeciwieństwie do niego nie odbywa się jedynie na powierzchni cieczy, ale jednocześnie w całej jej objętości.
- Skraplanie to zjawisko polegające na przejściu pary lub gazu w stan ciekły.
- Sublimacja to zjawisko bezpośredniego przejścia ze stanu stałego w stan gazowy, z pominięciem stanu ciekłego.
- Resublimacja to zjawisko bezpośredniego przejścia ze stanu gazowego w stan stały, z pominięciem stanu ciekłego.
- Plazma – czwarty stan skupienia materii, w którym nośniki dodatnich i ujemnych ładunków tworzą gaz.

Praca domowa

Polecenie 2.1

Podczas gorącej kąpieli na łazienkowym lustrze pojawiają się małe kropelki wody. Wyjaśnij pisemnie, jak nazywa się to zjawisko i dlaczego ono zachodzi..

Polecenie 2.2

Wymienione substancje (wszystkie znajdują się w temperaturze pokojowej, a ciśnienie jest normalne) przyporządkuj do odpowiednich kolumn: dwutlenek węgla, mgła, koks, rtęć, guma, tlen, hel, nafta, kurz, wodór, scukrzony miód.

Substancje i ich stany skupienia

Gaz	Ciecz	Ciało stałe

Słowniczek

para wodna

– woda znajdująca się w stanie lotnym. Para wodna w wyższej temperaturze przechodzi w gaz.

plazma

– czwarty stan skupienia materii, w którym nośniki dodatnich i ujemnych ładunków tworzą rodzaj gazu (gaz zjonizowany).

stan skupienia

– postać występowania materii. Wyróżniamy trzy stany skupienia: gaz, ciecz i ciało stałe.

stop Wooda (stop Lipowitza)

– stop o bardzo niskiej temperaturze topnienia (66,5°C). W skład tego stopu wchodzą: bizmut, ołów, cyna i kadm. Stop Wooda stosowany jest głównie w jubilerstwie (służy do lutowania).

szron

– osad atmosferyczny; wynik kontaktu pary wodnej z podłożem o temperaturze niższej niż 0°C. Zachodzi wówczas zjawisko resublimacji pary wodnej.

Wyznaczanie gęstości materii

Być może zauważyłeś, że czasem ciało o niewielkich rozmiarach ma dużą masę, a ciała o sporych rozmiarach (np. pudło styropianowe) możemy łatwo podnieść, bo ich masa jest niewielka. Aby to wyjaśnić, wprowadzimy pojęcie gęstości ciała. Pozwoli ci ono zrozumieć opisaną poniżej sytuację i wiele innych zagadnień.

Rtęć zachowuje się pozornie jak woda ale jej gęstość jest aż 13,5-krotnie większa od gęstości wody!

Uwaga: ze względu na swoje trujące właściwości, rtęć nie może być używana w doświadczeniach przeprowadzanych w szkole.

Już potrafisz

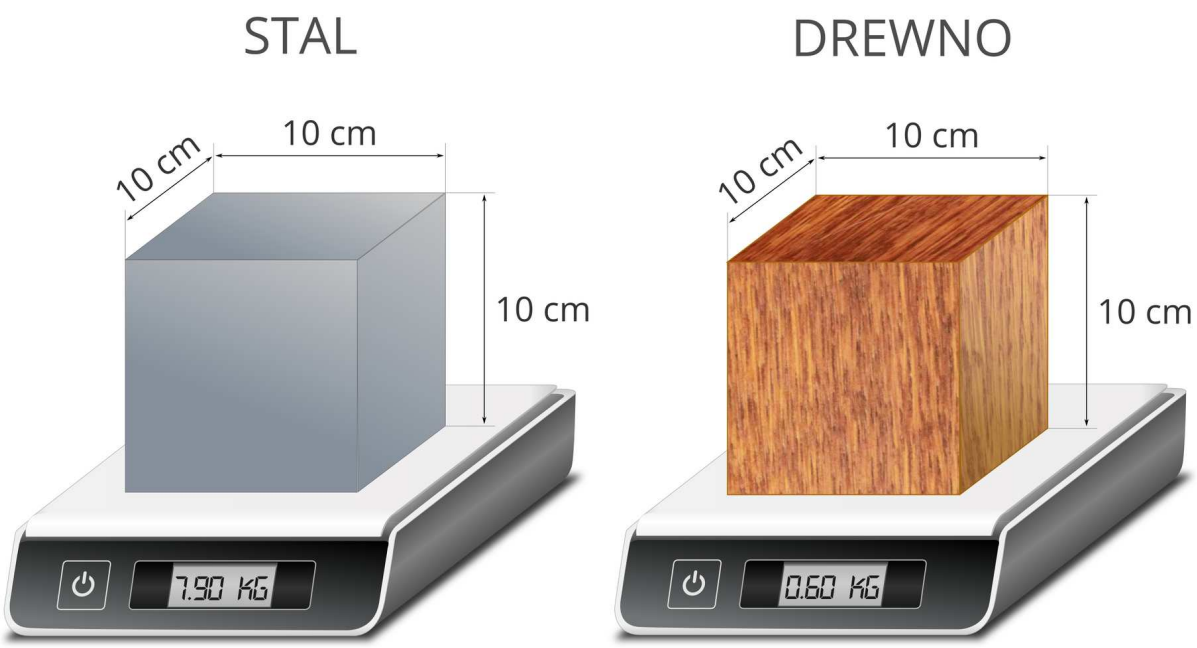
- stwierdzić, że materia ma budowę cząsteczkową;
- dokonać podziału materii na trzy stany skupienia: stały, ciekły i gazowy;
- stwierdzić, że masa jest miarą ilości materii;
- podać definicję objętości ciała.

Nauczysz się

- obliczać gęstość ciała;
- posługiwać się pojęciem gęstości ciała, potrzebnym do analizowania zjawisk;
- wyrażać gęstość w jednostkach układu SI;
- wykonywać działania na jednostkach gęstości (w tym: zamieniać jednostki);
- uzasadniać, dlaczego ciała zbudowane z różnych substancji mają różną gęstość;
- korzystać ze związku miedzy masą, gęstością i objętością ciała do wykonywania różnych obliczeń;
- porównywać gęstości różnych substancji, zamieszczone w tablicach wielkości fizycznych.

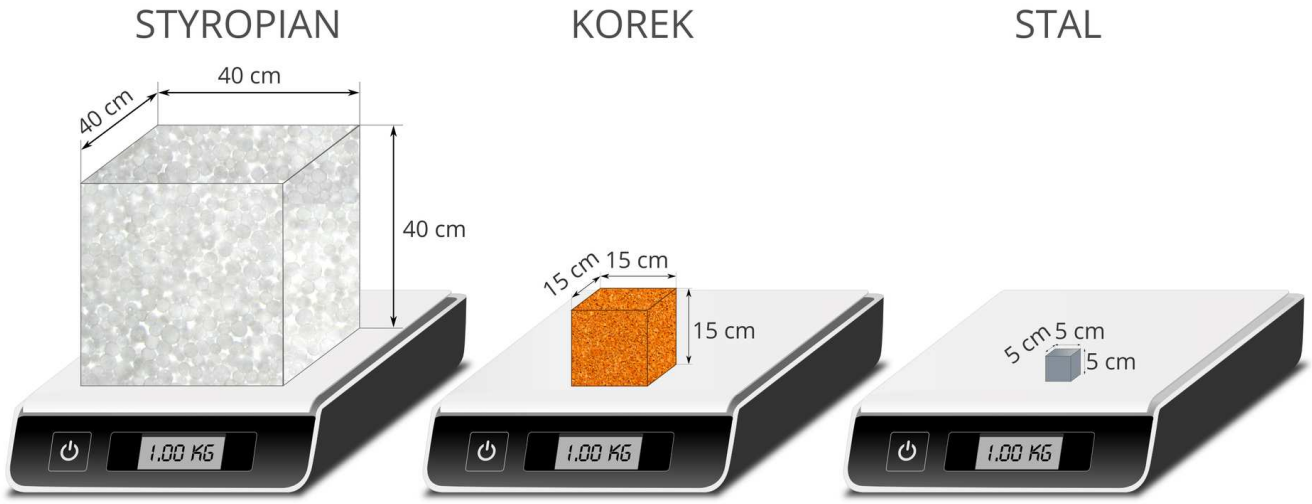
1. Rozmiary ciał a ich masa

Niekiedy zaskakuje cię ciężar pewnych przedmiotów, np. gdy niesiesz dwie płyty (styropianową i gipsowo-kartonową) o tych samych rozmiarach, czujesz, że ich masy zdecydowanie się różnią. W codziennym życiu możesz się także przekonać, że drewniany sześcian jest lżejszy od sześcianu ze stali o tym samym kształcie i identycznym rozmiarze.



Porównanie mas sześcianów wykonanych z drewna i stali o tych samych rozmiarach

Z drugiej strony, przedmioty o różnych rozmiarach mogą mieć taką samą **masę**. Trudno to przewidzieć bez znajomości materiałów, z których dane przedmioty zostały wykonane. Największa bryła została zrobiona ze styropianu, średnia z korka, a najmniejsza ze stali.



Sześciany o masie 1 kg wykonane z różnych z różnych materiałów

Dzięki odpowiedniemu doborowi wymiarów wszystkie pokazane na rysunku sześciany ma masę 1 kg.

Zapamiętaj!

Masa ciała zależy zarówno od materiału, z jakiego zostało ono wykonane, jak i od jego wymiarów (objętości).

Ćwiczenie 1

Przeczytaj poniższe zdania. Które z nich są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Ciała o tych samych wymiarach muszą posiadać zawsze taką samą masę.	◯	◯
Ciała o tych samych wymiarach mogą mieć różną masę.	◯	◯
Ciała o tej samej masie muszą mieć zawsze identyczne wymiary.	◯	◯

2. Objętość

Objętośćto wielkość fizyczna, która jest miarą przestrzeni zajmowanej przez dane ciało. W układzie SI jednostką objętości jest metr sześcienny. Spróbuj wyobrazić sobie kostkę (lub pokaż ją za pomocą rąk) o wymiarach 1 m na 1 m na 1 m. Na co dzień używamy mniejszych jednostek takich jak decymetry sześcienne (litry) i centymetry sześcienne (mililitry). Wyobraź sobie lub pokaż za pomocą rąk kostkę o objętości 1 dm^3 (wymiary 10 cm na 10 cm na 10 cm).

Jak wyznaczyć objętość ciała o dowolnym kształcie?

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Wyznaczanie objętości ciał o dowolnym kształcie

Wyznaczanie objętości ciał o dowolnym kształcie

Polecenie 1

Za pomocą metody opisanej w filmie, wyznacz objętość ciała o nieregularnym kształcie. Może to być np. duża śruba lub łyżeczka do herbaty.

> **Uwaga!**
>
> Po obejrzeniu filmu zastanów się, co wpływa na zmianę objętości wody wypieranej przez klucz zawieszony na łańcuszku. Co trzeba zrobić, aby możliwie dokładnie wyznaczyć tą metodą objętość śruby lub łyżeczki?

Ćwiczenie 2

Zaznacz poprawną odpowiedź.

- ◯ Objętość informuje o tym, ile wody zmieści się w danym ciele.
- ◯ Objętość informuje o tym, jak ciężkie jest ciało.
- ◯ Objętość informuje o tym, jak dużą przestrzeń zajmuje ciało.

3. Zależność masy od objętości

Czy ciała o większej masie mają większą objętość, a ciała o większej objętości – większą masę? Aby się o tym przekonać, przeprowadź prosty eksperyment.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy przedmiot wykonany z takiego samego materiału, ale mający większą objętość, ma większą masę?

Hipoteza

Im większa jest objętość ciał wykonanych z tego samego materiału, tym większa jest ich masa. Stosunek masy do objętości pozostaje stały.

Co będzie potrzebne

- zestaw odważników 200 g, 100 g, 50 g i 20 g, wykonanych z tego samego materiału;
- wyskalowane naczynie (menzurka);
- woda.

Instrukcja

1. Za pomocą menzurki zmierz objętość poszczególnych odważników.
2. Wyniki pomiarów zapisz w tabeli.
3. Przerysuj poniższą tabelę do zeszytu i ją uzupełnij..
4. Zilustruj graficznie wyniki pomiarów. Wykonaj wykres zależności masy ciała od jego objętości m(V). Najpierw narysuj oś poziomą, która będzie przedstawiała zmiany objętości wyrażone w centymetrach sześciennych, potem zaś – oś pionową. Zaznacz na niej

wartości masy wyrażone w gramach. Na tak przygotowany układ współrzędnych nanieś odpowiednie punkty (posłuż się wartościami zapisanymi w tabeli).

Podsumowanie

Z przeprowadzonego doświadczenia wynika, że masa ciała rośnie wraz ze wzrostem objętości – masa rośnie tyle razy, ile rośnie objętość. Dla danej substancji stosunek masy ciała do jego objętości jest stały.

Doświadczenie pokazało, że masa ciała zmienia się wraz ze zmianą jego objętości. Dwukrotny wzrost objętości ciała powoduje dwukrotny wzrost jego masy, trzykrotny wzrost objętości ciała – trzykrotny wzrost jego masy itd. Oznacza to, że dla ciał wykonanych z tego samego materiału iloraz masy i objętości musi pozostać stały.

$$\frac{\text{masa}}{\text{objętość}} = \frac{m}{V} = \text{wartość stała}$$

Zapamiętaj!

Warto zaznaczyć, że rozpatrujemy tylko ciała o budowie jednorodnej (substancja jest rozłożona równomiernie w przestrzeni zajmowanej przez ciało, np. kostkę ze stali). Nie bierzemy pod uwagę ciał mających w środku duże puste przestrzenie (np. pudełka wykonanego z blachy stalowej).

Ćwiczenie 3

Które odpowiedzi są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Stosunek masy do objętości dla ciał wykonanych z tej samej substancji jest zawsze taki sam.	◯	◯
Stosunek masy do objętość dla ciał wykonanych z różnych substancji zawsze będzie taki sam.	◯	◯
Wraz ze wzrostem objętości ciał wykonanych z tego samego materiału, rośnie ich masa.	◯	◯

4. Gęstość ciał

Iloraz masy i objętości danego ciała nazywamy jego**gęstością**. Z doświadczenia z poprzedniego paragrafu wiesz już, że w przypadku ciał wykonanych z tego samego materiału iloraz masy i objętości pozostaje stały. Gęstość jest więc wielkością charakterystyczną dla danej substancji. Jednostką gęstości w układzie SI jest kg na metr sześcienny. Oznaczamy ją literą d lub rzadziej grecką literą ρ („ro”).

> **gęstość (d)**
>
> – wartość ilorazu masy (m) ciała i jego objętości (V) stała dla danej substancji.

Wzór na gęstość:

$$d = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$$

gdzie: d – gęstość; m – masa ciała; V – jego objętość.

> **Zapamiętaj!**
>
> Gdy podajesz gęstość w kilogramach na metr sześcienny, dowiadujesz się, jaką masę w kilogramach ma jeden metr sześcienny substancji.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DhnIhGgtF

Wyznaczanie gęstości wybranych ciał

Podstawową jednostką gęstości jest kilogram na metr sześcienny. W praktyce dla wygody dość często wyrażamy gęstości ciał w mniejszych jednostkach, np. $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. W takiej sytuacji musimy skorzystać z zależności między jednostkami.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Przeliczanie wybranych jednostek

Demonstrator na tle tablicy. Gęstość, tak jak i inne wielkości fizyczne, można wyrazić w różnych jednostkach. Najczęściej używane to: kilogram na metr sześcienny i gram na

centymetr sześcienny. Zobaczmy, w jaki sposób przeliczamy te jednostki. Mamy tu do czynienia z jednostkami masy, kilogramami i gramami oraz jednostkami objętości: metrami sześciennymi i centymetrami sześciennymi. Z jednostkami masy jest łatwo. Pamiętamy, że 1 kilogram to 1000 gramów. Tym samym 1 gram to jedna tysięczna kilograma. Z objętością jest nieco trudniej. Pamiętamy, że 1 metr to 100 centymetrów, czyli 1 cm to jedna setna metra. Ale czy to oznacza, że 1 metr sześcienny to 100 centymetrów sześciennych? Nic bardziej mylnego!Pomóżmy sobie rysunkiem. 1 metr sześcienny to objętość sześcianu o boku 1 m, czyli 100 cm. 1 centymetr sześcienny to objętość sześcianu o boku 1 cm, czyli kosteczki zamalowanej na czerwono. Ile takich kosteczek mieści się w dużym sześcianie? Łatwo to policzyć: wszerz jest 100 takich kosteczek, w głąb również 100 i na wysokość także 100. Razem więc zmieści się w dużej kostce sto razy sto razy 100 małych kosteczek. A więc 1 metr sześcienny to milion centymetrów sześciennych. Na odwrót: jeden centymetr sześcienny to jedna milionowa metra sześciennego. Teraz możemy wrócić do przeliczenia jednostek gęstości. Przeliczmy np. 300 kilogramów na metr sześcienny na gramy na cm sześcienny. 300 przepisujemy, 1 kilogram to 1000 gramów, a 1 metr sześcienny to milion cm sześciennych. Teraz tylko upraszczamy, skracając ułamek, i otrzymujemy wynik trzy dziesiąte grama na centymetr sześcienny.

Ciekawostka

Gęstość ma związek z utrzymywaniem się ciał na powierzchni cieczy – w zależności od tego, jaka jest gęstość ciała w porównaniu z gęstością cieczy, ciało będzie tonąć lub utrzymywać się powierzchni cieczy. Wynika to z **prawa Archimedesa**.

Ciekawostka

Bloczki z gazobetonu (betonu komórkowego), używane do budowy domów, są lżejsze niż te betonowe (o tych samych rozmiarach), ponieważ zawierają dużo pęcherzyków powietrza. Dzięki temu gęstość betonu komórkowego jest mniejsza niż gęstość zwykłego betonu.

Ciekawostka

Gęstość substancji zmienia się wraz ze zmianą temperatury i/lub ciśnienia.

Ćwiczenie 4

Adrian, Lech i Marek rozmawiają o znaczeniu gęstości. Zapoznaj się z opinią każdej z osób i zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

- ◯ Lech: W pewnej objętości wody jest mniej cząsteczek niż w takiej samej objętości lodu.
- ◯ Marek: W danej objętości wody i lodu jest tyle samo cząsteczek.
- ◯ Adrian: W pewnej objętości wody jest więcej cząsteczek niż w takiej samej objętości lodu.

5. Gęstości różnych substancji

W wielu sytuacjach gęstość jest cenną wskazówką pozwalającą rozpoznać, z jakiego materiału jest wykonane dane ciało. Aby ułatwić to zadanie, stworzono tabele gęstości wybranych substancji. Pamiętajmy jednak, że wiele substancji ma zbliżone gęstości. Właściwą klasyfikację komplikują również stopy o różnym składzie chemicznym.

Przykłady substancji o zbliżonych gęstościach

Ciało	$d\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right]$
grafit	2300–2720
gips	2320
krzem	2330
beryl	2700
aluminium	2720
kwarc	2750

Zapoznaj się z tablicami gęstości wybranych ciał stałych w temperaturze 20°C. Poniżej umieszczono tablice gęstości ciał stałych, cieczy i gazów.

Gęstości wybranych ciał stałych

Ciało stałe	$d\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right]$

cynk	7131
drewno topoli	350–400
drewno lipy	320–590
drewno sosny	370–600
drewno dębu	600–900
duraluminium	2790
kwarc	2300–2700
miedź	8960
mosiądz	8200–8950
ołów	11 336
platyna	21 410
stal nierdzewna	8100
złoto	19 320
żelazo kute	7800–7900
lód (0°C)	920
sól kamienna	2160

Gęstości wybranych cieczy

Ciecze	$d\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right]$
alkohol etylowy	791
ciekły azot (−196°C)	808
benzyna	700
eter	720
gliceryna	1260
nafta	800
oliwa	920
rtęć	13 550
woda destylowana (4°C)	1000
ciekły wodór (−253°C)	71

Gęstości wybranych gazów (pod ciśnieniem atmosferycznym 1013 hPa)

Gazy	$d\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right]$
argon	1,784
azot	1,250
chlor	3,22
dwutlenek węgla	1,98
etan	1,36
hel	0,178
metan	0,717
powietrze	1,293
tlen	1,429
wodór	0,09

Podsumowanie

- Masa ciała zależy zarówno od materiału, z jakiego zostało ono wykonane, jak i od objętości tego ciała.
- Objętość to wielkość fizyczna, która jest miarą przestrzeni zajmowanej przez dane ciało.
- W przypadku ciał wykonanych z tego samego materiału iloraz masy i objętości jest stały.

$$\frac{\text{masa}}{\text{objętość}} = \frac{m}{V} = \text{wartość stała}$$

- Gęstość (d) to wartość ilorazu masy (m) i objętości (V). Gęstość oblicza się za pomocą wzoru:

$$d = \frac{m}{V}\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right]$$

gdzie: m – masa ciała; V – jego objętość.

- Gęstość podana w kilogramach na metr sześcienny to informacja, jaką masę w kilogramach ma jeden metr sześcienny substancji.
- Na podstawie pobranej próbki danego materiału i wyznaczenia jego gęstości możemy spróbować określić rodzaj substancji, z jakiej został wykonany ten materiał. Korzystamy wtedy z tabeli gęstości wybranych substancji.

Praca domowa

Polecenie 2.1

Zamień jednostki i wpisz odpowiednią wartość:
$21\ \mathrm{mm^3} = \ldots\ldots\ldots\ \mathrm{dm^3}$
$15\ \mathrm{m^3} = \ldots\ldots\ldots\ \mathrm{cm^3}$
$36\ \mathrm{dm^3} = \ldots\ldots\ldots\ \mathrm{m^3}$
$4\ \mathrm{dm^3} = \ldots\ldots\ldots\ \mathrm{cm^3}$
$4{,}5\ \mathrm{cm^3} = \ldots\ldots\ldots\ \mathrm{dm^3}$

Polecenie 2.2

Zamień jednostki i wpisz odpowiednią wartość:
$4\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} = \ldots\ldots \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm^3}}$
$49\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} = \ldots\ldots \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{dm^3}}$
$35\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} = \ldots\ldots \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m^3}}$
$67\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} = \ldots\ldots \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{cm^3}}$

Polecenie 2.3

Staś, Zuzia i Marek rozmawiają o najsilniejszym uczniu w szkole, który jest w stanie podnieść ciało o masie $65\ \mathrm{kg}$. Czy temu uczniowi udałoby mu się podnieść 6-litrowe naczynie wypełnione rtęcią? Gęstość rtęci wynosi $13\ 550\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}}$.

Polecenie 2.4

Oblicz gęstość ciała, które po zanurzeniu w wodzie wypełniającej częściowo menzurkę zmieniło jej poziom z $52\ \mathrm{cm^3}$ do $75\ \mathrm{cm^3}$. Przyjmij, że masa ciała wynosiła 50,6 g. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Polecenie 2.5

O ile wzrośnie masa samochodu, gdy pusty zbiornik paliwa o objętości 40 l całkowicie wypełnimy benzyną? Gęstość benzyny odczytaj z tablicy gęstości wybranych cieczy.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Masa i ciężar ciała
- Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności

Słowniczek

masa

– miara ilości substancji; zależy zarówno od materiału, z jakiego zostało wykonane, jak i od wymiarów danego ciała.

objętość

– wielkość fizyczna, która jest miarą przestrzeni zajmowanej przez dane ciało.

gęstość

– wartość ilorazu masy (m) ciała i jego objętości (V).

Zadania

Ćwiczenie 5

Które informacje, dotyczące wyznaczania objętości ciał o nieregularnych kształtach są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Nie da się wyznaczyć objętości takiego ciała bez poznania jego dokładnych wymiarów.	◯	◯
Objętość ciała o nieregularnych kształtach można wyznaczyć za pomocą menzurki.	◯	◯
Bez użycia skomplikowanej aparatury badawczej nie jesteśmy w stanie wyznaczyć objętości takich ciał.	◯	◯

Ćwiczenie 6

Asia, Marcel i Darek rozmawiają o możliwości sprawdzenia czy królewska korona została wykonana z czystego złota. Zapoznaj się z opinią każdej z osób i zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

- ◯ Darek: Jesteśmy w stanie sprawdzić, z czego wykonana jest korona po zważeniu jej.
- ◯ Asia: Można sprawdzić czy korona została wykonana z czystego złota, po wyznaczeniu jej gęstości i porównaniu jej z wartościami tablicowymi gęstości złota.
- ◯ Marcel: Nie jesteśmy w stanie sprawdzić, czy korona została wykonana ze szczerego złota bez wykonania analizy chemicznej.

Wyznaczanie gęstości ciał stałych za pomocą wagi i linijki

Czy można wyznaczyć gęstość za pomocą wagi i linijki? Czy jest to możliwe w przypadku każdego ciała o dowolnym kształcie? Jeśli chcesz poznać odpowiedzi na te pytania, czytaj dalej.

Wyznaczanie gęstości ciał o regularnych kształtach wymaga jedynie wyznaczenia ich masy i zmierzenia wymiarów oraz wykorzystania podstawowych wzorów geometrycznych

Już potrafisz

- stwierdzić, że masa jest miarą ilości materii;
- podać definicję objętości, jaką zajmuje ciało;
- obliczyć gęstość za pomocą odpowiedniego wzoru;
- odczytać gęstość substancji za pomocą tablic fizycznych.

Nauczysz się

- wyznaczać eksperymentalnie gęstość ciał o regularnych kształtach, np. prostopadłościanu, walca i kuli.

Przygotuj przed lekcją:

- kauczukową piłeczkę o średnicy nie większej niż 10 cm;
- monetę jednozłotową.

1. Wyznaczanie objętości brył

Jeśli badamy ciała o regularnych kształtach, procedurę wyznaczania ich objętości możemy uprościć. W tym celu należy skorzystać z zależności matematycznych, wiążących objętość z wymiarami liniowymi badanego ciała.

Polecenie 1

Oblicz gęstość gumowej piłeczki. Masa piłeczki wynosi 15 g, a jej średnica to 3 cm.

Wskazówka

Objętość kuli obliczamy ze wzoru:

$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3,$

gdzie: V – objętość kuli; π – liczba stała (przyjmij, że jest równa 3,14); r – promień kuli.

Ćwiczenie 1

Przeczytaj poniższe zdania i zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

- [ ] Średnicę kulki można wyznaczyć za pomocą suwmiarki.
- [ ] Średnicę kulki lub walca można wyznaczyć przy użyciu trzech klocków i linijki.
- [ ] Średnicę kulki można łatwo można łatwo zmierzyć linijką.

Polecenie 2

Oblicz objętość walca prostego o wysokości 0,2 m i średnicy 10 cm.

Wskazówka

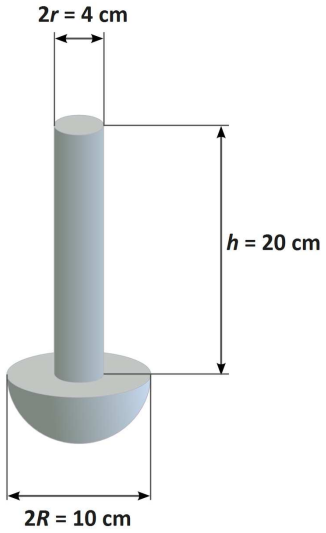
Skorzystaj ze wzoru na objętość walca prostego:

$V = \pi \cdot r^2 \cdot h,$

gdzie: V – objętość walca; π – stała, (przyjmij, że jest równa 3,14); r – promień podstawy walca.

Polecenie 3

Z dołączonego rysunku odczytaj wymiary poszczególnych części ciała i oblicz jego objętość.



2. Wyznaczanie gęstości ciał o kształtach regularnych

Gęstość ciała wyznaczamy na postawie znajomości jego masy i objętości. Objętość otrzymujemy metodą rachunkową – do wzoru podstawiamy uzyskane wymiary ciała. Waga laboratoryjna lub mniej dokładna waga kuchenna pozwalają wyznaczyć masę ciała.

$$\text{gęstość} = \frac{\text{masa}}{\text{objętość}}$$

$$d = \frac{m}{V}\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$$

Polecenie 4

Za pomocą poniższej aplikacji wyznacz gęstość ciał.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DRwQowIvw

Symulacja pomiaru gęstości ciał o kształtach regularnych

Polecenie 5

Wyznacz gęstość monety jednozłotowej.

Ciekawostka

Nawet jeśli nie znasz budowy wewnętrznej ciała, a chcesz wyznaczyć jego gęstość, wystarczy, że posłużysz się jedynie linijką i wagą. Otrzymasz wtedy wielkość nazywaną średnią gęstością ciała. Wnętrze przedmiotu może być niejednorodne. Oznacza to, że w jego wnętrzu mogą znajdować się wolne przestrzenie (kawerny) wypełnione gazem, które są przyczyną odchylenia pomiędzy rzeczywistą a przewidywaną masą ciała.

3. Obliczanie objętości i masy

$$m = d \cdot V$$

$$[\mathrm{kg}] = \left[\frac{kg}{\mathrm{m}^3} \cdot \mathrm{m}^3\right]$$

W jaki sposób możesz wyznaczyć objętość ciała, jeśli znasz jego gęstość?

$V = \frac{m}{d}\left[\mathrm{m}^3\right] = \left[\frac{kg}{\frac{kg}{\mathrm{m}^3}}\right]$,

gdzie:
m – masa;
d – gęstość;
V – objętość.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DRwQowIvw

Zostań mistrzem przekształceń

Polecenie 6

Wyznacz masę powietrza w swojej sali lekcyjnej. Jeśli nie jesteś w stanie wyznaczyć jej wymiarów, poproś o pomoc nauczyciela. Gęstość powietrza odczytaj z tablic fizycznych.

Polecenie 7

Pewien kierowca zapłacił za tankowanie samochodu 65 zł. Cena benzyny, którą nalał do baku auta, wynosiła 5,20 zł za litr.

1. Wykaż, że kierowca za 65 zł kupił $12{,}5\ \mathrm{l}$ benzyny.
2. Oblicz masę zakupionej benzyny, jeżeli jej gęstość wynosi $720\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Polecenie 8

Jeśli pływak ma płuca wypełnione powietrzem, może unosić się swobodnie tuż pod powierzchnią wody (np. w basenie). Gdy wydycha powietrze, zaczyna się zanurzać. Oblicz pojemność płuc pływaka. Przyjmij, że zmiana masy jego ciała wyniosła 3,87 g. Gęstość powietrza odczytaj z tablic fizycznych.

4. Niepewność wyniku pomiaru

Wykonaj z kolegami i koleżankami z klasy następujące doświadczenie: za pomocą linijki o długości 20 cm zmierzcie długość stołu. Niech każda z osób zapisze wynik swojego pomiaru i nie informuje pozostałych kolegów o zanotowanej wartości. Gdy wykonacie zadanie, wypiszcie wyniki na tablicy. Zwróćcie uwagę, że różnią się one od siebie. Dlaczego tak się stało?

Wynik każdego pomiaru różni się od rzeczywistej wartości wielkości mierzonej. Mówimy, że wynik każdego pomiaru fizycznego obarczony jest**niepewnością pomiarową**. Wynika ona zarówno z metody samego pomiaru, jak i z dokładności użytego przyrządu.

Zastanówcie się, dlaczego uzyskane wyniki nie są jednakowe. Zaproponujcie sposób, który dałby mniejsze rozbieżności.

Wiesz już, że wyniki wszystkich pomiarów są odczytywane z pewną dokładnością. Pomiar długości lub średnicy, wykonywany za pomocą linijki ze skalą milimetrową daje wynik z dokładnością do 1 milimetra. Jeżeli oceniasz, że średnica kulki wynosi 2,5 cm, to tak naprawdę mieści się ona w granicach od 2,4 cm do 2,6 cm. Podobny problem wystąpi przy pomiarze masy. Powiedzmy, że waga kuchenna ma podziałkę, w której odległości między sąsiednimi kreskami odpowiadają 2 g. W tej sytuacji można przyjąć, że niepewność wyznaczenia masy wynosi 2 g. Czyli masa np. kulki mieści się w granicach między 68 g a 64 g. Jeśli podczas obliczania gęstości kulki przyjmiesz, że średnica kulki jest **równa** 2,5 cm, a masa – 66 g, nie uzyskasz prawdziwego wyniku. W jakich granicach zawiera się prawidłowy wynik gęstości kulki? Wzór na gęstość to $d = \frac{m}{V}$. Jest to ułamek, którego maksymalna wartość osiągana jest wtedy, gdy jego licznik jest maksymalny, a mianownik minimalny. Jeżeli zatem chcemy wyznaczyć maksymalną wartość gęstości, to do obliczeń podstawiamy maksymalną wartość wyznaczonej masy i minimalną wartość wyznaczonej objętości (czyli bierzemy pod uwagę minimalny promień). Przedstawiono to w poniższej tabelce:

Wyznaczanie minimalnej i maksymalnej gęstości

Minimalny promień	Maksymalny promień	Minimalna masa	Maksymalna masa	Minimalna objętość	Maksymalna objętość
$1{,}2\ \text{cm}$	$1{,}3\ \text{cm}$	$64\ \text{g}$	$68\ \text{g}$	$7{,}2\ \text{cm}^3$	$9{,}2\ \text{cm}^3$
$\text{minimalna gęstość} = \frac{\text{minimalna masa}}{\text{maksymalna objętość}}$			$\text{maksymalna gęstość} = \frac{\text{maksymalna masa}}{\text{minimalna objętość}}$		
$d_{\text{min}} = \frac{64\ \text{g}}{9{,}2\ \text{cm}^3} = 7{,}0\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$			$d_{\text{max}} = \frac{68\ \text{g}}{7{,}2\ \text{cm}^3} = 9{,}4\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$		

Jak zatem wynika z naszych obliczeń (koniecznie je sprawdź!), prawdziwa wartość gęstości kulki mieści się w granicach od $7{,}0\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ do $9{,}4\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Zwróć uwagę, że wszystkie dane oraz wyniki zapisywaliśmy z jednakową dokładnością - dokładnością do 2 cyfr znaczących.

Ćwiczenie 2

Które odpowiedzi są prawdziwe, a które fałszywe? Zaznacz prawdziwe.

- [ ] Niepewność pomiaru wszystkich użytych przyrządów pomiarowych w danym eksperymencie będzie miała wpływa na końcowy wynik eksperymentu.
- [ ] Przy użyciu bardzo dokładnej linijki jesteśmy w stanie otrzymać bezbłędny wynik pomiaru.
- [ ] Nigdy nie jesteśmy w stanie przeprowadzić idealnie dokładnego pomiaru fizycznego.

Podsumowanie

- W przypadku ciał o regularnych kształtach procedurę wyznaczania objętości można uprościć. W tym celu należy skorzystać z zależności matematycznych, wiążących objętość z wymiarami liniowymi badanego ciała.
- Chcąc wyznaczyć gęstość ciała, musimy zmierzyć jego masę i objętość oraz skorzystać ze wzoru:

$$\text{gęstość} = \frac{\text{masa}}{\text{objętość}}; d = \frac{m}{V} \left[\frac{kg}{\mathrm{m}^3}\right]$$

- Jeśli znamy gęstość i objętość ciała, możemy obliczyć jego masę. W tym celu korzystamy ze wzoru:

$$m = d \cdot V; [\mathrm{kg}] = \left[\frac{kg}{\mathrm{m}^3} \cdot \mathrm{m}^3\right]$$

- Objętość ciała o znanej masie i gęstości obliczamy za pomocą wzoru:

$$V = \frac{m}{d}; \left[\mathrm{m}^3\right] = \left[\frac{\mathrm{kg}}{\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}}\right]$$

- Wynik pomiaru różni się od rzeczywistej wartości wielkości mierzonej. Mówimy, że wynik każdego pomiaru fizycznego obarczony jest**niepewnością pomiarową**. Ta niepewność wynika zarówno z metody samego pomiaru, jak i dokładności użytego przyrządu. Przyczyną może być także niedokładne odczytanie wyników na skali przyrządu.

  Na niepewność pomiaru mają także wpływ cechy przedmiotu badań.

> **Praca domowa**
>
> > **Polecenie 9.1**
> >
> > Wyznacz gęstość mleka.
> >
> > > **Wskazówka**
> > >
> > > Wybierz szklankę w kształcie walca. Za pomocą wagi wyznacz masę pustej szklanki. Napełnij ją mlekiem do mniej więcej 3/4 objętości i ponownie wyznacz masę. Za pomocą linijki dokonaj pomiaru wymiarów, które pozwolą na obliczenie objętości mleka.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności

Zadania

Ćwiczenie 3

Arek, Justyna i Monika rozmawiają o tym, czym jest objętość. Zapoznaj się z opinią każdej z osób i zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

- ◯ Monika: objętość to ilość powietrza, jaka może zmieścić się wewnątrz ciała.
- ◯ Arek: objętość to wielkość przestrzeni zajmowanej przez ciało.
- ◯ Justyna: objętość to ilość płynu, jaka może zmieścić się w środku bryły.

Ćwiczenie 4

Które informacje są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Nie da się wyznaczyć gęstości ciała o regularnych kształtach przy użyciu wagi i linijki.	◯	◯
Objętość ciała o regularnych kształtach można wyznaczyć mierząc objętość wypartej przez to ciało cieczy.	◯	◯
Bez użycia skomplikowanej aparatury badawczej nie jesteśmy w stanie wyznaczyć gęstości ciała o regularnych kształtach.	◯	◯

Słowniczek

niepewność pomiaru

mówimy, że wynik każdego pomiaru fizycznego obarczony jest niepewnością pomiarową. Ta niepewność wynika zarówno z metody samego pomiaru, jak i dokładności użytego przyrządu. Przyczyną może być także niedokładne odczytanie wyników na skali przyrządu. Na niepewność pomiaru mają także wpływ cechy przedmiotu badań.

Budowa i właściwości ciał stałych. Budowa krystaliczna

Gdy zanurzysz metalową łyżeczkę w gorącej herbacie, po pewnym czasie łyżeczka rozgrzewa się tak bardzo, że nie możesz już jej dotknąć. Zupełnie inaczej zachowuje się łyżeczka wykonana z plastiku. Dlaczego jedna substancja nagrzewa się szybciej, a inna – wolniej? Ciekawe, jak zachowują się inne ciała stałe? Co jeszcze je różni?

Ciała stałe mają ustalony kształt i twardą powierzchnię

Już potrafisz

- stwierdzić, że ciała mają budowę cząsteczkową;
- stwierdzić, że następstwem oddziaływań międzycząsteczkowych są trzy stany skupienia: gazowy, ciekły i stały;
- podzielić ciała ze względu na właściwości mechaniczne na: sprężyste, plastyczne i kruche;
- wyrazić gęstość jako stosunek masy do objętości ciała;
- odczytać gęstość ciał z tablic fizycznych.

Nauczysz się

- dzielić ciała stałe ze względu na ich właściwości fizyczne;
- podawać przykłady ciał sprężystych, plastycznych i kruchych;
- opisywać budowę krystaliczną ciała stałego na przykładzie kryształu soli kuchennej;

- wyjaśniać właściwości elektryczne i cieplne ciał stałych;
- hodować kryształy.

1. Co to jest ciało stałe

Właściwości fizyczne ciał stałych, gazów i cieczy wynikają głównie z różnic w ich budowie cząsteczkowej. Gdy próbujesz ścisnąć lub rozciągnąć monetę, okazuje się, że nie jesteś w stanie tego zrobić (przynajmniej w żaden zauważalny sposób).

Cząsteczki (atomy) tworzące ciała stałe znajdują się w niewielkiej odległości od siebie i silnie na siebie oddziałują. Przy ściskaniu dominuje oddziaływanie odpychające, a przy rozciąganiu – przyciągające. Ostatecznie cząsteczki (atomy) ciał stałych drgają wokół ustalonych położeń równowagi.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Model oddziaływań cząsteczek w ciałach stałych, cieczach i gazach

Na filmie przedstawiono dwa takie same koła na jasnoszarym tle. Koła niebieskie. Położone obok siebie. Na kołach narysowano strzałki. Dwie strzałki na każdym kole. Ułożone równolegle do podłoża. Jedna zwrócona w lewą stronę, druga w prawą. Końce strzałek na środku kół. Groty strzałek stykają się z krawędzią koła. Strzałki mają dwa kolory: zielony i różowy. Na lewym kole strzałka zielona zwrócona jest w lewą stronę, strzałka różowa w prawą. Na prawym kole strzałka zielona zwrócona jest w prawą stronę, strzałka różowa w lewą. Pod spodem na ciemnoszarym tle znajduje się opis strzałek. Opisy w jednej kolumnie, jeden pod drugim. Strzałki zielone – oznaczają siły odpychania. Strzałki różowe – oznaczają siły przyciągania. Strzałki pomarańczowe – oznaczają siły wypadkowe.
W pierwszej scenie strzałki różowe i zielone na kołach mają te same długości. Na dole pojawia się napis: „próbka swobodna, brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe”.
W drugiej scenie koła sią od siebie odsuwają. Strzałki zielone nie zmieniają długości, strzałki różowe stają się dłuższe, groty sięgają poza koła. Pojawiają się strzałki pomarańczowe. Początek w środku koła. Długość około połowy średnicy koła. Pomarańczowe strzałki zwrócone są ku sobie. Na lewym kole w prawą stronę, na prawym kole w lewą stronę. Na dole pojawia się napis: „rozciągamy próbkę, siły wypadkowe przyciągające”. W kolejnej scenie koła jeszcze bardziej oddalają się od siebie. Zielone strzałki bez zmian. Różowe i pomarańczowe wydłużają się. Groty pomarańczowych prawie stykają się z krawędzią koła. Pojawia się napis: „jeszcze mocniej rozciągamy próbkę, siły wypadkowe przyciągające”. W następnej scenie koła zbliżają się do siebie. Strzałki różowe i pomarańczowe staję się krótsze. Pojawia się napis: „pozwalamy próbce kurczyć się, siły wypadkowe przyciągające”. W następnej scenie położenie kulek wraca do położenia

początkowego. Strzałki różowe i zielone mają te same długości. Znikają strzałki pomarańczowe. Pojawia się napis: „brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe”. W kolejnej scenie koła zbliżają się do siebie. Długość strzałek różowych nie zmienia się. Strzałki zielone wydłużają się, groty sięgają za krawędzie kół. Pojawiają się strzałki pomarańczowe. Początek w środku koła. Długość około połowy średnicy koła. Pomarańczowe strzałki zwrócone są na zewnątrz. Na lewym kole w lewą stronę, na prawym kole w prawą stronę. Pojawia się napis: „ściskamy próbkę, siły wypadkowe odpychające”. W kolejnej scenie koła jeszcze bardziej zbliżają się do siebie. Koła prawie stykają się ze sobą. Zielone strzałki bez zmian. Różowe i pomarańczowe wydłużają się. Pojawia się napis: „jeszcze mocniej ściskamy próbkę, siły wypadkowe odpychające”. W następnej scenie koła powoli się od siebie odsuwają. Strzałki pomarańczowe i zielone stają się krótsze. Pojawia się napis: „pozwalamy próbce rozprężać się, siły wypadkowe odpychające”. Po chwili koła wracają do położenia początkowego.. Strzałki różowe i zielone mają te same długości. Znikają strzałki pomarańczowe. Pojawia się napis: „brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe”. W kolejnej scenie znikają wszystkie strzałki. Zamiast nich, pomiędzy koła pojawia się sprężyna. Sprężyna łączy koła. Na dole widnieje napis: „łatwo zapamiętać kierunek się wyobrażając sobie, że cząsteczki/atomy połączone są sprężyną”. Po chwili koła się oddalają. Wewnątrz kół pojawiają się pomarańczowe strzałki. Po jednej na każdym z kół. Strzałki zwrócone są ku sobie. Napis na dole mówi: „rozciągamy próbkę, siły wypadkowe przyciągające”. Gdy koła bardziej się oddalają, strzałki się wydłużają. Napis na dole: „jeszcze mocniej rozciągamy próbkę, siły wypadkowe przyciągające”. W następnej scenie koła się do siebie zbliżają. W punkcie początkowym pomarańczowe strzałki znikają. Napis na dole: „brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe”. Gdy koła się do siebie zbliżają, pojawiają się pomarańczowe strzałki, zwrócone do zewnątrz, przeciwnie do siebie. Napis na dole mówi: „ściskamy próbkę, siły wypadkowe odpychające”. Gdy koła jeszcze bardziej zbliżają się do siebie, pomarańczowe strzałki się wydłużają. Napis na dole: „jeszcze mocniej ściskamy próbkę, siły wypadkowe odpychające”. Na koniec koła odsuwają się od siebie, pomarańczowe strzałki stają się krótsze. Napis na dole: „pozwalamy próbce rozprężać się, siły wypadkowe odpychające”. Po chwili koła wracają do punktu wyjścia. Pomarańczowe strzałki znikają. Napis na dole: „brak sił zewnętrznych, siły wypadkowe zerowe”.

> **Ważne!**
>
> Ciała stałe zachowują określoną objętość.

Istnieją jednak materiały takie jak plastelina lub guma, których kształt można z łatwością zmienić.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Wpływ zmiany kształtu ciała stałego na jego objętość

Aktor, stół, menzurka z wodą i pisak. Aktor trzyma w ręce laskę plasteliny. Aktor wkłada laskę plasteliny do cylindra miarowego, tak aby cała zanurzyła się w wodzie. Zaznacza na cylindrze poziom wody. Aktor wyciąga plastelinę z cylindra i robi z niej kulkę. Aktor wkłada kulkę do cylindra miarowego z wodą. Poziom wody podnosi się do zaznaczonego wcześniej. Aktor dzieli plastelinę na kilka kawałków i wrzuca je do cylindra miarowego. Przygląda się poziomowi wody.

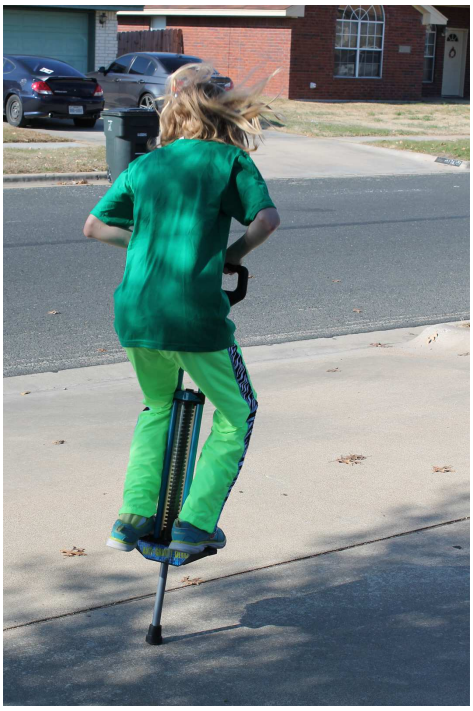
> **Zapamiętaj!**
>
> Zmiana kształtu ciała stałego nie wpływa na jego objętość.

> **Ćwiczenie 1**
> Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.
>
> - [ ] Możemy zmienić objętość ciała stałego poprzez jego rozciągnięcie.
> - [ ] Jeżeli podzielimy ciało na dwie części, to suma ich objętości jest równa objętości ciała przed podziałem.
> - [ ] Nie możemy zmienić objętości ciała poprzez zmianę jego kształtu.

2. Ciała sprężyste, plastyczne i kruche

Przyłożenie siły zewnętrznej do danego ciała powoduje jego**odkształcenie**. Gdy przyczyna wywołująca naprężenie ustanie, ciało może powrócić do swojego stanu początkowego lub ulec trwałej zmianie. Pod wpływem siły zewnętrznej ciało może również pęknąć lub zostać złamane.

Głównym elementem konstrukcyjnym zabawki widocznej na zdjęciu (drążka pogo) jest sprężyna. Po usunięciu przyłożonej siły wraca ona do swojego dawnego kształtu – jej odkształcenie nie jest więc trwałe. Taką właściwość fizyczną ciał nazywamy sprężystością.



Drążek pogo

> **sprężystość**
>
> – właściwość fizyczna ciał oznaczająca, że ciało powraca do swojego pierwotnego kształtu i wymiaru po ustaniu działania zewnętrznej siły odkształcającej, najczęściej niezbyt dużej, która to odkształcenie wywołała.

Niektóre substancje (takie jak modelina) pod wpływem sił zewnętrznych ulegają trwałemu odkształceniu. Usunięcie zewnetrznej siły nie powoduje powrotu ciała do pierwotnego kształtu.

Figurka z modeliny jako przykład trwałego odkształcenia ciała

Plastyczność ciał często wykorzystujemy w praktyce, np. plastyczność gliny pozwala na wytwarzanie dzbanków i zastaw stołowych o niezwykłych kształtach.
Podobnie jest ze sprężyną – jeżeli za bardzo się ją rozciągnie, to nie powróci ona już do swojego pierwotnego kształtu, ponieważ została przekroczona **granica sprężystości** i sprężyna odkształciła się się w sposób trwały.

> **plastyczność**
>
> – właściwość fizyczna ciał oznaczająca, że ciało stałe pod wpływem zewnętrznej siły odkształcającej ulega trwałemu odkształceniu.

Pod wpływem nawet słabych odkształceń niektóre ciała pękają lub się kruszą. Dzieje się tak np. ze szkłem, ceramiką lub kredą.

> **kruchość**
>
> – właściwość fizyczna ciała, która polega na tym, że pod wpływem zewnętrznej siły odkształcającej materiał pęka lub się kruszy (ulega trwałemu odkształceniu).

> **Zapamiętaj!**
>
> Nie ma wyraźnego podziału na ciała sprężyste, plastyczne i kruche. Ma on charakter umowny i zależy od wielkości siły, która odkształca dane ciało.

> **Ciekawostka**
>
> W fizyce do określenia twardości substancji używa się skali Mohsa. Skala ta ma charakter porównawczy, tzn. porównujemy twardość badanego ciała z twardością minerału będącego odnośnikiem na skali twardości. Każdym minerałem o określonej twardości odczytanej ze skali można porysować minerał poprzedzający go na tej skali.

Twardość ciał według skali Mohsa

	Nazwa minerału	
1	talk	minerał daje się z łatwością zarysować paznokciem
2	gips	minerał daje się zarysować paznokciem
3	kalcyt	minerał daje się z łatwością zarysować miedzianym drutem
4	fluoryt	minerał daje się z łatwością zarysować ostrzem noża
5	apatyt	minerał daje się z trudem zarysować ostrzem noża
6	ortoklaz	minerał daje się zarysować stalą narzędziową (np. pilnikiem)
Minerał nie daje się zarysować nożem ani stalą narzędziową		
7	kwarc	minerałem można zarysować szkło

	Nazwa minerału	
8	topaz	minerałem można z łatwością zarysować szkło
9	korund	minerałem można ciąć szkło, minerał daje się zarysować diamentem
10	diament	minerałem można zarysować korund, minerał daje się zarysować tylko innym diamentem

Ćwiczenie 2

Wybierz odpowiednie zajęcia, gdzie wykorzystuje się właściwości plastyczne, sprężyste lub kruche ciał stałych.

plastyczne

sprężyste

kruche

strzelanie z katapulty

lepienie z gliny

strzelanie z łuku

drążenie pokładów węgla

rzeźbienie w materiale skalnym

pisanie kredą po tablicy

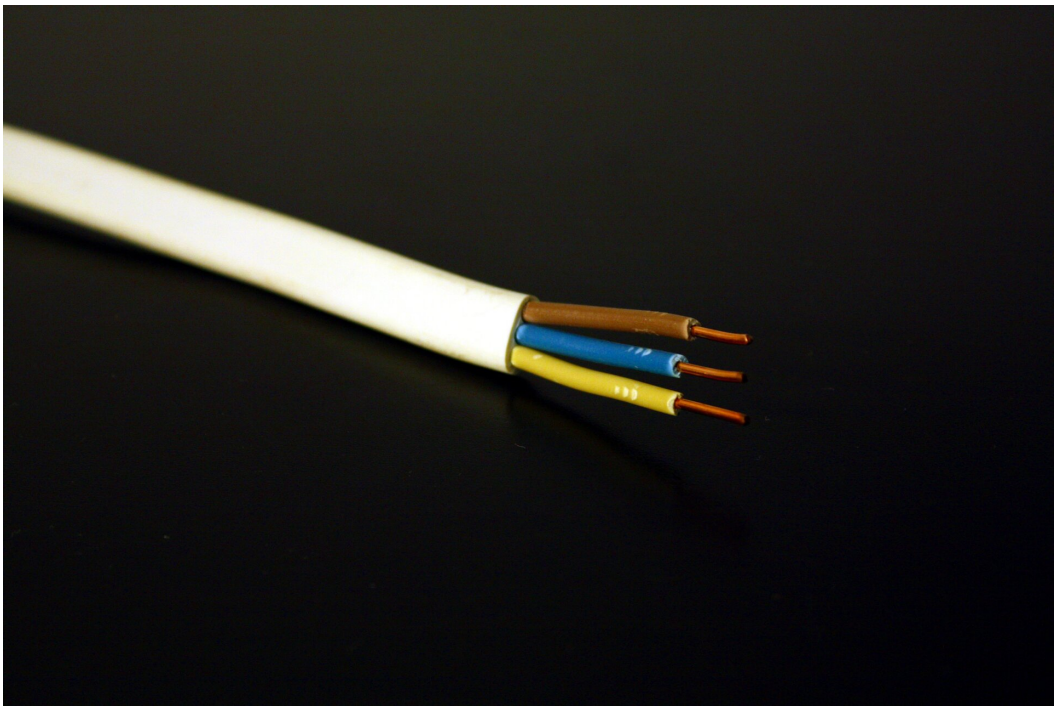
wyrób złotej biżuterii

kucie żelaza

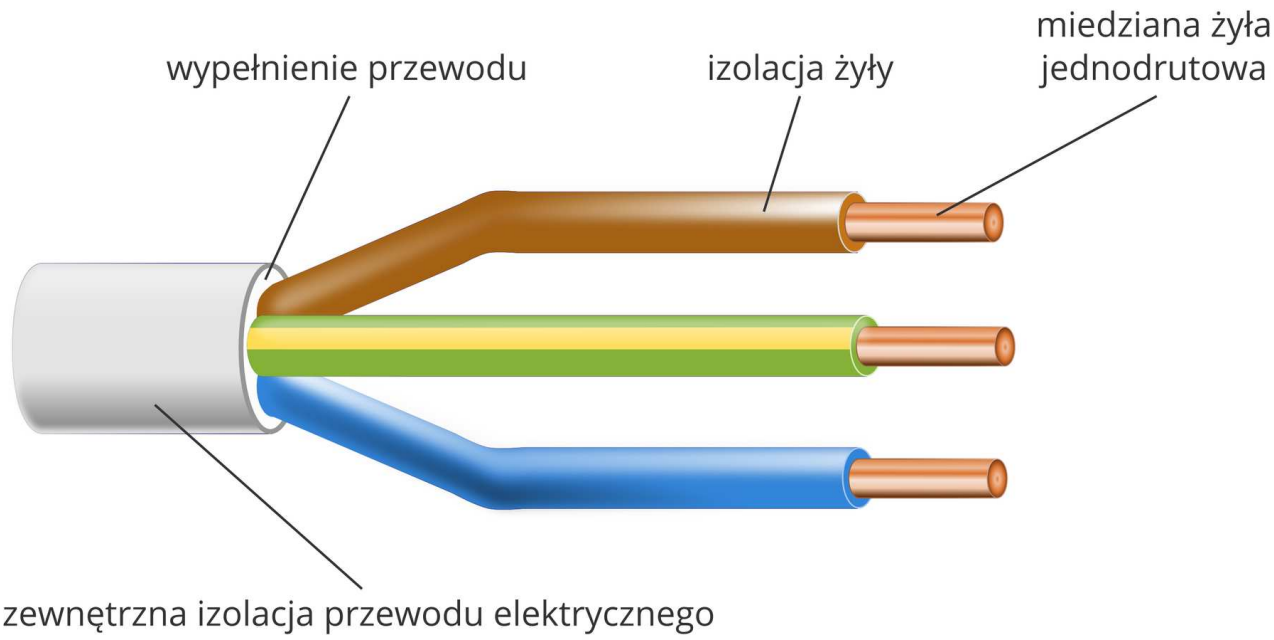
gra w tenisa

3. Przewodnictwo elektryczne

Niektóre materiały świetnie nadają się jako przewody elektryczne, a inne zabezpieczają nas przed skutkami porażenia prądem elektrycznym.



Przewód domowej instalacji elektrycznej



Przekrój przewodu domowej instalacji elektrycznej

Przewód elektryczny składa się z wewnętrznej żyły, wykonanej najczęściej z miedzi lub aluminium, oraz zewnętrznej osłony nazywanej izolacją. Żyła przewodzi prąd elektryczny, a izolacja, wykonana z **tworzywa sztucznego** (np. PVC), pełni funkcję ochronną.

Co sprawia, że miedź jest dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego, a tworzywo sztuczne PVC wcale go nie przewodzi?
Niektóre ciała stałe bardzo dobrze przewodzą prąd elektryczny, w ich wnętrzu znajduje się dużo elektronów swobodnych. Ciała takie nazywamy**przewodnikami prądu elektrycznego**.

Inne ciała, które nie posiadają elektronów swobodnych i nie przewodzą prądu elektrycznego, nazywamy**izolatorami**.

> **przewodnik elektryczny**
>
> – ciało, które dobrze przewodzi prąd elektryczny, np. miedź, aluminium, srebro.

> **izolator elektryczny**
>
> – ciało, które nie przewodzi prądu elektrycznego, np. tworzywo sztuczne, guma, porcelana.

Obserwacja 1

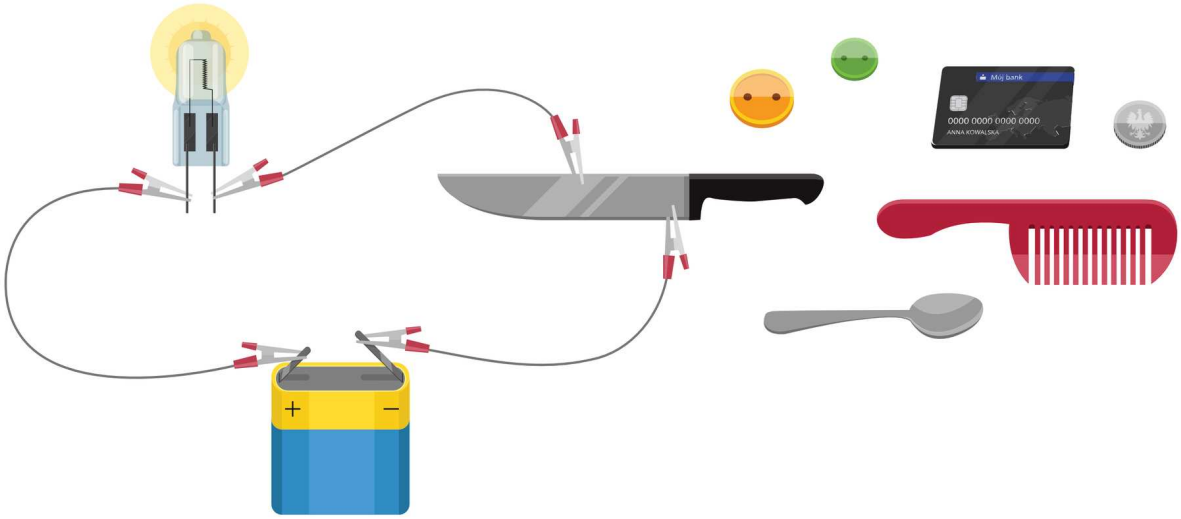
Wykazać, że ciała stałe mogą być dobrymi przewodnikami lub izolatorami prądu elektrycznego.

Co będzie potrzebne

- ogniwo 1,5 V lub bateria 4,5 V;
- trzy przewody z zaciskami;
- żarówka 1,5 V lub 4,5 V w oprawce (dopasowana woltażem do używanej baterii lub ogniwa);
- przedmioty poddawane testom na przewodnictwo elektryczne (plastikowa łyżeczka, nóż metalowy, kartka papieru, moneta itp.).

Instrukcja

1. Połącz wszystkie elementy zgodnie z poniższym rysunkiem.



2. Zaobserwuj, co się będzie działo, gdy w miejsce noża umieścisz kolejno pozostałe przedmioty..

Podsumowanie

Obserwowane ciała stałe możemy podzielić na dwie grupy. Do pierwszej zaliczymy przedmioty, które przewodziły prąd elektryczny (żaróweczka w obwodzie się świeciła), do drugiej – te, które go nie przewodziły (żarówka się nie zaświeciła). W ten sposób dokonaliśmy podziału badanych ciał na przewodniki i izolatory prądu elektrycznego.

Zapamiętaj!

Ze względu na właściwości elektryczne ciała stałe możemy podzielić na dwie grupy: przewodniki i izolatory prądu elektrycznego.

Ćwiczenie 3

Uzupełnij puste miejsca.

Ciało, które przewodzi prąd elektryczny nazywamy [ ] elektrycznym. Ciało, które nie przewodzi prądu elektrycznego nazywamy [ ].

4. Przewodnictwo cieplne ciał stałych

Ciała stałe mogą być nie tylko przewodnikami lub izolatorami prądu elektrycznego, lecz także dobrymi lub złymi przewodnikami ciepła. **Przewodniki cieplne** to materiały, które mogą transportować duże ilości ciepła. Do tej grupy należą przede wszystkim metale i diament. Materiały, które słabo przewodzą ciepło, nazywamy **izolatorami cieplnymi**. Dobrymi izolatorami cieplnymi są drewno i większość tworzyw sztucznych.

Doświadczenie 1

Który z materiałów jest izolatorem, a który dobrym przewodnikiem ciepła?

Co będzie potrzebne

- kubek lub menzurka;
- łyżka drewniana;
- łyżka metalowa;
- łyżka plastikowa;
- trzy koraliki;
- masło.

Instrukcja

1. Użyj odrobiny masła i na końcu uchwytu każdej łyżeczki przylep po jednym koraliku.
2. Sprawdź, czy na każdej łyżeczce znajduje się mniej więcej taka sama ilość masła. Ustaw badane przedmioty pionowo w kubku, tak by opierały się one o krawędź naczynia (łyżeczki muszą być skierowane uchwytami do góry).
3. Nalej do kubka gorącej wody, tak aby badane przedmioty zostały zanurzone na głębokość około ośmiu centymetrów.
4. Praktyczne uwagi:
    a. masło nie może być zamarznięte;
    b. doświadczenie nie wyjdzie w upalny dzień, gdy masło będzie zbyt miękkie.

Podsumowanie

Odpadł jedynie koralik przytwierdzony do metalowej łyżeczki. Stało się tak, ponieważ metal jest dobrym przewodnikiem ciepła. Drewno i plastik są izolatorami cieplnymi, dlatego masło mocujące koraliki do łyżeczek się nie roztopiło – koraliki pozostały na swoich miejscach.

Materiałów dobrze przewodzących ciepło używamy wszędzie tam, gdzie zależy nam na szybkim przepływie energii cieplnej ze źródła. Dlatego na procesory komputerów naklejamy specjalną pastę przewodzącą i duże metalowe radiatory.
Cylindry i głowice silników spalinowych wykonane są z aluminium lub żeliwa (żelaza z niewielkimi domieszkami innych pierwiastków). Dzięki temu temperatura tych urządzeń lub ich elementów nie rośnie nadmiernie, bo ciepło jest szybko odprowadzane na zewnątrz. Z kolei metalowe dna patelni i garnków pozwalają szybko doprowadzić ciepło do przyrządzanych potraw.
Często jednak ten przepływ ciepła chcemy powstrzymać. Używamy wtedy materiałów źle przewodzących ciepło (izolatorów). Ściany budynków oklejamy styropianem lub płytami wykonanymi z wełny mineralnej, by zmniejszyć koszty ogrzewania pomieszczeń. Uchwyty patelni i garnków wykonujemy z drewna lub tworzyw źle przewodzących ciepło, co chroni nas przed oparzeniem. W chłodne dni zakładamy kilka warstw odzieży, na wakacjach zaś pod namiotami śpimy na karimacie, a nie na gołej ziemi.

Izolatory cieplne znalazły zastosowanie między innymi do produkcji kombinezonów chroniących przed wysokimi temperaturami

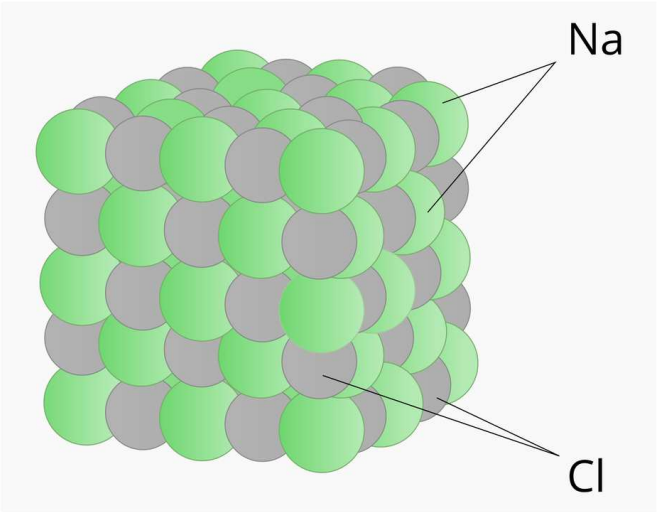
Uważny obserwator dostrzeże, że dobre przewodniki ciepła wykorzystywane są w kuchni (materiały, z których wytwarza się garnki), w żelazkach lub częściach chłodnic samochodowych.

> **Zapamiętaj!**
>
> Zwykle dobre przewodniki ciepła są również dobrymi przewodnikami prądu elektrycznego (np. metale).

> **Ciekawostka**
>
> W przypadku niektórych stopów metali możemy zauważyć zjawisko tzw. pamięci kształtu. Gdy zmienimy kształt ciała w niskiej temperaturze, to po jego ogrzaniu do temperatury pokojowej wraca ono do formy, jaką miało przed odkształceniem.

5. Budowa krystaliczna ciał stałych

Ciała zbudowane są z atomów, **jonów** lub cząsteczek. W niektórych ciałach są one rozmieszczone bardzo regularnie. Jeśli znamy położenie kilku atomów lub cząsteczek w takim ciele, jesteśmy w stanie przewidzieć położenie kolejnych. Gdy połaczymy je ze sobą za pomocą linii, uzyskamy pewną strukturę geometryczną, nazywaną**siecią krystaliczną**. Jeżeli regularna sieć zajmuje całą przestrzeń ciała, to ma ono budowę monokrystaliczną, jeśli zaś ciało składa się z dużej liczby małych kryształków – polikrystaliczną.



Kryształ soli kuchennej NaCl

> **Zapamiętaj!**
>
> Sól kamienna jest kryształem jonowym.

Sól kamienna, składnik większości potraw, ma **jony** tworzące regularną sieć krystaliczną. Każdy jon sodu (Na^+) otoczony jest przez sześć atomów chloru (Cl^-) i odwrotnie: każdy jon chloru otoczony jest przez sześć jonów sodu. Ze względu na ich ścisłą strukturę trudno jest zmienić odległości między nimi, a tym samym wpłynąć na zmianę objętości lub kształtu kryształu. Temperatura topnienia soli jest wysoka – wynosi 801°C.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Hodowla kryształów NaCl

Kuchenka gazowa/elektryczna z garnkiem i gotującą się wodą. Widać jak demonstrator dosypuje soli kuchennej i miesza roztwór. Kamera „zagląda" do garnka. Widać na dnie nierozpuszczoną sól. D. przelewa nasycony roztwór soli do zlewki (słoika) ale wypełnia go nie po brzegi. Najazd kamery na słoik z roztworem. D. wkłada do roztworu nitkę, której drugi koniec jest owinięty (przywiązany) wokół przetyczki (patyczek, długopis, ołówek czy kawałek grubszego drutu). Opiera przetyczkę o brzeg słoika. Najazd kamery na słoik z nitką. Poklatkowy film ze zdjęć próbki robionych np. co 12/24 godzin przez co najmniej tydzień. Widać dłoń demonstratora wyjmującą ze słoja nitkę z narosłymi kryształami D. pokazuje większe kryształy wyhodowane z zachowaniem większej staranności i przestrzeganiem reżimów.

> **Polecenie 1**
>
> Zastosuj się do wskazówek zawartych w filmie i spróbuj wyhodować własny kryształ.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Krzyształy wokół nas

Rysunek ukazujący ułożenie atomów w krysztale jonowym chlorku sodu i obok monokryształ soli kuchennej. Pojawia się zdjęcie przedstawiające „giant causeway" (Grobli Olbrzyma) z Irlandii Północnej, na którym widać wyraźnie sześcienne formy bazaltowe. Widać dłoń demonstratora przesypującą miałki, suchy piasek. Pojawia się zdjęcie kryształu kwarcu. Widoczne pole pokryte śniegiem potem coraz większe przybliżenie i widoczne powiększone płatki śniegu. Widoczne okazy różnych kryształów: minerałów ale także np. monokryształy metali oraz krzemu. Podobizna Jana Czochralskiego pod spodem rok narodzin i śmierci (1885-1953). Zdjęcie monokryształu krzemu, potem plaster chipów gotowy do pocięcia. Zdjęcia gotowych chipów – układów scalonych, które masowo „wchodzą" do obrazów przedstawiających urządzenia elektroniczne powszechnego użytku: laptopy, smart fony, telewizory itp.

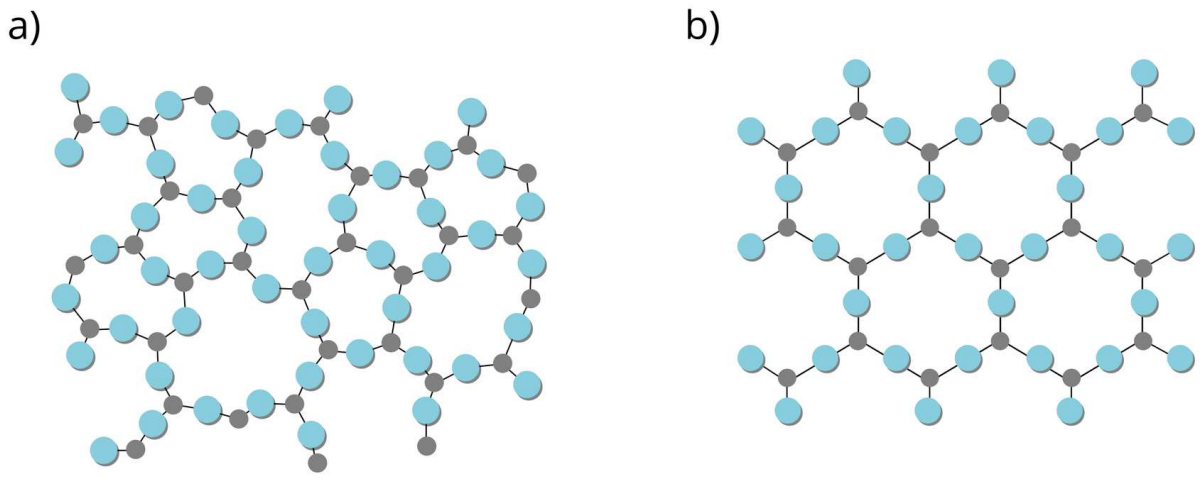
> **Polecenie 2**
>
> Obejrzyj uważnie film. Postaraj się wskazać w swoim najbliższym otoczeniu przykłady ciał stałych o budowie krystalicznej.

Budową krystaliczną charakteryzuje się wiele ciał, m.in. metale, sole, diament, grafit i cukier.

> **Ciekawostka**
>
> Ciała krystaliczne mogą być zbudowane z atomów tego samego pierwiastka, lecz charakteryzować się odmiennymi właściwościami, np. diament i grafit zbudowane są z atomów węgla. Tworzą one jednak różne struktury, co powoduje, że grafit jest bardzo kruchy i przewodzi prąd elektryczny, natomiast diament to najtwardszy minerał na świecie, który nie przewodzi prądu elektrycznego.

6. Ciała bezpostaciowe

Nie wszystkie substancje tworzące ciała stałe mają strukturę krystaliczną. Część z nich charakteryzuje się nieuporządkowaną strukturą cząsteczkową. Ciała takie nazywamy **bezpostaciowymi** lub **amorficznymi**.



Różnice w budowie pomiędzy ciałami bezpostaciowymi (a) i krystalicznymi (b)

Przykładami ciał amorficznych są: szkło, guma, tworzywa sztuczne i niektóre minerały.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Budowa i przykłady ciał bezpostaciowych

Film przedstawia budowę i przykłady ciał bezpostaciowych. Demonstratorem jest młody mężczyzna w okularach. Wiek koło 30 lat. Włosy ciemne. Widoczny zarost. Ubrany w biały fartuch. W rękach trzyma gumę. Guma jest ciemnoszara, prawie czarna. Długość około jednego metra, szerokość kilka centymetrów. Demonstrator rozciąga ją kilkukrotnie. W pewnym momencie, demonstrator rozciąga gumę, wypuszczając ją z rąk. Guma gwałtownie wystrzeliwuje. Nie jest już widoczna na ekranie. Demonstrator robi zdziwioną minę. Oczy szeroko otwarte. Rozkłada ręce. W kolejnej scenie demonstrator siedzi przy białym stole. Tło jasnoszare. Na stole znajdują się dwa przedmioty. Pierwszy to półtoralitrowa, plastikowa butelka. Butelka wypełniona czerwoną, klarowną cieczą. Drugi to plastikowy pojemnik na żywność z czerwoną pokrywą. Z środka pojemnika demonstrator wyjmuje kanapkę, którą następnie zjada. W następnej scenie, demonstrator bierze butelkę do rąk i pije płyn, który znajduje się butelce. Po chwili odkłada butelkę. W kolejnej scenie ukazuje się zdjęcie bursztynu. Tło białe. Bursztyn ma kształt nieregularny. Kolor od żółtego do brązowego. Ściany gładkie, błyszczące. Na drugim zdjęciu widać srebrną biżuterię z bursztynami: dwa łańcuszki z wisiorkami. Jeden w kształcie serca, drugi o owalnym kształcie.

> **Ciekawostka**
>
> Okazuje się, że struktura krystaliczna lub amorficzna nie jest jednoznacznie przypisana do danego materiału. Jeśli ciecz, która po zamarznięciu tworzy strukturę polikrystaliczną, zestalimy bardzo szybko przez gwałtowne ochłodzenie, to struktura krystaliczna nie zdąży się utworzyć i ciało stałe będzie miało strukturę bezpostaciową.

Podsumowanie

- Właściwości fizyczne ciał stałych, gazów i cieczy wynikają głównie z różnic w ich budowie cząsteczkowej. Cząsteczki (atomy) tworzące ciała stałe znajdują się w niewielkiej odległości od siebie i są ze sobą silnie związane.
- Ciała stałe zachowują swój kształt i swoją objętość.
- Zmiana kształtu ciała stałego nie wpływa na jego objętość.
- Sprężystość jest właściwością fizyczną ciał polegającą na tym, że ciało powraca do swojego pierwotnego kształtu i wymiaru po ustaniu działania zewnętrznej siły odkształcającej.

- Plastyczność to właściwość fizyczna ciał polegająca na tym, że ciało stałe pod wpływem siły zewnętrznej ulega trwałemu odkształceniu.
- Kruchość to właściwość fizyczna ciała polegająca na tym, że pod wpływem siły zewnętrznej materiał pęka lub się kruszy.
- Nie ma wyraźnego podziału na ciała sprężyste, plastyczne i kruche. Podział ten ma charakter umowny i zależy od wielkości siły działającej na dane ciało.
- Ze względu na właściwości elektryczne ciała stałe możemy podzielić na dwie grupy: przewodniki i izolatory prądu elektrycznego.
- Ciała stałe mogą być dobrymi lub złymi przewodnikami ciepła.
- Zwykle dobre przewodniki elektryczności sa dobrymi przewodnikami ciepła (np. metale).
- Niektóre ciała stałe zbudowane są z atomów, jonów lub cząsteczek wykazujących regularne rozmieszczenie w przestrzenni. Jeśli znamy położenie jednego atomu lub cząsteczki, jesteśmy w stanie przewidzieć położenie kolejnych. Gdy połączymy je wszystkie ze sobą za pomocą linii, uzyskamy pewną strukturę geometryczną nazywaną siecią krystaliczną.
- Sól kamienna to przykład ciała o budowie krystalicznej.
- Nie wszystkie substancje tworzące ciała stałe mają strukturę krystaliczną. Część z nich charakteryzuje się nieuporządkowaną strukturą cząsteczkową. Ciała takie nazywamy bezpostaciowymi lub amorficznymi.
- Szkło to przykład ciała amorficznego.

Praca domowa

Polecenie 3.1

Opisz różnice w budowie wewnętrznej między kryształem a ciałem bezpostaciowym i podaj po dwa przykłady każdego z rodzajów tych ciał.

Polecenie 3.2

Czy dobre przewodniki prądu elektrycznego są równocześnie dobrymi przewodnikami ciepła?

Polecenie 3.3

Opisz pojęcie sieci krystalicznej. Spróbuj wymyślić własną sieć krystaliczną.

Polecenie 3.4

Czym różnią się ciała sprężyste, plastyczne i kruche?

Polecenie 3.5

Który materiał wykorzystałbyś do zabezpieczenia uchwytu patelni: izolator czy dobry przewodnik ciepła? Uzasadnij swoją odpowiedź.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Rodzaje oddziaływań i ich skutki. Wzajemność oddziaływań
- Natężenie prądu elektrycznego

Słowniczek

ciała bezpostaciowe

– ciała stałe, w których atomy lub cząsteczki ułożone są w chaotyczny sposób i nie tworzą sieci krystalicznej.

ciała kruche

– ciała, które pod wpływem przyłożonej siły kruszą się w wyniku rozerwania wiązań między ich cząsteczkami lub atomami.

ciała krystaliczne

– ciała stałe, w których atomy lub cząsteczki są ułożone w regularny sposób i tworzą sieć krystaliczną.

ciała plastyczne

– ciała, które pod wpływem przyłożonej siły zmieniają swój kształt, a po ustaniu jej działania nie wracają do stanu początkowego.

ciała sprężyste

– ciała, które pod wpływem przyłożonej siły zmieniają swój kształt, a po ustaniu jej działania wracają do stanu początkowego.

ciało stałe

– ciało zbudowane z cząsteczek lub atomów ułożonych bardzo blisko siebie; ma określony kształt i stałą objętość.

granica sprężystości

– graniczna wartość siły, po przekroczeniu której ciało nie powróci już do swojego pierwotnego kształtu, mimo że siła, która spowodowała odkształcenie, przestała już działać (odkształcenie jest trwałe).

monokryształ

– kryształ posiadający uporządkowaną strukturę w całej objętości.

odkształcenie

– zmiana kształtu ciała, a często również jego objętości pod wpływem siły zewnętrznej lub temperatury. Odkształcenie może być sprężyste, gdy po ustaniu naprężenia ciało powraca do stanu początkowego, lub plastyczne – gdy jest trwałe.

polikryształ

– kryształ składający się z małych monokryształów o zupełnie przypadkowej orientacji. Większość substancji krystalicznych to polikryształy.

PVC

– rodzaj tworzywa sztucznego, polichlorek winylu.

sieć krystaliczna

– struktura utworzona z regularnie ułożonych cząsteczek lub atomów w ciałach stałych.

Zadania

Ćwiczenie 4

Kasia, Marek i Iza rozmawiają o właściwościach mechanicznych ciał stałych. Wskaż poprawne wypowiedzi.

- [ ] Kasia - Ciała stałe mogą być tylko ciałami sprężystymi lub kruchymi.
- [ ] Marek - Dane ciało stałe może wykazywać właściwości sprężyste, plastyczne i kruche, w zależności od wartości przykładanej siły zewnętrznej.
- [ ] Iza - Właściwości sprężyste, plastyczne i kruche ciał zależą od wartości sił występujących między cząsteczkami tworzącymi dane ciało.

Ćwiczenie 5

Które informacje są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Objętość ciała stałego można znacząco zmienić po przyłożeniu sił ściskających lub rozciągających.	○	○
Objętość ciała stałego trudno zmienić ze względu na silne oddziaływania międzycząsteczkowe.	○	○
Ciała stałe posiadają określoną objętość.	○	○

Ćwiczenie 6

Dopasuj daną substancję do grupy przewodników lub izolatorów cieplnych.

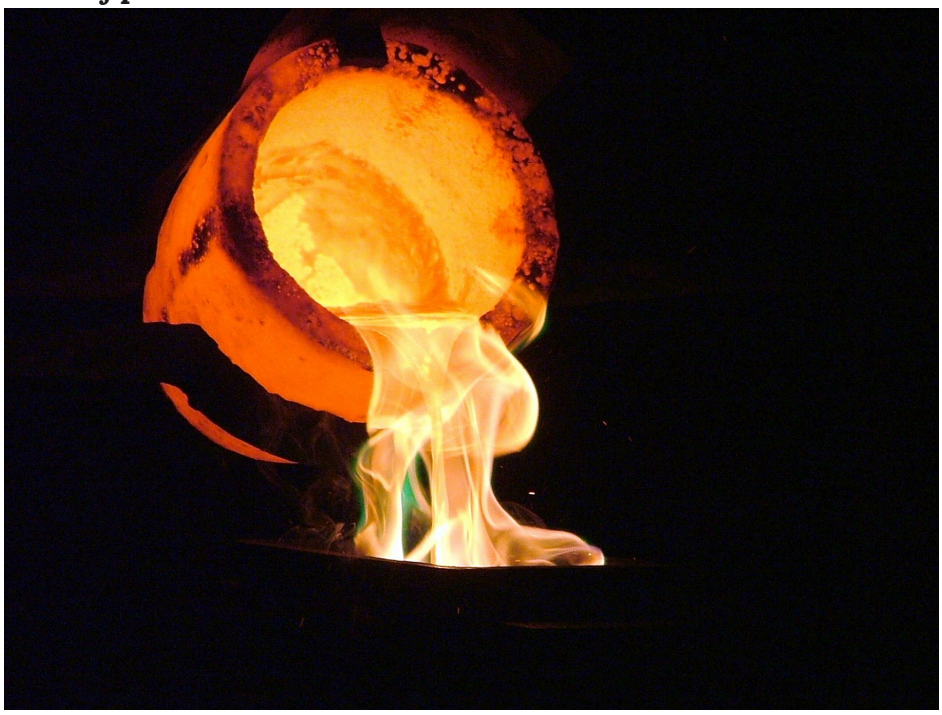
Przewodniki cieplne

Izolatory cieplne

srebro | styropian | aluminium | korek | drewno | szkło | stal nierdzewna | miedź

Budowa i właściwości cieczy. Zjawisko napięcia powierzchniowego

Woda jest cieczą, która towarzyszy nam na co dzień. Pokrywa ponad 70% powierzchni Ziemi i stanowi około 70% masy naszych ciał. Czy dlatego, że jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych substancji we Wszechświecie, znasz wszystkie jej właściwości? Dlaczego nartnik może ślizgać się po powierzchni wody i nie tonie? Pod jakim względem inne ciecze są do niej podobne?



Myśląc o cieczy, bardzo często w wyobraźni widzimy tylko wodę, jednak inne substancje również mogą mieć stan ciekły – na przykład płynne złoto o temperaturze przekraczającej 1100 stopni Celsjusza

Już potrafisz

- stwierdzić, że materia może znajdować się w jednym z trzech stanów skupienia: gazowym, ciekłym lub stałym;
- wykazać, że ciecze, ciała stałe i gazy mają różną budowę cząsteczkową;
- wykazać, że ciecze zachowują swoją objętość i przybierają kształt naczynia, w którym się znajdują.

Nauczysz się

- wymieniać właściwości fizyczne cieczy;
- co to jest powierzchnia swobodna cieczy;
- opisywać właściwości oddziaływań międzycząsteczkowych w cieczach;
- co to są siły spójności;
- wyjaśniać i opisywać zjawisko przylegania;
- wyjaśniać powstawanie menisków wklęsłego i wypukłego;
- opisywać rolę i znaczenie napięcia powierzchniowego w cieczach.

1. Budowa wewnętrzna cieczy

Ciecze mają pewne cechy gazów i ciał stałych. Z jednej strony cząsteczki cieczy pozostają w odległościach zbliżonych do wielkości charakterystycznych dla cząsteczek ciał stałych (czyli w odległościach nieco większych od średnicy tych cząsteczek), z drugiej strony mają możliwość przemieszczania się względem siebie (duża ruchliwość), co jest właściwością również gazów.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DBX8eWzFp

Ruch cząsteczek w cieczach

Właściwość cieczy polegająca na tym, że nie zmieniają one objętości, choć przyjmują kształt naczynia, w którym się znajdują, świadczy o tym, że mają one znacznie więcej wspólnego z ciałami stałymi niż gazami .

Woda zachowuje taką samą objętość bez względu na kształt naczynia, w którym się znajduje

Zapamiętajmy, że objętość cieczy nie zależy od kształtu naczynia, w którym ta ciecz się znajduje.

Kiedy obserwujemy powierzchnię jeziora, możemy zauważyć, że jest ona pozioma. Podobnie zachowuje się woda w szklance. Gdy przechylamy naczynie, to powierzchnia cieczy pozostaje nadal pozioma.

powierzchnia swobodna cieczy

– powierzchnia samorzutnie utworzona przez ciecz na styku z innym ośrodkiem (próżnią, powietrzem, inną cieczą).

Powierzchnią swobodną są np. górna powierzchnia cieczy w naczyniu, powierzchnia kropli i strumień cieczy w powietrzu.

Ciekawostka

Kiedy patrzymy na zdjęcie naszej planety wykonane z kosmosu, to zauważamy, że powierzchnia oceanów się zakrzywia (podobnie jak powierzchnia całej Ziemi). Tymczasem powierzchnia wody w szklance jest płaska. Tak naprawdę w obu sytuacjach powierzchnia swobodna wody jest pozioma. Poziom oznacza płaszczyznę prostopadłą w każdym punkcie do siły grawitacji działającej na wodę w tym punkcie. Kiedy rozpatrujemy duże obszary (oceany), to w różnych ich punktach siły grawitacji działające do środka Ziemi (wzdłuż jej promieni) nie są równoległe. Dlatego powierzchnia oceanów obserwowana z kosmosu wydaje się zakrzywiona..

Ciekawostka

Powszechnie uważa się, że ciecze nie mają swojego kształtu. Twierdzimy tak, ponieważ ciecze przyjmują kształt naczynia, w którym się znajdują, a ich powierzchnia swobodna

jest zawsze prostopadła do działającej siły grawitacji. Jednak w stanie nieważkości ciecz ma zawsze jeden kształt – jest to kształt kuli, a powierzchnia swobodna jest wówczas sferą.

Powierzchnia swobodna cieczy w stanie nieważkości przyjmuje kształt sfery

Ciekawostka

Ciecze wraz ze wzrostem temperatury zwykle zwiększają swoją objętość. Wyjątek stanowi woda, której objętość maleje wraz ze wzrostem temperatury w przedziale od 0°C do 4°C. Powyżej temperatury 4°C objętość wody znów rośnie. Woda ma najmniejszą objętość w temperaturze 4°C (przy normalnym ciśnieniu).

1.1. Nieściśliwość cieczy

Ciecze bardzo trudno zmieniają objętość pod wpływem oddziaływania zewnętrznego. Odpowiadają za to silne oddziaływania międzycząsteczkowe, które podczas ściskania cieczy prowadzą do odpychania cząsteczek, a podczas rozprężania – do ich przyciągania.

Obserwacja 1

Wykazać, że pod wpływem oddziaływania zewnętrznego ciecz nie zmienia swojej objętości.

Co będzie potrzebne

- strzykawka;
- woda.

Instrukcja

1. Napełnij strzykawkę wodą do połowy jej objętości.
2. Otwór wylotowy zatkaj palcem.
3. Spróbuj zmienić objętość cieczy znajdującej się w strzykawce wciskając tłok.

Podsumowanie

Jak widzisz, nie jesteś w stanie zmienić objętości wody w strzykawce.

Obserwacja ta ma charakter ogólny – dotyczy nie tylko wody, lecz także innych cieczy.

Zapamiętaj!

Ciecze są praktycznie nieściśliwe, tzn. ich objętość pod wpływem oddziaływania zewnętrznego nie ulega zmianie.

Nieściśliwość to właściwość cieczy, która znalazła zastosowanie w siłownikach hydraulicznych, maszynach budowlanych, a nawet zwykłych strzykawkach.

Wykorzystanie nieściśliwości cieczy w maszynach budowlanych i drogowych

Ćwiczenie 1

Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

- [ ] Nie jesteśmy w stanie zmienić znacząco objętości cieczy, ponieważ cząsteczki w cieczach są blisko siebie.
- [ ] Nieściśliwość cieczy nie daje się praktycznie zastosować.
- [ ] Ciecze są nieściśliwe, ponieważ ich cząsteczki podczas ściskania odpychają się, a podczas rozprężania – przyciągają.

1.2. Cieplne i elektryczne przewodnictwo cieczy

przewodnictwo cieplne

– zjawisko fizyczne powodujące wyrównywanie się temperatury ciała w różnych jego miejscach, bez widocznych ruchów materii w jego wnętrzu.

Ciepło rozchodzi się w całej objętości materiału, dopóki temperatura nie przyjmie stałej wartości. Czy ciecze są dobrymi przewodnikami ciepła?

Gdy w piękny, słoneczny dzień kąpiesz się w jeziorze, czujesz, że górne warstwy wody są wyraźnie cieplejsze, natomiast głębiej woda pozostaje zimna. Dzieje się tak, ponieważ woda – podobnie jak większość cieczy – jest złym przewodnikiem ciepła. Słońce ogrzewa powierzchnię wody, natomiast temperatura w głębszych warstwach pozostaje niższa.

Obserwacja 2

Przeprowadzić obserwację rozchodzenia się ciepła w wodzie.

Co będzie potrzebne

- szklana probówka – jak najdłuższa (15 cm), wąska i bez skali;
- woda (może być z kranu);
- palnik dający wąski płomień, najlepiej gazowy na propan-butan;
- statyw.

Instrukcja

1. Napełnij probówkę wodą powyżej ¾ wysokości.
2. Zamocuj probówkę pionowo na statywie, ale tak, by można było ogrzewać jej górny koniec.
3. Za pomocą palnika ogrzewaj intensywnie górny koniec probówki (w pobliżu lustra wody).
4. W czasie ogrzewania sprawdzaj dłonią (palcem) temperaturę dna probówki.

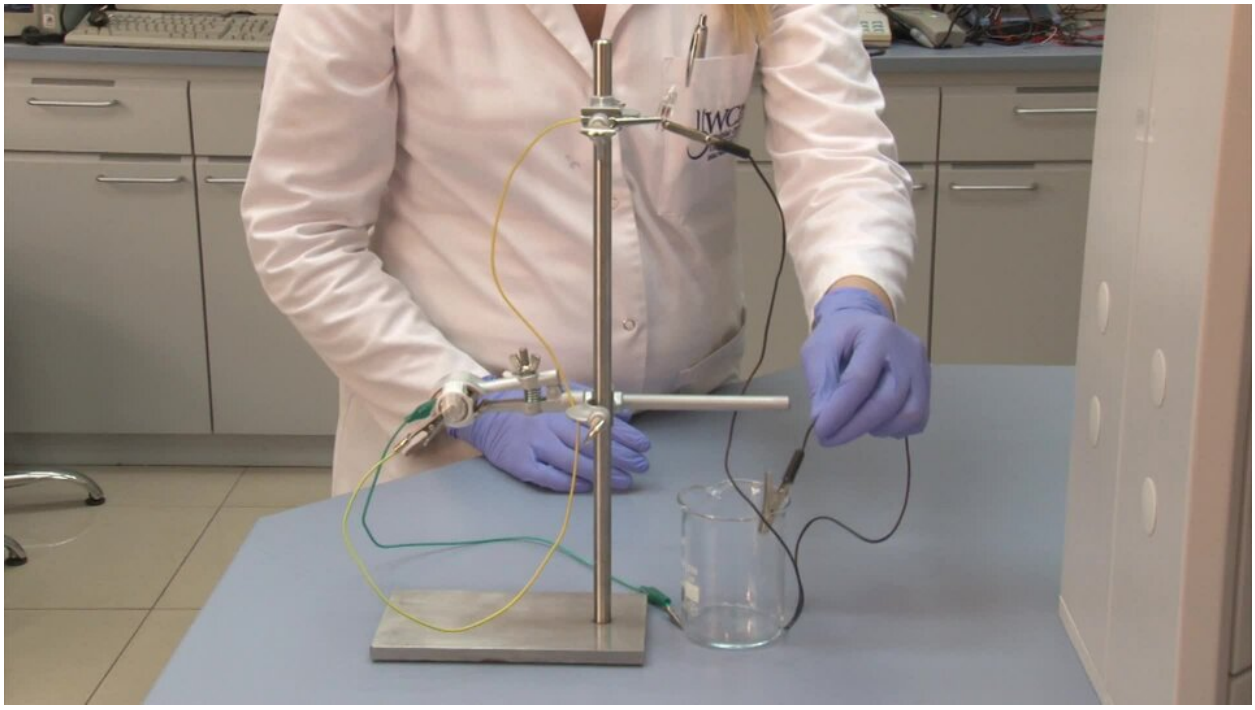
Podsumowanie

Mimo że w górnym końcu probówki woda wrze, to jej dolny koniec nadal pozostaje chłodny. Dowodzi to, że woda jest złym przewodnikiem ciepła.

Zapamiętaj!

> Większość cieczy to złe przewodniki ciepła.

Dzięki prostemu doświadczeniu można się przekonać, że niektóre ciecze przewodzą prąd elektryczny. Są to **elektrolity**, tzn. wodne roztwory niektórych zasad, kwasów lub soli. Mogą to być także metale w stanie ciekłym, takie jak rtęć lub cyna.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Najazd kamery na blat, na którym stoi zestaw pomiarowy: obwód szeregowy zmontowany z ogniwa (baterii) 4,5 V. Do zacisków ogniwa przyłączone są przewody z konektorami bananowymi za pomocą krokodylków, dalej oprawka z żarówką, (niezależnie od żaróweczki może być też miernik-amperomierz). Dwa końce (jeden od żarówki, drugi od bieguna baterii (biegunowość obojętna) są wolne i odizolowane na długości ok. 20 cm. Obok stoi szklanka lub zlewka. D. bierze odizolowane końce przewodów i wkłada je do (teraz pustej) zlewki/szklanki uważając by się nie stykały (są po przeciwnych stronach). By łatwo się zmieściły można je zwinąć w spiralkę. Demonstrator jeszcze raz wskazuje wskaźnikiem (klasycznym, nie laserowym) omawiane elementy i drogę ładunków. D. bierze odizolowane końce przewodów i zwiera je. Żarówka świeci świadcząc, że obwód jest zmontowany prawidłowo i prąd płynie. Demonstrator nalewa wody destylowanej do zlewki (ok. ¾, tak by wygodnie zanurzyć elektrody). Bierze odizolowane końce drutów i wkłada do wody możliwie całe. Uważa by druty się nie stykały. Żarówka nie świeci! Potrząsa lekko elektrodami. Żarówka nie świeci! D. wyjmuje elektrody ze zlewki. Wsypuje do zlewki z wodą 2-3 łyżeczki soli kuchennej (widać torebkę z napisem „sól kuchenna" lub podobnym). Miesza bagietką lub łyżeczką do rozpuszczenia. Demonstrator wkłada ponownie przewody. Żaróweczka świeci się. Jeśli przygasa, to potrząsa/porusza elektrodami. Demonstartor bierze czujnik konduktometryczny i zanurza w zlewce z zasoloną wodą (trzeba uprzednio poza kadrem włączyć przyrząd i ustawić odpowiedni zakres jeśli nie jest automatyczny).

elektrolity

– wodne roztwory niektórych zasad, kwasów lub soli, przewodzące prąd elektryczny.
Polecenie 1

Skonstruuj obwód podobny do tego przedstawionego na filmie. Zamiast krokodylków możesz użyć metalowych spinaczy biurowych. Jeśli masz taką możliwość, to przylutuj kabelki do żaróweczki i biegunów baterii. Zapewni to dobry kontakt elektryczny. Zamiast żarówki możesz użyć diody LED (świecącej), która najczęściej ma dwa wystające „wąsy", łatwe do podłączenia. Sprawdź przewodnictwo elektryczne różnych cieczy dostępnych w domu, np. octu, wody z kranu, oleju, mleka.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij puste miejsce, wybierając brakujące elementy z listy.

Wodne roztwory substancji, które przewodzą prąd elektryczny nazywamy [ ].

elektroletami | elektrolitami | elektretytami

2. Oddziaływania międzycząsteczkowe

Dyfuzja oraz zjawisko, w którym ciecze po zmieszaniu się mają mniejszą objętość sumaryczną, są dowodami na cząsteczkową budowę materii. Wiemy również, że cząsteczki oddziaływują wzajemnie na siebie. Podczas ich zbliżania dominują siły odpychania, a podczas oddalania – siły przyciągania.

2.1. Oddziaływania międzycząsteczkowe w cieczach

Gdy wzajemnie oddziałują na siebie cząsteczki tej samej substancji, np. wody lub pleksiglasu, to siły działające między nimi nazywane są **siłami spójności (kohezji)**.

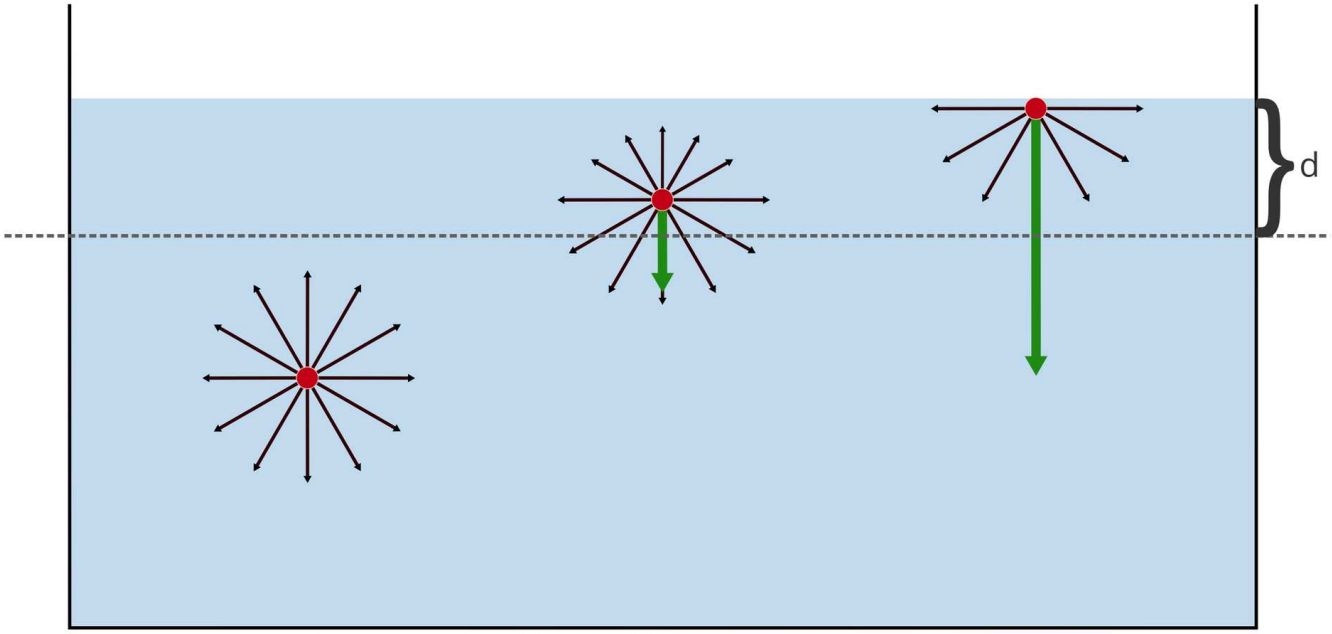
Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Demonstrator pokazuje do kamery podziurawione dno. Demonstrator trzyma butelkę z której wycieka woda pojedynczymi stróżkami. Demonstrator „ściska” palcami strużki i tworzy się jedna większa struga.

Polecenie 2

Powtórz doświadczenie przedstawione na filmie. Jak wyjaśnisz formowanie się jednej większej strugi wody?

Spróbujmy to wyjaśnić. Rozważmy, co dzieje się z cząsteczką znajdującą się we wnętrzu cieczy.



Siły działające na cząsteczkę wewnątrz cieczy i na jej powierzchni

Wpływ, jaki na cząsteczkę wywierają sąsiednie cząsteczki, jest niewielki, ponieważ siły spójności pochodzące z jej otoczenia niemal zupełnie się równoważą. Zupełnie inaczej jest, gdy cząsteczka znajduje się na powierzchni cieczy. Wtedy na cząsteczkę działają siły spójności pochodzące od cząsteczek znajdujących się we wnętrzu cieczy. Siły przyciagające ze strony cząsteczek cieczy sprawiają zatem, że siła wypadkowa działająca na tę cząsteczkę jest zwrócona do wnętrza cieczy, prostopadle do jej powierzchni. Warstewkę cieczy o tej właściwości nazywamy **błoną powierzchniową**.

2.2. Oddziaływania międzycząsteczkowe pomiędzy cieczami a ciałami stałymi

Gdy oddziałują na siebie cząsteczki różnych substancji, np. cząsteczki wody z cząsteczkami szkła, to występują między nimi siły nazywane **siłami przylegania (adhezji)**. Siły przylegania odgrywają ważną rolę w życiu codziennym, gdyż dzięki nim możliwe jest malowanie, klejenie i używanie taśmy klejącej.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Przylegnie dwóch płyt CD jako demonstracja sił oddziaływań międzycząsteczkowych

Film prezentujący przylegnie dwóch płyt CD jako demonstracja sił oddziaływań międzycząsteczkowych. Fizyk demonstruje płytki szklane, karty bankomatowe i kawałki płytek pleksi. Składa i rozdziela płytki. Nalewa kapkę wody ze zlewki na jedną płytkę.

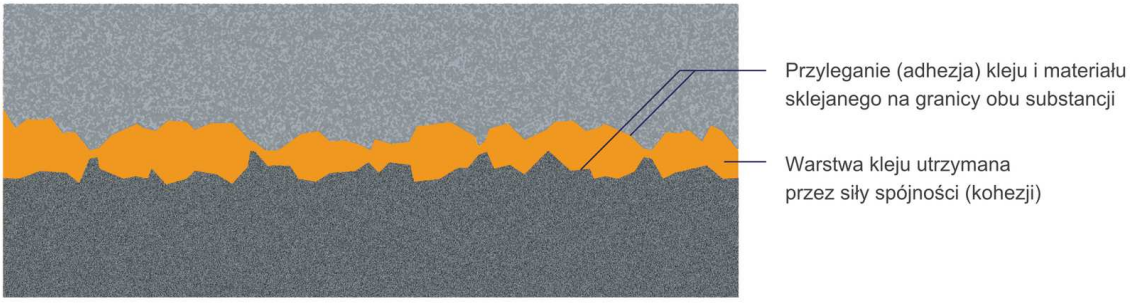
Prezentowana jest woda na jednej płytce trzymanej poziomo przez demonstratora. Przykrywa mokrą płytkę drugą, lekko dociska. Próbuje rozdzielić płytki ale te się nie dają.

Polecenie 3

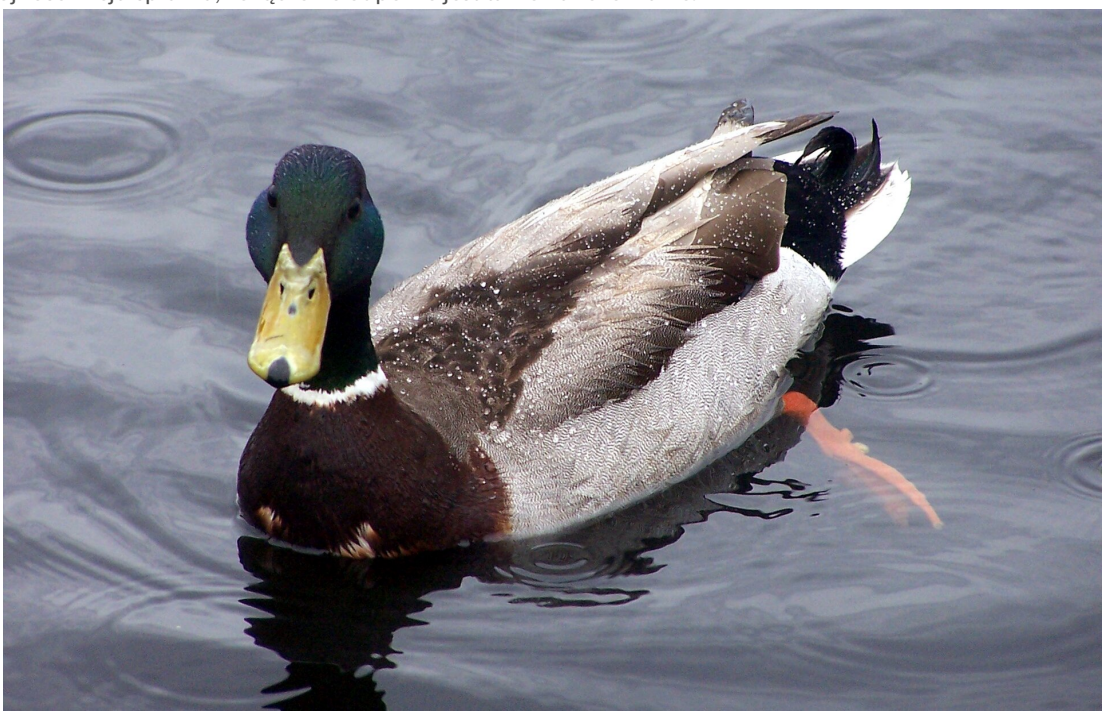
Powtórz doświadczenie pokazane na filmie. Czy rezultaty są takie same?.

Zapamiętaj!

Siły spójności i przylegania pojawiają się jedynie wtedy, gdy odległości między cząsteczkami są niewielkie.



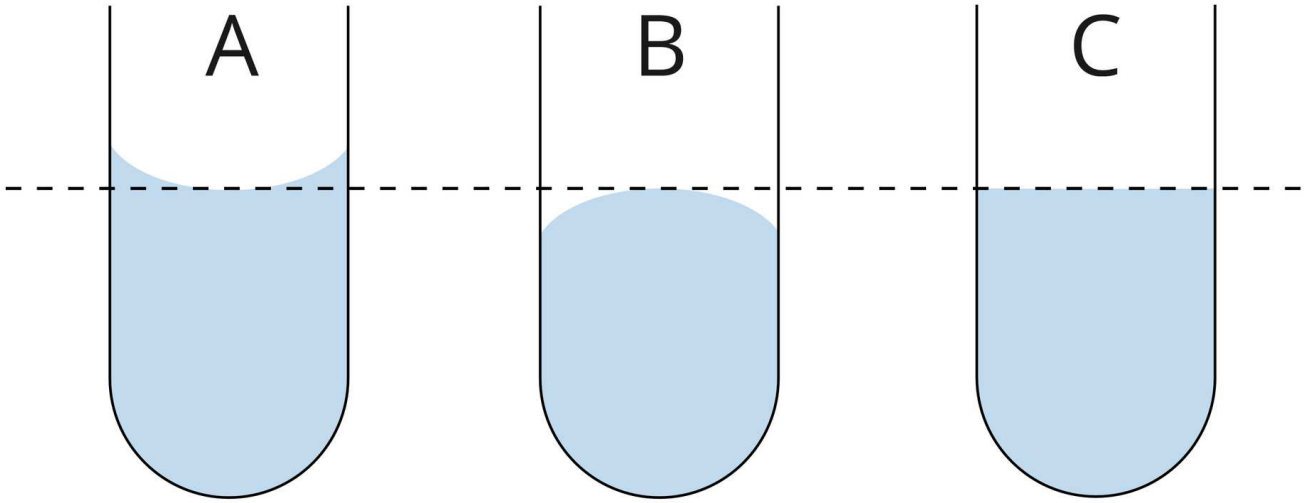
Kleje, dzięki sile przylegania między ich cząsteczkami a cząsteczkami ciał stałych, potrafią trwale połączyć ze sobą dwa elementy. Duża siła spójności kleju sprawia, że łączenie odporne jest także na rozerwanie.



Pióra ptactwa wodnego są zawsze suche

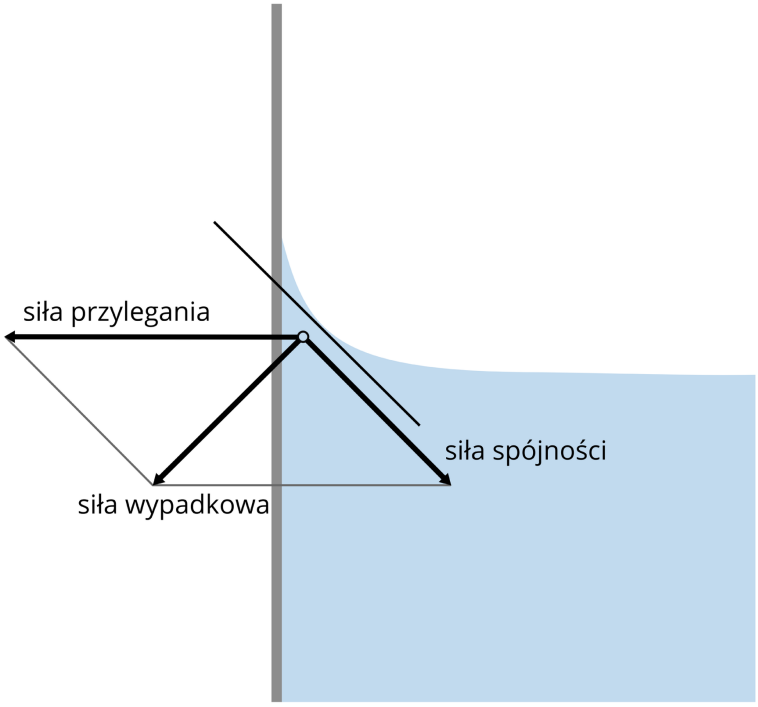
Uważny obserwator ptaków wodnych dostrzeże, że woda spływa z ich piór, które są pokryte cienką warstwą tłuszczu. Wynika to z tego, że siły spójności działające między cząsteczkami wody są większe od sił przylegania między tymi cząsteczkami a cząsteczkami tłuszczu znajdującego się na piórach.

Wzajemne relacje między siłami przylegania i spójności prowadzą do wielu interesujących zjawisk. Jednym z nich jest powstawanie **menisku**. Słowo „menisk" pochodzi od greckiego *meniskos* – półksiężyc – i doskonale opisuje powierzchnię swobodną cieczy znajdującej się w naczyniu, której kształt powstaje w wyniku działania sił spójności i przylegania.



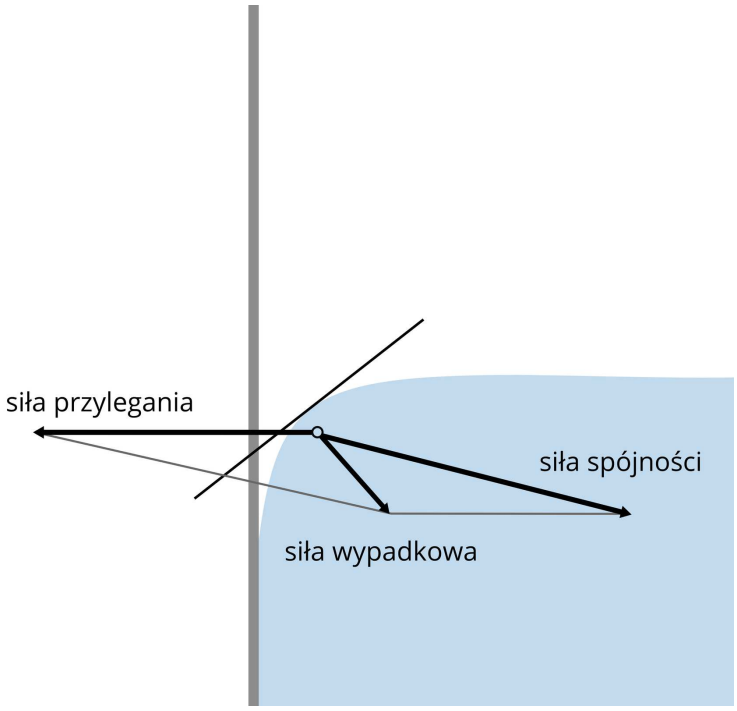
Menisk wklęsły (A), wypukły (B), brak menisku (C)

Menisk najlepiej widoczny jest w naczyniach o niewielkim polu przekroju poprzecznego. Gdy siły spójności cząsteczek cieczy są mniejsze od sił przylegania, powierzchnia swobodna cieczy jest wklęsła **(menisk wklęsły)**.



Mechanizm powstawania menisku wklęsłego

Gdy siły przylegania są mniejsze od sił spójności, powstaje **menisk wypukły**.



Mechanizm powstawania menisku wypukłego

Jak widzisz, powierzchnia cieczy może mieć różne kształty. Jeżeli działają tylko siły spójności i przylegania, to powstaje powierzchnia nazywana powierzchnią swobodną cieczy.

Taka powierzchnia jest prostopadła do wypadkowej siły działającej na cząsteczki znajdujące się na powierzchni.

Polecenie 4

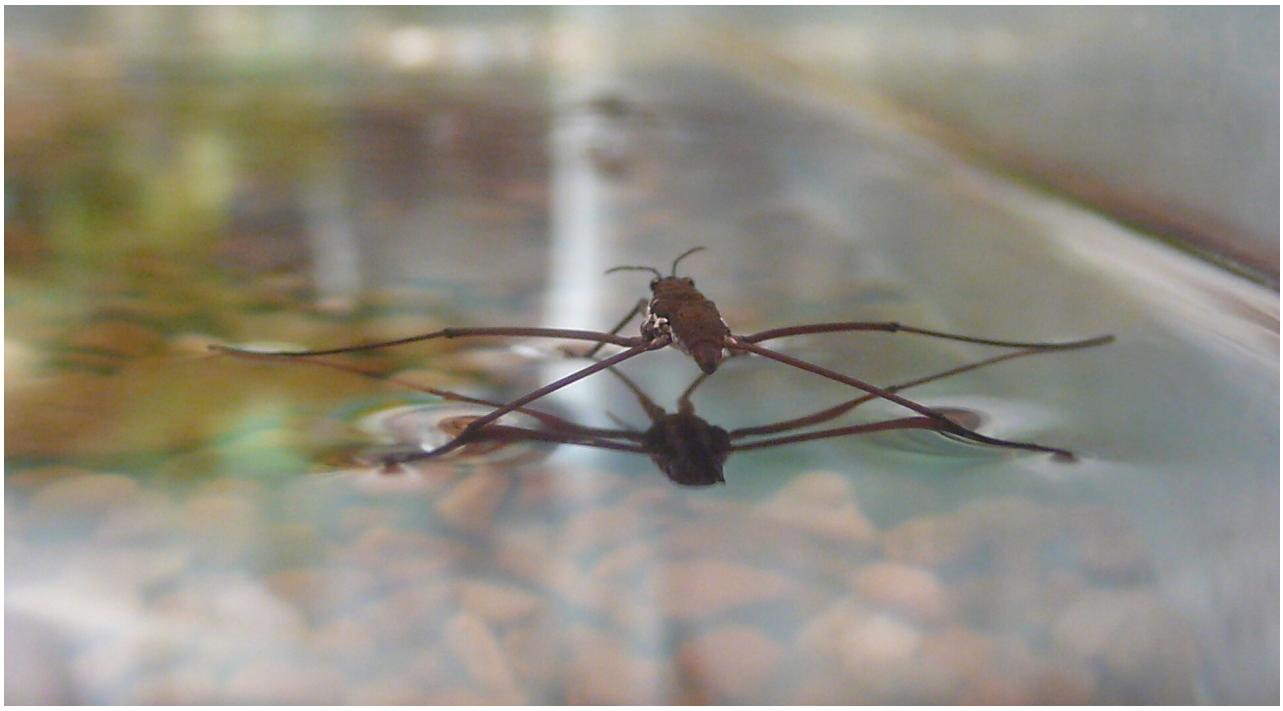
Przedyskutuj z kolegami i kolezankami z klasy, jakiego zjawiska moglibyście się spodziewać, gdyby wypadkowa siła działająca na cząsteczki znajdujące się na powierzchni nie była prostopadła do tej powierzchni.
Jak zachowywałyby się w takiej sytuacji cząsteczki cieczy na powierzchni?

Ćwiczenie 3

Uzupełnij puste miejsca.

Gdy siły spójności cząsteczek cieczy są większe od sił przylegania między cząsteczkami cieczy a cząsteczkami naczynia, powstaje menisk [ ]. Gdy siły spójności cząsteczek cieczy są mniejsze od sił przylegania między cząsteczkami cieczy a cząsteczkami naczynia, powstaje menisk [ ].

Dlaczego owad zwany nartnikiem wodnym nie tonie, kiedy porusza się po tafli wody? Przyjrzyj się, jak wygląda powierzchnia wody pod jego nóżkami. Czy rzeczywiście swoim wyglądem przypomina ona błonę? Czy jest to po prostu złudzenie?

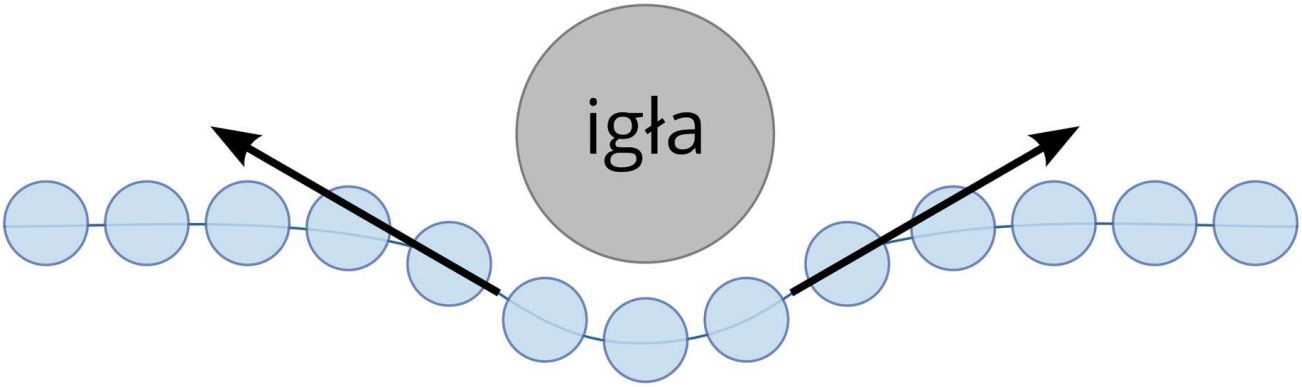


Nartnik wodny wykorzystujący napięcie powierzchniowe wody

Jak wiesz, woda często formuje się w krople. W stanie nieważkości mają one kształt kulisty. Dlaczego krople wody zawsze mają kształt mniej lub bardziej zbliżony do kuli?

Na cząsteczki znajdujące się na powierzchni kropli działają siły spójności zwrócone do środka kropli, prostopadle do jej powierzchni. Z tego powodu woda przyjmuje kształt kuli. Najmniejsza jest także jej powierzchnia zewnętrzna. Gdyby ta sama masa wody tworzyła np. sześcian, to jego powierzchnia byłaby większa niż powierzchnia kuli. Jak się okazuje, błona powierzchniowa cieczy „stara się" zajmować jak najmniejszą powierzchnię. Taka właściwość wyjaśnia wiele zjawisk związanych z powierzchnią cieczy, takich jak pływanie metalowej igły lub monety czy utrzymywanie się owadów na tafli wody.

Jeżeli igła naciśnie na powierzchnię cieczy, to nastąpi ugięcie tej powierzchni (siły spójności nie pozwolą na oddalenie się cząsteczek). Ugięta błona powierzchniowa będzie jednak miała tendencję do zmniejszenia swojej powierzchni i pojawią się siły styczne do tej powierzchni (siły napięcia powierzchniowego), usiłujące ją wyprostować. Efektem będzie siła wypadkowa działająca w górę, która to siła nie pozwoli igle zatonąć.



Ugięcie błony powierzchniowej pod wpływem ciężaru igły

Tak samo będzie w przypadku pływającej metalowej monety lub owada stojącego na powierzchni wody.

Ćwiczenie 4

Zaznacz wszystkie prawidłowe odpowiedzi.

- [ ] Po powierzchni wody mogą spacerować tylko owady. W szczególności wszystkie ciała wykonane ze stali, materiału o większej gęstości niż woda umieszczone na powierzchni wody na wskutek swojego ciężaru toną.
- [ ] Nartnik wodny może spacerować po powierzchni wody dzięki siłom napięcia powierzchniowego.
- [ ] Siły napięcia powierzchniowego to siły dążące do osiągnięcia jak najmniejszej powierzchni przez błonę powierzchniową.

Podsumowanie

- Ciecze łączą ze sobą cechy gazów i ciał stałych. Z jednej strony cząsteczki cieczy pozostają w odległościach zbliżonych do charakterystycznych dla ciał stałych (nieco większych od średnicy ich cząsteczek), z drugiej – swobodnie przemieszczają się względem siebie (charakteryzują się wysoką ruchliwością).
- Powierzchnię samorzutnie wytworzoną przez ciecz na styku z innym ośrodkiem (próżnią, powietrzem, inną cieczą) nazywamy powierzchnią swobodną cieczy.
- Ciecze bardzo trudno zmieniają objętość pod wpływem oddziaływania zewnetrznego. Odpowiadają za to silne oddziaływania międzycząsteczkowe, które podczas ściskania cieczy prowadzą do odpychania się cząsteczek, a podczas rozprężania – do ich przyciagania.
- Większość cieczy to złe przewodniki ciepła.
- Niektóre ciecze przewodzą prąd elektryczny. Są to najczęściej elektrolity, tzn. wodne roztwory niektórych zasad, kwasów lub soli. Mogą to być także roztopione metale, takie jak rtęć, lub cyna.
- Oddziaływania występujące między cząsteczkami tej samej substancji to siły spójności (kohezji).
- Oddziaływania międzycząsteczkowe występujące między cząsteczkami różnych substancji to siły przylegania (adhezji).

- Wzajemne relacje między siłami przylegania i spójności prowadzą do powstawania menisku.
- Gdy siły spójności między cząsteczkami cieczy przeważają nad siłami przylegania, powstaje menisk wypukły.
- Gdy siły przylegania są większe od sił spójności, powstaje menisk wklęsły.
- Powierzchnia cieczy dąży do zajmowania jak najmniejszego pola. Objawia się to w sytuacji, kiedy to pole się powiększy (np. nastąpi ugięcie powierzchni). Występują wówczas siły napięcia powierzchniowego, dążące do zmniejszenia pola tej powierzchni (np. przez przywrócenie jej płaskiego kształtu).

Praca domowa

Polecenie 5.1

Sprawdź, jaki ciężar jest w stanie utrzymać powierzchnia swobodna wody dzięki napięciu powierzchniowemu. Zaplanuj eksperyment, opisz jego przebieg oraz napisz podsumowanie.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Cząsteczkowa budowa materii
- Przekazywanie energii cieplnej w zjawisku przewodnictwa ciepła. Rola izolacji cieplnej
- Napięcie elektryczne

Słowniczek

błona powierzchniowa

– cienka błona wytworzona na powierzchni cieczy wskutek działania sił spójności pochodzących od cząsteczek znajdujących się we wnętrzu cieczy.

ciecz

– jeden z trzech stanów skupienia materii; ciecze zbudowane są z cząsteczek lub atomów oddalonych od siebie na odległość porównywalną z ich średnicami (co jest charakterystyczne dla ciał stałych). Z drugiej strony oddziaływania między cząsteczkami cieczy są na tyle słabe, że mogą one przemieszczać się niemal swobodnie względem siebie (tak samo jak cząsteczki gazów).

menisk (gr. *meniskos* – półksiężyc)

– kształt, jaki przyjmuje powierzchnia swobodna cieczy znajdująca się w naczyniu. Menisk może być wklęsły lub wypukły.
menisk wklęsły

– menisk, który powstaje, gdy siły przylegania między cząsteczkami cieczy a cząsteczkami naczynia są większe niż siły spójności cieczy.
menisk wypukły

– menisk, który powstaje, gdy siły przylegania między cząsteczkami cieczy a cząsteczkami naczynia są mniejsze niż siły spójności cieczy.
napięcie powierzchniowe (siły napięcia powierzchniowego)

– siły styczne do powierzchni cieczy, powodujące zmniejszanie się tej powierzchni.
powierzchnia swobodna

– powierzchnia cieczy powstająca samorzutnie na styku cieczy z innym ośrodkiem (próżnią, powietrzem, inną cieczą). Powierzchnia swobodna to np. górna powierzchnia cieczy w naczyniu, powierzchnia kropli, powierzchnia strumienia wody.
siły przylegania

– siły występujące między różnymi rodzajami cząsteczek, np. cieczą a ciałem stałym.
siły spójności

– siły występujące między cząsteczkami tej samej substancji, np. między cząsteczkami wody.

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 5
Uzupełnij puste miejsce.

Powierzchnia cieczy, którą ciecz tworzy samorzutnie nazywa się powierzchnią [ ].

Ćwiczenie 6

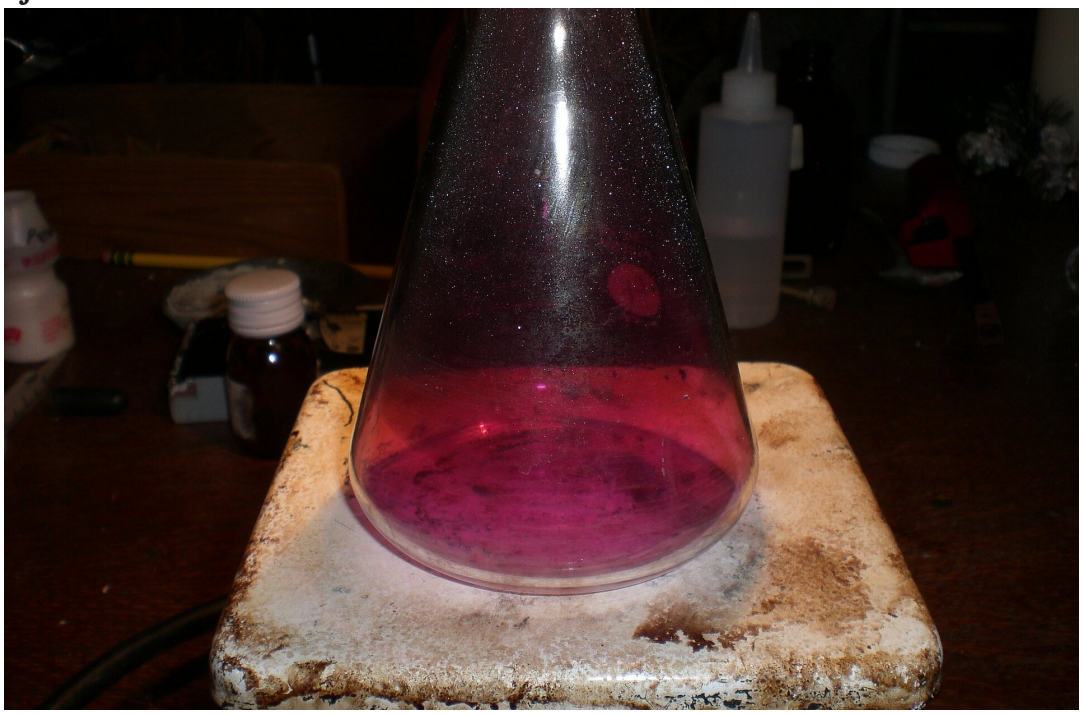
Uzupełnij puste miejsce, wybierając brakujący element z listy.

Cząsteczki w cieczach są _____.

w spoczynku | przez chwilę w ruchu, a potem w spoczynku | w ruchu

Budowa cząsteczkowa i właściwości fizyczne gazów

Powietrze to mieszanina gazów, dzięki której możesz oddychać. Ale czy jest to możliwe w każdych warunkach? Dlaczego nurek na głębokości 40 metrów musi używać specjalnej mieszaniny gazów zamiast powietrza? Dlaczego tylko nieliczni himalaiści potrafią wspiąć się na wysokość powyżej 8000 m bez korzystania z tlenu? Jeśli chcesz wiedzieć więcej, czytaj dalej.



Nie wszystkie gazy są bezbarwne i całkowicie przezroczyste – gazowy jod ma barwę fioletową

Już potrafisz

- dokonać podziału materii ze względu na jej stan skupienia;
- stwierdzić, że gazy nie mają określonych kształtu ani objętości;
- stwierdzić, że ciecze, ciała stałe i gazy wykazują różnice w budowie cząsteczkowej;
- stwierdzić, że oddziaływania międzycząsteczkowe w gazach są najsłabsze.

Nauczysz się

- jaka jest budowa cząsteczkowa gazów;
- wymieniać właściwości gazów;
- jakie są przyczyny zmian ciśnienia gazów;
- opisywać transport ciepła w gazach;
- co to jest przewodnictwo elektryczne gazów.

1. Budowa cząsteczkowa gazów

Cząsteczki w gazach w porównaniu z cząsteczkami i atomami w cieczach i ciałach stałych oddziałują ze sobą niezwykle słabo, a ich ruch jest chaotyczny i odbywa się w całej dostępnej przestrzeni.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DDh5wRzMi

Ruch cząsteczek w gazach

> **Zapamiętaj!**
>
> Bez względu na kształt naczynia cząsteczki gazu wypełniają całkowicie jego objętość.

Podczas ruchu cząsteczek gazu dochodzi do ich wzajemnych zderzeń oraz zderzeń ze ściankami naczynia. Uderzające cząsteczki wywierają nacisk na ścianki naczynia (podobnie jak rzucona piłka uderzająca w ścianę). Nacisk oznacza pewną średnią siłę działającą na ścianki (średnią, ponieważ liczba uderzających cząsteczek jest zmienna w czasie, ponadto prędkości cząsteczek są różne). Stosunek wartości tej siły do pola powierzchni ścianek nazywamy ciśnieniem gazu w zbiorniku.

Na poprzednich lekcjach dowiedziałeś się, że prędkości cząsteczek gazu są większe w wyższych temperaturach, zatem im wyższa temperatura, tym ciśnienie gazu będzie większe.

Gdybyś bez zmieniania temperatury zbiornika z gazem zmniejszył jego objętość, to – łatwo można to sobie wyobrazić – cząsteczki częściej uderzałyby w ścianki (przebywałyby krótsza drogę od ścianki do ścianki), co oznacza wzrost średniej siły działającej na ścianki, a zatem i wzrost ciśnienia.

Z tego wynika, że im wyższa temperatura, tym wyższe ciśnienie gazu (zmniejszanie temperatury spowoduje spadek ciśnienia). Zmiany objętości wpływają zaś odwrotnie na

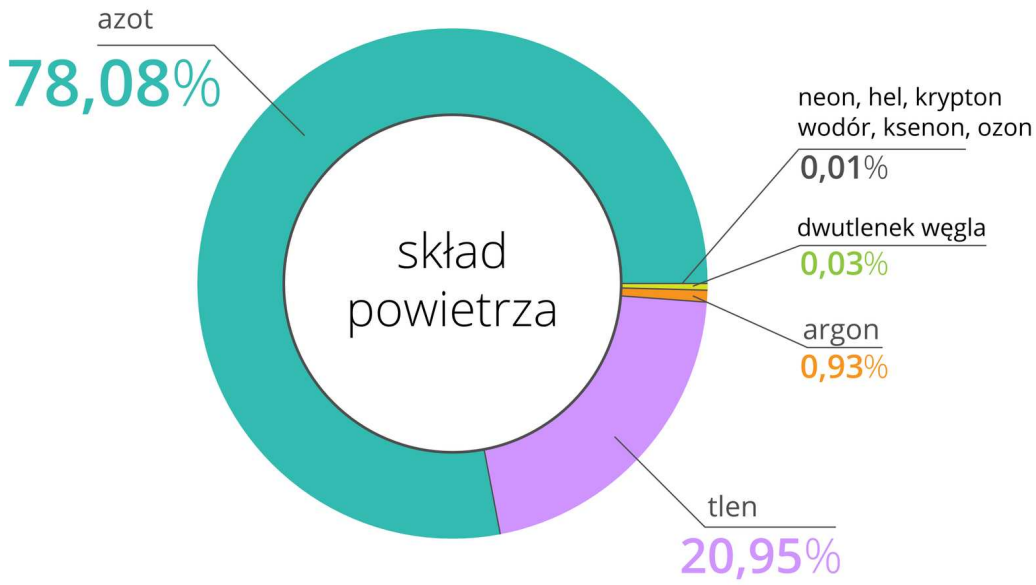
ciśnienie: im większa objętość, tym niższe ciśnienie (zmniejszaniu się objętości gazu towarzyszy wzrost jego ciśnienia).

Dokładnie prawa opisujące tzw. parametry stanu gazu, czyli objętość, ciśnienie i temperaturę, oraz związki między nimi poznasz w toku dalszej nauki.

> **Polecenie 1**
>
> Zastanów się i odpowiedz, w jakiej sytuacji wzrost temperatury nie spowodowałby wzrostu ciśnienia?

2. Właściwości fizyczne gazów

Najbardziej rozpowszechnionym gazem w przyrodzie jest powietrze. Stanowi ono (gdy nie zawiera pary wodnej) mieszaninę azotu (78 %), tlenu (21 %), i pozostałych gazów takich jak dwutlenek węgla i gazy szlachetne, które stanowią tylko 1 %. Para wodna występuje w powietrzu wilgotnym i może stanowić do kilku procent składu atmosfery blisko powierzchni Ziemi.



Wykres kołowy przedstawiający skład suchego powietrza atmosferycznego

Powietrze posłuży nam jako obiekt doświadczalny pozwalający lepiej poznać właściwości gazów.

Obserwacja 1

Wykazać, że gaz przyjmuje kształt naczynia, w którym się znajduje.

Co będzie potrzebne

- szklanka (0,25 l);
- miska lub garnek z wodą albo komora zlewozmywaka ze szczelnym korkiem;
- plastikowa słomka z karbowanym przegubem do zaginania.

Film dostępny pod adresem /preview/resource/RHAwHxqweQlBO

Obserwacja zachowania gazów
Gazy przyjmują kształt naczynia, w którym się znajdują

Demonstrator do naczynia nalewa tyle wody, aby można w niej całkowicie zanurzyć szklankę. Demonstrator wkłada szklankę do wody kładzie na dnie by cała napełniła się wodą i taką odwraca dnem do góry. Następnie wyciąga dno szklanki ponad lustro wody, uważając jednak, aby jej krawędź nie przekroczyła poziomu lustra wody. Woda nadal wypełnia szklankę. Demonstrator wprowadza krótszy koniec rurki do napojów pod szklankę i delikatnie dmucha tak, aby w szklance znalazło się powietrze. Widoczne są

usta, które wdmuchują powietrze przez słomkę do szklanki, widoczne bańki powietrza wypełniające szklankę. Powietrze zajmuje górną część szklanki. Demonstrator powtarza doświadczenie z naczyniem szklanym o kształcie wyraźnie innym od walcowatego kształtu szklanki.

Instrukcja

1. Do miski lub garnka z wodą nalej tyle wody, aby dało się w niej całkowicie zanurzyć szklankę.

2. Zanurz szklankę, tak aby cała wypełniła się wodą, po czym (pod wodą) odwróć naczynie do góry dnem.

3. Wyciągnij dno szklanki ponad lustro wody, uważając jednak, aby krawędź naczynia pozostała zanurzona; woda powinna znajdować się w szklance.

4. Zagięty (krótszy) koniec rurki wprowadź pod szklankę i delikatnie dmuchnij, tak aby w szklance znalazło się powietrze.

5. Użyj naczynia, które będzie miało zupełnie inny kształt niż szklanka (np. kieliszek do wina, mała karafka), i powtórz doświadczenie.

Podsumowanie

Powietrze wprowadzone do naczynia wyparło z niego wodę i zajęło objętość ograniczoną ściankami szklanki i lustrem wody. Jaki możesz wyciągnąć wniosek z tego doświadczenia?

Załącznik do obserwacji

Zapamiętaj!

Gazy nie mają swojego kształtu. Przybierają kształt naczynia, w którym się znajdują.

Obserwacja 2

Wykazać, że gaz przyjmuje objętość naczynia, w którym się znajduje.

Co będzie potrzebne

- tabletka musująca (np. wapno);
- mała fiolka wypełniona wodą;
- mały balonik.

Instrukcja

1. Włóż pokruszoną tabletkę musującą do wnętrza balonika.
2. Umieść balonik na szyjce fiolki, tak aby w trakcie jego zakładania żadna część pokruszonej tabletki nie dostała się do wody.
3. Pozwól, aby tabletka rozpuściła się w wodzie.

Podsumowanie

Balonik powoli napełnia się gazem uwolnionym na skutek reakcji chemicznej, która zaszła między tabletką musującą a wodą w fiolce – objętość balonika wzrasta. Oznacza to, że gaz samorzutnie wypełnia każdą dostępną objętość.

Załącznik do obserwacji

Zapamiętaj!

Gazy nie mają własnej objętości. Przybierają objętość naczynia, w którym się znajdują.

Jak widzisz, pod tym względem gazy nie różnią się od cieczy, które również przybierają kształt naczynia, w którym się znajdują. Jednak ciecze wypełniają najczęściej tylko część

naczynia. A jak to jest z gazami? Przyjrzyj się jeszcze raz poniższej animacji.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DDh5wRzMi

Ruch cząsteczek w gazach

Czy udało ci się zaobserwować sytuację, w której wszystkie cząsteczki zgromadziły się np. na górze naczynia, a jego dolna część pozostała pusta? Prawda, że nie?

Kiedy siedzisz przed komputerem i przeglądasz ten podręcznik (albo robisz coś innego), nie obawiasz się, że całe powietrze zgromadzi się pod sufitem i nie będziesz mieć czym oddychać. Takie rzeczy się nie zdarzają.

> **Zapamiętaj!**
>
> Gazy zawsze wypełniają całą dostępną im objętość!

Film dostępny pod adresem /preview/resource/RPGtMHvwCXflX

Rozszerzanie gazu

Gaz zajmuje całą dostępną objętość naczynia, w którym się znajduje

Na stole leży napompowane koło samochodowe, obok pompka ręczna (nie nożna) do kół. Demonstrator naciska ręką oponę z boku bez wyraźnego efektu. Demonstartor podłącza pompkę ręczną do zaworu powietrznego koła. Zaciska zacisk co wciska iglicę w zaworze czyniąc go drożnym w obie strony. Tłok pompki jest wciśnięty. Demonstrator utrzymuje pompkę w pozycji pionowej. Widać jak tłok pompki jest wypychany przez powietrze z dętki, trzpień z uchwytem do pompowania podnosi się do góry. D. z widocznym wysiłkiem zatrzymuje ruch tłoka naciskając na rączkę ręką lub dwoma. Po chwili puszcza i tłok dalej się wysuwa. To samo koło samochodowe. Obok leży koło rowerowe z oponą i dętką z zaworem typu samochodowego. Obok wężyk ciśnieniowy zakończony z obu stron przyłączami do wentyli samochodowych. Wężyk na środku jest zaciśnięty imadełkiem ręcznym lub innym ściskiem. D. naciska bez skutku oponę samochodową po czym podnosi koło rowerowe i demonstruje sflaczają oponę, która łatwo poddaje się uciskowi dłoni. D. zakłada wężyka na wentyle obu kół. D. zdejmuje zacisk z wężyka. Po chwili D. naciska dłonią oponę koła rowerowego. Widać, że zrobiła się twarda. Stół, na stole pompa próżniowa z talerzem i kloszem. Obok na stole zawiązany ale nie napompowany balonik. D. podnosi balonik i demonstruje jaki jest sflaczały. Umieszcza balonik pod kloszem pompy próżniowej. D. wskazując na pompę. D. Włącza pompę. Widać jak balonik rośnie wypełniając coraz większą część klosza.

Obserwacja 3

Wykazać, że siła zewnętrzna może doprowadzić do zmniejszenia objętości gazu.

Co będzie potrzebne

- plastikowa strzykawka.

Instrukcja

1. Wyciągnij tłok do połowy objętości strzykawki.
2. Zatkaj palcem jej wylot.
3. Spróbuj wcisnąć z powrotem tłok przy zatkanym wylocie strzykawki.

Podsumowanie

Powietrze w strzykawce udało się ścisnąć. Zmiana objętości powietrza nie okazała się zbyt trudna.

Załącznik do obserwacji

Zapamiętaj!

W przeciwieństwie do ciał stałych i cieczy gazy są ściśliwe. Samorzutnie zwiększają one swoją objętość, jeśli tylko mają taką możliwość. Zmniejszanie ich objętości wymaga działania siły zewnętrznej. Zwiększanie objętości gazu prowadzące do zmniejszania ciśnienia nazywamy rozprężaniem gazu.

Polecenie 2

Podaj przykłady sytuacji z życia codziennego, w których doszło do rozprężenia gazu.

Zapamiętaj!

> Podczas zwiększania objętości gazu i spadku ciśnienia dochodzi często do spadku temperatury tego gazu. Ten spadek jest tym większy, im szybciej zachodzi to zjawisko. Efekt jest widoczny m.in. podczas otwierania butelki z wodą gazowaną.

W wodzie gazowanej znajdują się bardzo drobne pęcherzyki dwutlenku węgla. Po otwarciu butelki gwałtownie zwiększają one swoją objętość (można je wtedy zobaczyć) i spada w nich temperatura. Ochłodzony gaz zmniejsza z kolei temperaturę wody. Zapytaj rodziców, jak wyglądało otrzymywanie wody gazowanej za pomocą syfonów z pojemnikami z CO_2. Proces zwiększania objętości i spadku ciśnienia gazu trwał bardzo krótko, a temperatura spadała tak znacznie, że na powierzchni pojemnika osadzał się szron. Obecnie również można kupić syfony i pojemniki z dwutlenkiem węgla, jednak znacznie częściej używamy butelek z gotową wodą gazowaną.

> **Ćwiczenie 1**
>
> Które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe, a które nie?

	Prawda	Fałsz
Gazy łatwo zmniejszają swoja objętość, ponieważ ich cząsteczki znajdują się daleko od siebie.	◯	◯
Gazy zwiększają swoją objętość, gdyż oddziaływania między cząsteczkami są bardzo słabe.	◯	◯
Cząsteczki gazów wykazują duże oddziaływania przyciągające i słabe oddziaływania odpychające.	◯	◯

3. Cieplne i elektryczne przewodnictwo gazów

> **Zapamiętaj!**
>
> Gazy są złymi przewodnikami ciepła i prądu elektrycznego.

Obserwacja 4

Wykazać, że powietrze jest złym przewodnikiem ciepła.

Co będzie potrzebne

- dwie jednakowe szklanki;
- słoik o pojemości ok. 1 litra i takiej średnicy, aby do słoika można było wstawić szklankę; lepsza byłaby zamykana metalowa puszka o podobnej pojemności;
- lodówka.

Instrukcja

1. Do każdej szklanki wlej wodę o temperaturze pokojowej (do ¾ objętości).
2. Jedną ze szklanek wstaw do słoika (lub puszki) i zamknij go pokrywką.
3. Słoik (lub puszkę) ze szklanką i drugą szklankę z wodą wstaw do lodówki.
4. Po 30 minutach sprawdź temperaturę wody w obu szklankach (termometrem lub po prostu włóż palec jednej dłoni do pierwszej szklanki, a drugiej – do drugiej).

Podsumowanie

Mimo że woda w obu szklankach znajduje się w takich samych warunkach, woda w szklance umieszczonej w słoiku jest cieplejsza. Oznacza to, że powietrze, podobnie jak i inne gazy, jest złym przewodnikiem ciepła.

Obserwacja 5

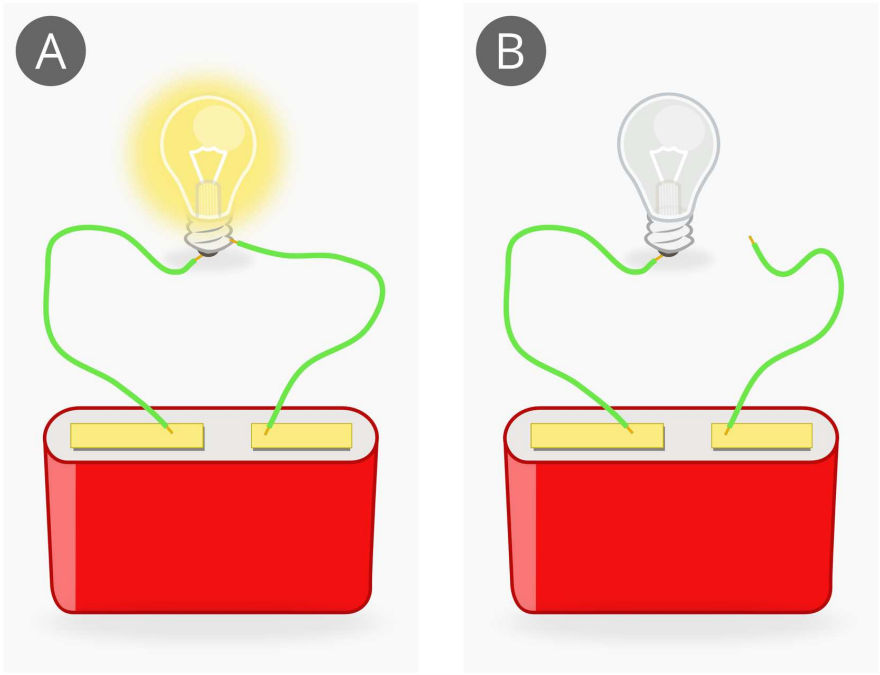
Wykazać, że powietrze jest złym przewodnikiem prądu elektrycznego.

Co będzie potrzebne

- bateria 4,5 V;
- żarówka 4,5 V;
- przewody elektryczne.

Instrukcja

1. Zbuduj obwód elektryczny zgodnie z poniższym rysunkiem.



A – obwód zamknięty; B – obwód otwarty

2. Na przemian otwieraj i zamykaj obwód.

Podsumowanie

Żarówka zaświeci, gdy obwód zostanie zamknięty. Nawet jeśli przewód będzie znajdował się blisko oprawki żarówki, ale nie będzie się z nią stykał, prąd elektryczny w obwodzie nie popłynie. Warstwa powietrza oddzielająca przewód od oprawki żarówki nie jest dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego. Zarówno powietrze, jak i pozostałe gazy, w normalnych warunkach nie przewodzą prądu elektrycznego.

Warto jednak pamiętać, że w niektórych warunkach gazy mogą przewodzić prąd elektryczny. Dzieje się tak np. podczas wyładowań atmosferycznych.

Podsumowanie

- Cząsteczki w gazach słabo na siebie oddziałują, ich ruch jest chaotyczny i odbywa się w całej dostępnej przestrzeni.
- Cząsteczki gazu wypełniają całkowicie objętość naczynia, bez względu na jego ksztalt. Podczas ruchu dochodzi do ich wzajemnych zderzeń i „bombardowania" ścianek pojemnika.
- Najbardziej rozpowszechnionym gazem w przyrodzie jest powietrze. Jest ono mieszaniną azotu (78%) i tlenu (21%). Pozostały 1% stanowią dwutlenek węgla i gazy szlachetne oraz para wodna.
- Gazy nie mają kształtu – przybierają kształt naczynia, w którym się znajdują.
- Gazy nie mają określonej objętości – przybierają objętość naczynia, w którym się znajdują.
- Gazy są ściśliwe (w przeciwieństwie do ciał stałych i cieczy).
- Rozprężanie gazu polega na zwiększaniu jego objętości i spadku ciśnienia.
- Rozprężaniu gazu często towarzyszy obniżenie jego temperatury, co jest najwyraźniej widoczne, gdy ten proces zachodzi gwałtownie.
- Gazy są złymi przewodnikami ciepła i prądu elektrycznego.

Praca domowa

Polecenie 3.1

Zastanów się i napisz, dlaczego w upalny dzień piłka plażowa wydaje się bardziej wypełniona powietrzem, niż kiedy jest chłodno.

Polecenie 3.2

Podaj przykłady praktycznego wykorzystania sprężania i rozprężania gazów.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Cząsteczkowa budowa materii

Słowniczek

ciśnienie (p)

– wielkość fizyczna definiowana jako wartość siły działającej prostopadle do powierzchni podzielona przez pole tej powierzchni. Jeżeli gaz jest zamknięty w zbiorniku, to cząsteczki lub atomy, które poruszają się chaotycznie uderzają w ścianki zbiornika i podczas zderzenia działają na nie siłą. Siły te są przyczyną ciśnienia wywieranego przez gaz na ścianki naczynia. Im wyższa temperatura, tym wyższe ciśnienie gazu (zmniejszanie temperatury spowoduje spadek ciśnienia). Zmiany objętości wypływają odwrotnie na ciśnienie: im większa objętość, tym niższe ciśnienie (zmniejszaniu się objętości gazu towarzyszy wzrost jego ciśnienia).

gaz

– jeden z trzech stanów skupienia materii; cząsteczki w gazach znajdują się w znacznych odległościach od siebie, dużo większych od średnicy tych cząsteczek. Nieustannie poruszają się one względem siebie i się zderzają. Uderzają także w ścianki naczynia i wywierają na nie ciśnienie.

narkoza azotowa

– stan przypominający nadmierne spożycie alkoholu; charakteryzuje się obniżeniem sprawności umysłowej, brakiem koncentracji i koordynacji ruchowej. Dotyka nurków, którzy zanurzyli się na głębokość ponad 30 m, oddychając sprężonym powietrzem. Jest wynikiem wpływu azotu na organizm ludzki.

rozprężanie gazu

– proces polegający na zwiększaniu objętości gazu i spadku ciśnienia.

Zadanie podsumowujące

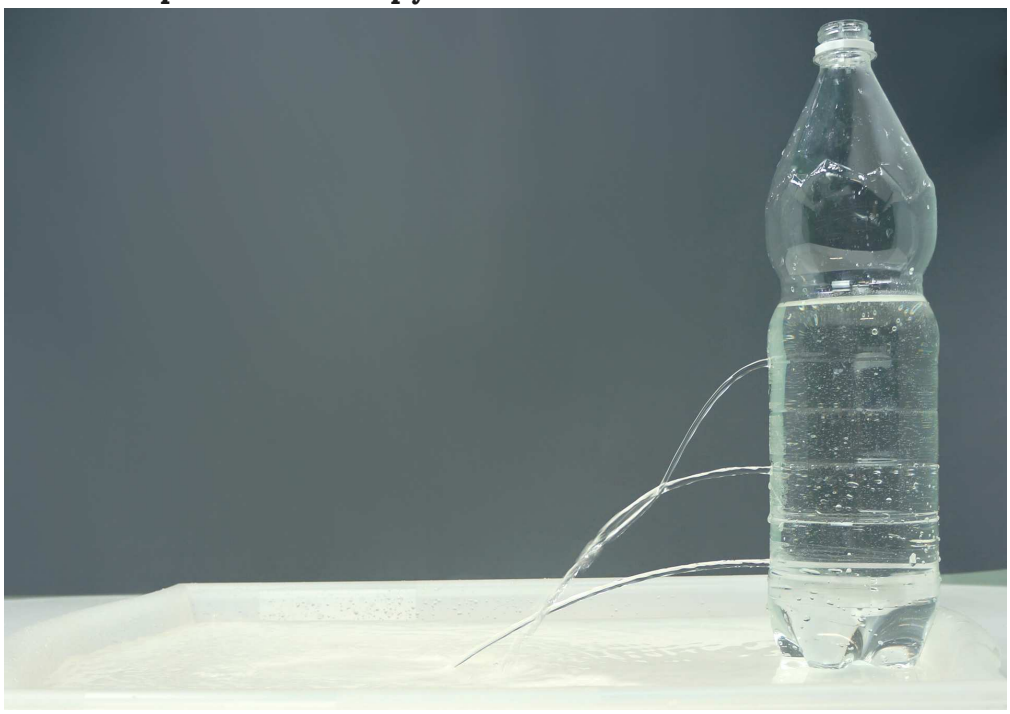
Ćwiczenie 2

Które informacje są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Gazy są złymi przewodnikami ciepła.	◯	◯
Gazy mogą dobrze izolować przed utratą ciepła i być izolatorami prądu elektrycznego.	◯	◯
Gazy nigdy nie przewodzą prądu elektrycznego.	◯	◯

Ciśnienie. Ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczne

Panie wybierające się na plażę nigdy nie zakładają szpilek. Dlaczego? Gdy nurkujesz głęboko w basenie, odczuwasz silny nacisk na błonę bębenkową w uszach. Dlaczego? Spróbujmy znaleźć odpowiedzi na te pytania.



Ciśnienie hydrostatyczne zwiększa się wraz ze wzrostem wysokości słupa cieczy

Już potrafisz

- użyć pojęcia siły jako miary oddziaływania między ciałami;
- podać, jakie są zależności między ciężarem ciała a jego masą;
- podać znaczenie gęstości jako masy zawartej w jednostce objętości;
- wymienić trzy stany skupienia materii;
- wymienić różnice w budowie cząsteczkowej cieczy, ciał stałych i gazów.

Nauczysz się

- wyjaśniać pojęcie ciśnienia;
- posługiwać się jednostkami ciśnienia;
- opisać rolę, jaką ciśnienie odgrywa w życiu codziennym i w przyrodzie;
- wymieniać nazwy przyrządów do pomiaru ciśnienia;
- wskazywać przykłady zjawisk związanych z ciśnieniem hydrostatycznym i aerostatycznym;
- wyjaśniać, dlaczego poziom cieczy jednorodnej w naczyniach połączonych jest jednakowy;
- wskazywać przykłady naczyń połączonych.

1. Co to jest ciśnienie

Każdy turysta, który wędrował zimą po głębokim, grząskim śniegu, wie, ile wysiłku kosztuje wykonanie choćby jednego kroku w takich warunkach. Doświadczony wędrowiec jest jednak do takich warunków odpowiednio przygotowany. Jego standardowym wyposażeniem są narty albo rakiety śnieżne.

Rakiety śnieżne zwiększają powierzchnię, na którą działa ciężar naszego ciała

Dlaczego zapadasz się w śniegu, kiedy mamy na nogach zwykłe buty, a gdy założymy narty, to ten problem znika? Czym różnią się oba przypadki? Główna różnica to wielkość powierzchni, na którą działa ciężar naszego ciała. Powierzchnia nart jest około 6 razy większa niż powierzchnia podeszew naszych butów. Podobny efekt zaobserwujemy, gdy latem panie mające na nogach szpilki idą po rozgrzanym asfaltowym chodniku. Po obcasach zostają w asfalcie bardzo głębokie ślady.

Obserwacja 1

Wykazać, że skutki działania stałej siły o kierunku prostopadłym do badanej powierzchni zależą od wielkości powierzchni.

Co będzie potrzebne

- głęboka duża miska, wiadro albo po prostu piaskownica;
- mokry piasek;
- pełna cegła (nie dziurawka).

Instrukcja

1. Wsyp piasek do miski.
2. Rozprowadź go równomiernie po całej powierzchni, tak aby utworzył grubą warstwę.
3. Połóż na piasku cegłę na boku o średniej powierzchni.
4. Podnieś ją, starając się nie zniszczyć pozostawionego przez nią śladu.
5. Powtórz te czynności dla boków o najmniejszej i największej powierzchni.

Podsumowanie

W każdym z trzech badanych przypadków wielkość siły (ciężar cegły) i jej kierunek (pionowo w dół) były jednakowe. Zmianie ulegała jedynie wielkość powierzchni, na którą ta siła działała. Im ta powierzchnia była większa, tym mniejsze było zagłębienie w piasku.

Zapamiętaj!

> Skutki działania siły zależą od jej wartości oraz od rozmiaru pola powierzchni, na którą ta siła działa.

Ten sam efekt obserwujemy, kiedy chodzimy po śniegu – im większa jest powierzchnia naszego obuwia (rozszerzona do powierzchni nart lub rakiet śnieżnych), tym płycej się w nim zapadamy.
Powierzchnia szpilek, obcasu w ulubionym obuwiu wielu pań, jest bardzo mała, dlatego ciśnienie wywierane przez te wysokie obcasy o małej powierzchni powoduje, że wgniatają się one głęboko nawet w asfalt nieco rozmiękły na słońcu, a co dopiero mówić o zagłębianiu się w śniegu.

> **Ćwiczenie 1**
>
> Które informacje są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Im większa powierzchnia, na którą działa nasz ciężar na śnieg, tym głębiej będziemy się w nim zapadać.	◯	◯
Im mniejsza powierzchnia, na którą działa nasz ciężar na śnieg, tym głębiej będziemy się w nim zapadać.	◯	◯
Wielkość powierzchni, na którą działa nasz ciężar na śnieg nie ma znaczenia na to czy się w nim zapadamy czy nie.	◯	◯

Siłę, która nie jest przyłożona punktowo, lecz działa na pewną powierzchnię, nazywamy siłą nacisku lub parciem.
Wielkość fizyczną, która informuje nas o tym, jak duża siła nacisku działa na jednostkę powierzchni, nazywamy ciśnieniem.
Ciśnienie oznaczamy małą literą p.
W celu obliczenia ciśnienia należy siłę nacisku F (parcie) podzielić przez pole powierzchni S, na które ta siła działa.

> **Reguła: Wzór na ciśnienie**
>
> ciśnienie = siła nacisku (parcie) / pole powierzchni
>
> $$p = \frac{F}{S}$$
>
> **Polecenie 1**
>
> Odpowiedz na pytanie: dlaczego noże lepiej przecinają np. chleb, gdy są naostrzone, a gorzej, gdy są stępione?

Jednostką ciśnienia w układzie SI jest paskal (Pa).

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{1\,\mathrm{N}}{1\mathrm{m}^2} = 1\,\mathrm{Pa}$$

1 paskal to ciśnienie wywołane przez siłę o wartości 1 niutona działającą na powierzchnię 1 m^2. Nie jest to duża wielkość – w przybliżeniu odpowiada ona ciśnieniu, jakie wywiera 100 g wody równomiernie rozprowadzonej na powierzchni 1 m^2. W praktyce korzystamy z wielokrotności tej jednostki. Jedną z nich, dobrze znaną z prognoz pogody, jest **hektopaskal**.

1 hPa = 100 Pa.

Ćwiczenie 2

Które z poniższych zdań jest poprawne? Wybierz wszystkie prawidłowe odpowiedzi.

- [ ] Ciśnienie to stosunek parcia do pola powierzchni, na którą działa
- [ ] Ciśnienie jest równe liczbowo wartości siły działającej na jednostkę powierzchni.
- [ ] Ciśnienie to stosunek pola powierzchni do działającej siły na tę powierzchnię.

Polecenie 2

Pinezka jest bardzo ostro zakończona, dlatego pole powierzchni jej ostrza jest bardzo małe – wynosi ok. 0,1 mm^2. Oblicz ciśnienie wywierane przez ostrze pinezki na powierzchnię tablicy korkowej gdy pinezka wbijana będzie z siłą 55 N.

Polecenie 3

Podczas wybuchu mieszanki paliwowej w silniku spalinowym średnie ciśnienie w cylindrze wzrasta do 10 $\frac{N}{cm^2}$ i wywołuje parcie gazu na tłok równe 750 N. Oblicz powierzchnię tłoka. Wynik podaj w cm^2.

Ciekawostka

Wielokrotności jednostek wielkości fizycznych i ich przedrostki.

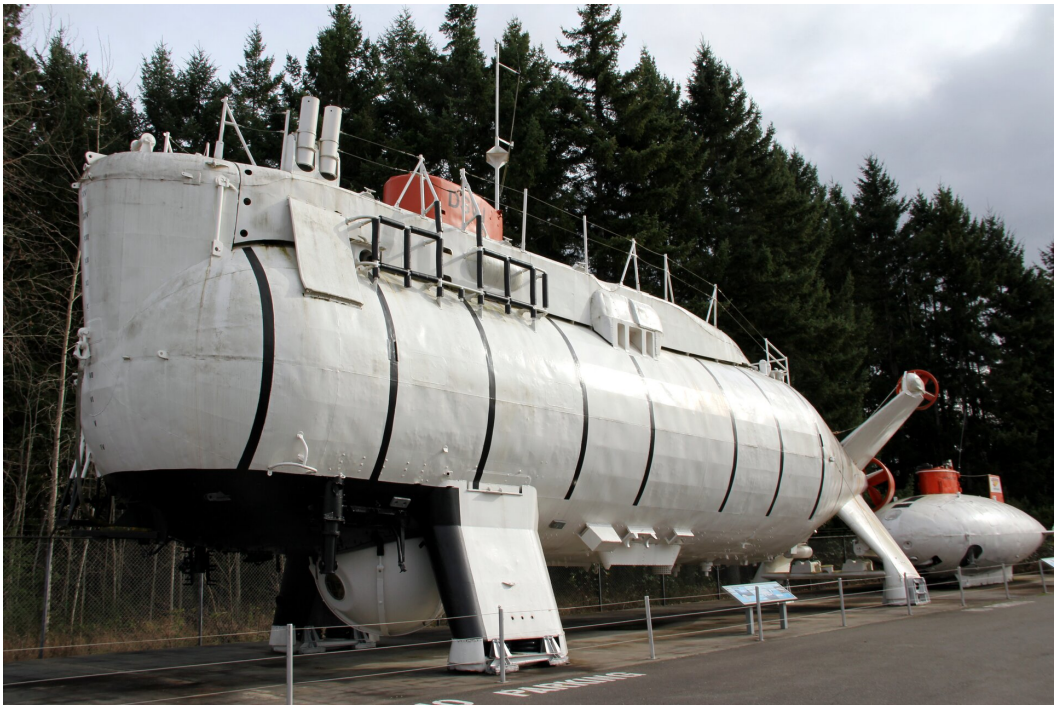
Tabela wybranych przedrostków w układzie SI [Tabela wybranych przedrostków jednostek wielkości fizycznych w układzie SI](http://pl.wikipedia.org/wiki/Przedrostek_SI)

Przedrostek	Symbol	Mnożnik	Przykład
tera	T	10^{12}	1 TPa = 1 000 000 000 000 Pa
giga	G	10^{9}	1 GPa = 1 000 000 000 Pa
mega	M	10^{6}	1 MPa = 1 000 000 Pa

Przedrostek	Symbol	Mnożnik	Przykład
kilo	k	10^3	1 kPa = 1 000 Pa
hekto	h	10^2	1 hPa = 100 Pa
deka	da	10^1	1 daPa = 10 Pa
decy	d	10^{-1}	1 dPa = 0,1 Pa
centy	c	10^{-2}	1 cPa = 0,01 Pa
mili	m	10^{-3}	1 mPa = 0,001 Pa
mikro	µ	10^{-6}	1 µPa = 0,000 001 Pa
nano	n	10^{-9}	1 nPa = 0,000 000 001 Pa
piko	p	10^{-12}	pPa = 0,000 000 000 001 Pa

2. Co to jest ciśnienie hydrostatyczne?

W 1960 roku znany badacz głębin morskich Jacques Piccard i sierżant amerykańskiej marynarki wojennej Don Walsh osiągnęli na pokładzie batyskafu Trieste dno Rowu Mariańskiego – najgłębiej położonego miejsca na kuli ziemskiej, znajdującego się ok. 11 km poniżej poziomu morza.



Batyskaf Trieste II, w którym Jacques Piccard i Don Walsh osiągnęli dno Rowu Mariańskiego

Na głębokości niemal 11 000 m ciężar wywierany przez masy wody na powierzchnię batyskafu powoduje niezwykle wysoką wartość ciśnienia – 1000 razy większą niż ciśnienie atmosferyczne. Zwykły okręt podwodny w takich warunkach zostałby całkowicie zgnieciony.

Dział fizyki, który zajmuje się badaniem właściwości cieczy znajdujących się w spoczynku, nazywa się**hydrostatyką**.

Spróbuj ustalić, jakie wielkości fizyczne wpływają na ciśnienie hydrostatyczne.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy istnieje zależność między ciśnieniem hydrostatycznym wywieranym przez ciecz a wysokością słupa cieczy?

Hipoteza

Ciśnienie hydrostatyczne rośnie wraz ze wzrostem wysokości słupka cieczy.

Co będzie potrzebne

- półtoralitrowa plastikowa butelka po napoju;
- miednica;
- igła;
- woda.

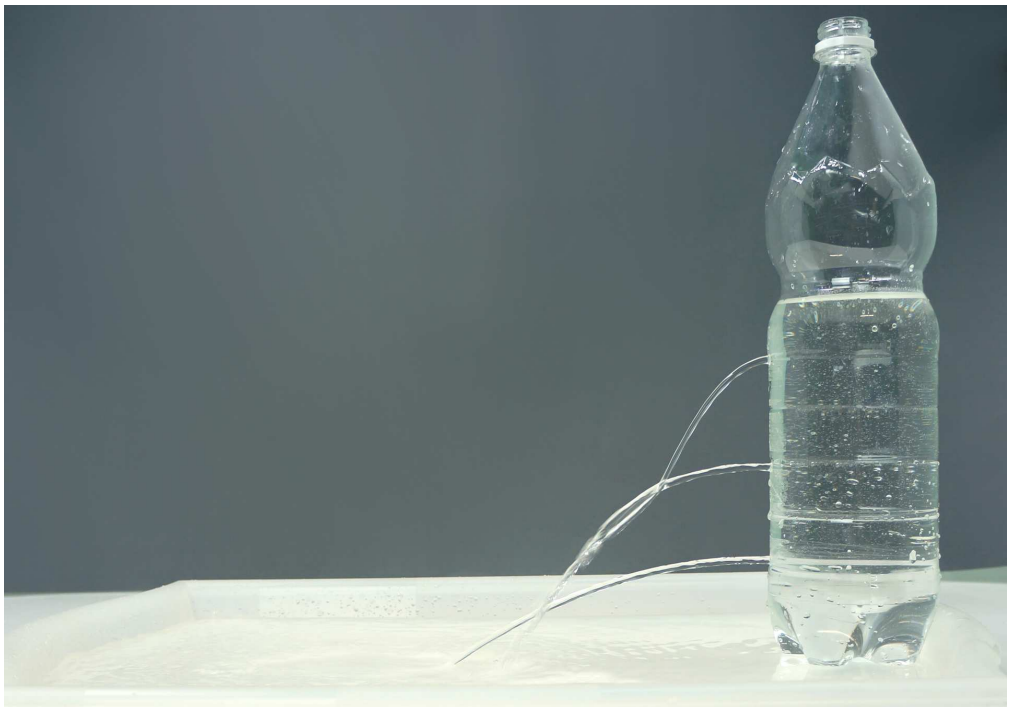
Instrukcja

1. W butelce zrób kilka otworów (cztery lub pięć) jeden nad drugim . Zachowaj między nimi równe odstępy.
2. Postaw butelkę w miednicy na wysokiej podstawce.
3. Napełnij butelkę wodą.

Podsumowanie

Zasięg strumienia wody wypływającego przez otwór znajdujący się najbliżej dna butelki jest największy, a strumienia wypływającego przez najwyższy otwór – najmniejszy. Oznacza to, że ciśnienie na dnie naczynia jest znacznie większe od ciśnienia wody w pobliżu jej powierzchni.

Demonstracja



Ciśnienie hydrostatyczne zwiększa się wraz ze wzrostem wysokości słupa cieczy

Zapamiętaj!

Ciśnienie hydrostatyczne zależy od wysokości słupa cieczy. Im jest on wyższy, tym ciśnienie wywierane przez ciecz jest większe.

Gdy batyskaf Piccarda opuszczał się na dno Rowu Mariańskiego, musiał stawić czoła niezwykłemu wyzwaniu, ponieważ każdemu metrowi przebytemu w głąb oceanu towarzyszył wzrost ciśnienia hydrostatycznego, wynoszący 10000 Pa!

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Na ekranie pojawia się portret Pascala. Pod spodem data narodzin i śmierci „1623 – 1662". Portret Pascala odpływa na lewy bok ekranu (może się zmniejszać) a po prawej stronie ekranu „napływają" napisy: trójkąt Pascala, twierdzenie Pascala, teoria prawdopodobieństwa wartość oczekiwana, zakład Pascala, Myśli prawo Pascala. Napisy zatrzymują się w chwili gdy na ekranie pojawia się napis „paradoks hydrostatyczny" a napis „prawo Pascala" jest jeszcze widoczny. To pod koniec monologu lektora. Nowy ekran.

W pole wjeżdża dębowa beczka. Widać animowane wiadra wlewające niebieskawą wodę do beczki, widać jak w beczce podnosi się poziom wody aż do wypełnienia po brzegi. Pojawia się pokrywa i wpasowuje się od góry w beczkę. Animowany młotek dobija pokrywę ze wszystkich stron. Przejście do szerszego planu. Pojawia się (rośnie od dołu) wąska rurka prowadząca od górnej pokrywy beczki w górę do 2. piętra kamienicy. Kamienica pojawia się w odpowiednim momencie monologu lektora. Rurka na górze zakończona jest lejkiem. Wnętrze rurki jest puste (widać) w przeciwieństwie do beczki całkowicie wypełnionej. Pod koniec monologu lektora na górze przy lejku pojawia się niewielki dzbanek wypełniony wodą. Dzbanek przechyla się i woda powoli wlewa się do rurki. W miarę wypełniania rurki w beczce pojawiają się coraz wyraźniejsze przecieki; woda coraz mocniej tryska szczelinami między klepkami beczki. Gdy rurka jest już całkowicie wypełniona, beczka „drży z wysiłku" i po chwili rozpada się. Woda wylewa się. Pojawia się napis „paradoks hydrostatyczny".

Doświadczenie 2

Problem badawczy

Czy ciśnienie hydrostatyczne zależy od gęstości cieczy?

Hipoteza

Wzrost gęstości cieczy powoduje wzrost ciśnienia hydrostatycznego.

Co będzie potrzebne

- trzy jednakowe, małe plastikowe butelki po napojach;
- trzy baloniki;
- trzy gumki recepturki;
- nożyczki;
- trzy statywy laboratoryjne;
- woda;
- denaturat;
- olej.

Instrukcja

1. Odetnij nożyczkami dna butelek.

2. Z baloników wytnij trzy membrany.

3. Na każdą z butelek załóż membranę (zamiast zakrętki).

4. Każdą membranę uszczelnij na krawędzi butelki gumką recepturką.

5. Umieść butelki na statywach.

6. Do każdej z nich nalej taką samą objętość różnych cieczy: do pierwszej – wodę, do drugiej – denaturat, a do trzeciej – olej.

Podsumowanie

Woda, olej i denaturat mają różne gęstości. Możesz sprawdzić to w odpowiednich tablicach fizycznych. Po odkształceniu membran można sądzić, że największe parcie wywierane jest przez ciecz o największej gęstości (w naszym doświadczeniu jest to woda), a najmniejsze – przez ciecz o najmniejszej gęstości (czyli denaturat). Wszystkie membrany miały taką samą powierzchnię. Jeśli więc skorzystamy z definicji ciśnienia, dojdziemy do wniosku, że największe ciśnienie wytworzyła ciecz o największej gęstości – woda. Następny będzie olej, a ostatni – denaturat, ponieważ jego gęstość jest najmniejsza. Doświadczenie wykazało, że ciśnienie cieczy zależy nie tylko od wysokości jej słupa, lecz także od rodzaju cieczy, a dokładniej od jej gęstości.

Demonstracja

Zapamiętaj!

Im większa gęstość cieczy, tym większe ciśnienie hydrostatyczne wywiera ona na dno naczynia.

Polecenie 4

Zastanów się i zapisz, jak zmieniłoby się ciśnienie wywierane na batyskaf, gdyby został on zanurzony w cieczy, której gęstość byłaby znacznie mniejsza od gęstości wody.

Ćwiczenie 3

Uzupełnij puste miejsca.

Ciśnienie spowodowane parciem cieczy będącej w spoczynku, nazywa się ciśnieniem _____.

Dział fizyki zajmujący się zjawiskami związanymi z cieczami będącymi w spoczynku, to _____.

Ciekawostka

Ludzie nie są w stanie przeżyć w środowisku, jakie panuje na dnie oceanu – głównie z powodu bardzo wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. Istnieją jednak organizmy, które są przystosowane do życia w takich warunkach.

Ryby głębinowe są przystosowane do życia na dużych głębokościach.

Ryby te żyją na głębokościach większych niż 5000 m, a działa na nie ciśnienie przekraczające 500 000 hPa.

3. Jak obliczyć ciśnienie hydrostatyczne?

Jak pamiętasz z początku lekcji:

ciśnienie = siła nacisku (parcie) / pole powierzchni, czyli

$p = \frac{F}{S}$

Siła nacisku jest równa ciężarowi cieczy znajdującej się nad powierzchnią S. Wzór na ciężar (nie tylko cieczy) to

$Q = m \cdot g$

Z tego wynika, że:

$Q = V \cdot d \cdot g$

oraz że

$Q = S \cdot h \cdot d \cdot g$

Jeśli pamiętasz definicję ciśnienia i to, że siła nacisku F jest równa ciężarowi Q, z łatwością wywnioskujesz, że ciśnienie hydrostatyczne zależy zarówno od wysokości słupa cieczy, jak i od jej gęstości. Będziesz je obliczać za pomocą wzoru

$p = d \cdot g \cdot h$

gdzie:

p [Pa] – ciśnienie cieczy;
$d \left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right]$ – gęstość cieczy;
g $\left[\frac{m}{\mathrm{s}^2}\right]$ – przyspieszenie ziemskie;
h [m] – wysokość słupa cieczy.

Polecenie 5

Oblicz wartość ciśnienia panującego na dnie Rowu Mariańskiego, w punkcie znajdującym się w pobliżu Hawajów, mającego głębokość 11 035 m. Gęstość wody morskiej wynosi 1030 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Polecenie 6

Ciśnienie wywierane na dno zbiornika z pewną cieczą wynosi *p*. Oblicz, jak i ile razy zmieni się (wzrośnie lub zmaleje) ciśnienie na dnie zbiornika, jeżeli będzie on trzy razy głębszy i nalejemy tam innej cieczy, której gęstość będzie dwa razy większa.

Polecenie 7

Oblicz ciśnienie, jakie na dno kanistra o wysokości 50 cm wywiera benzyna samochodowa, jeśli kanister został wypełniony do połowy.

4. Co to jest ciśnienie atmosferyczne?

Ciśnienie atmosferyczne

– ciśnienie występujące w atmosferze ziemskiej i przez nią wywierane. Jest ono związane z ciężarem powietrza znajdującego się nad poziomem, na którym ciśnienie to jest mierzone, i zależy od wielu czynników, takich jak np.: szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, temperatura powietrza. W wyniku ruchów powietrza, spowodowanych różnicami temperatury i wilgotności, ciśnienie atmosferyczne ulega ciągłym zmianom, które w dużym stopniu wiążą się ze stanem pogody. Im bliżej powierzchni Ziemi, tym wyższe jest ciśnienie atmosferyczne, i odwrotnie – na szczytach górskich ciśnienie jest niższe niż w dolinach.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak duże może być parcie wywierane przez powietrze atmosferyczne?

Półkule magdeburskie

Obserwacja 2

Dokonać obserwacji wpływu ciśnienia atmosferycznego na wybrane ciała.

Co będzie potrzebne

- puszka aluminiowa po napoju gazowanym;
- miska z zimną wodą;
- palnik kuchenki gazowej;
- szczypce z rękojeściami termicznie izolowanymi.

Instrukcja

Uwaga: doświadczenie może być wykonane tylko pod nadzorem osoby dorosłej!

1. Do puszki wlej taką ilość wody, aby jedynie zasłoniła ona dno.
2. Postaw puszkę na palniku i zagotuj wodę.
3. Gdy zauważysz, że woda wrze, odczekaj chwilę i za pomocą szczypiec zdejmij puszkę z palnika.
4. Nad miską z wodą odwróć szybko puszkę do góry dnem i zanurz ją tak, aby jej otwór znalazł się pod wodą.

Podsumowanie

Puszka została zgnieciona przez ciśnienie atmosferyczne. Jak to się dzieje? Na początku ciśnienie panujące w puszce i ciśnienie na zewnątrz się równoważą. Gdy woda wrze, uwalnia

się para wodna, która wypiera powietrze z wnętrza puszki. Gdy ją gwałtownie schłodzimy w zimnej wodzie, wypełniająca ją para wodna wypełniająca puszkę skrapla się na jej ściankach, w jej wnętrzu gwałtownie obniża się ciśnienie powietrza i puszka zostaje zgnieciona.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Wpływ ciśnienia atmosferycznego na zachowanie ciał

Puszka po napoju gazowanym, opróżniona, otwarta od góry (mały otwór). Stoi pionowo na stole/podstawie. Dymek ze wskaźnikiem wskazującym puszkę przy z podpisem „Aluminiowa puszka po napoju gazowanym". Dymki znikają, przy ściankach puszki pojawia się strzałki symbolizujące ciśnienia wewnątrz i na zewnątrz. Strzałki sa jednakowej długości/grubości (wewnętrzne i zewnętrzne mogą różnić się kolorem). Do puszki „nalewa się" nieco wody na dno Dymek wskazuje na wodę, podpis „woda". Pod puszką pojawiają się płomienie. Po chwili woda zaczyna wrzeć (widać pęcherzyki, woda się kotłuje) dumek z podpisem „para wodna" wskazuje na wolną przestrzeń nad wodą. Dymek „para wodna" znika. Obok puszki pojawia się/wjeżdża naczynie wypełnione wodą. Od razu pojawia się dymek z napisem „zimna woda". Animowana łapa/szczypce chwyta puszkę i szybkim ruchem przenosi ją do naczynia z wodą jednocześnie odwracając do góry dnem. Zanurza puszkę do połowy. Mgiełka symbolizująca parę w puszce znika, pojawia się kilka kropelek wody. Kropelki wody pojawiają się na ściankach i denku. Pojawiają się strzałki symbolizujące ciśnienia działające na ścianki wewnątrz i na zewnątrz. Do puszki przez otwór na dole wchodzi nieco (mało) wody. Przedstawiana jest animacja zgniatanej puszki. W trakcie zgniatania strzałki ciśnienia mogą zniknąć. Woda, która weszła do puszki pozostaje w niej. Na ekranie wielki znak zapytania. Animacja puszki po skropleniu pary, do której od dołu przez otwór wchodzi woda (dość wolno by można zaobserwować proces) prawie do samej góry. Obok pojawia się znak zapytania.

Ciśnienie atmosferyczne działające na powierzchnię naszych ciał nie jest wcale małe, jednak dzięki ewolucji wszystkie organizmy na Ziemi, w tym człowiek, dostosowały się do życia w takich warunkach.

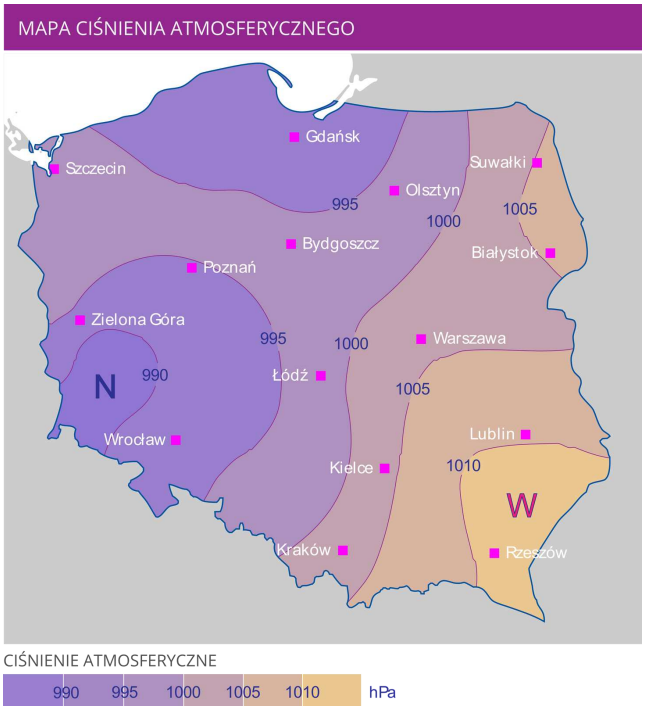
Im bliżej powierzchni Ziemi, tym wyższe jest ciśnienie atmosferyczne, i odwrotnie – na szczytach górskich jest ono niższe niż w dolinach. Wraz ze wzrostem wysokości o jeden metr, licząc od poziomu morza, ciśnienie atmosferyczne maleje o ok. 0,13 hPa.

Polecenie 8

Wymień wielkości fizyczne, które wpływają na wartość ciśnienia atmosferycznego w danym miejscu.

Ciekawostka

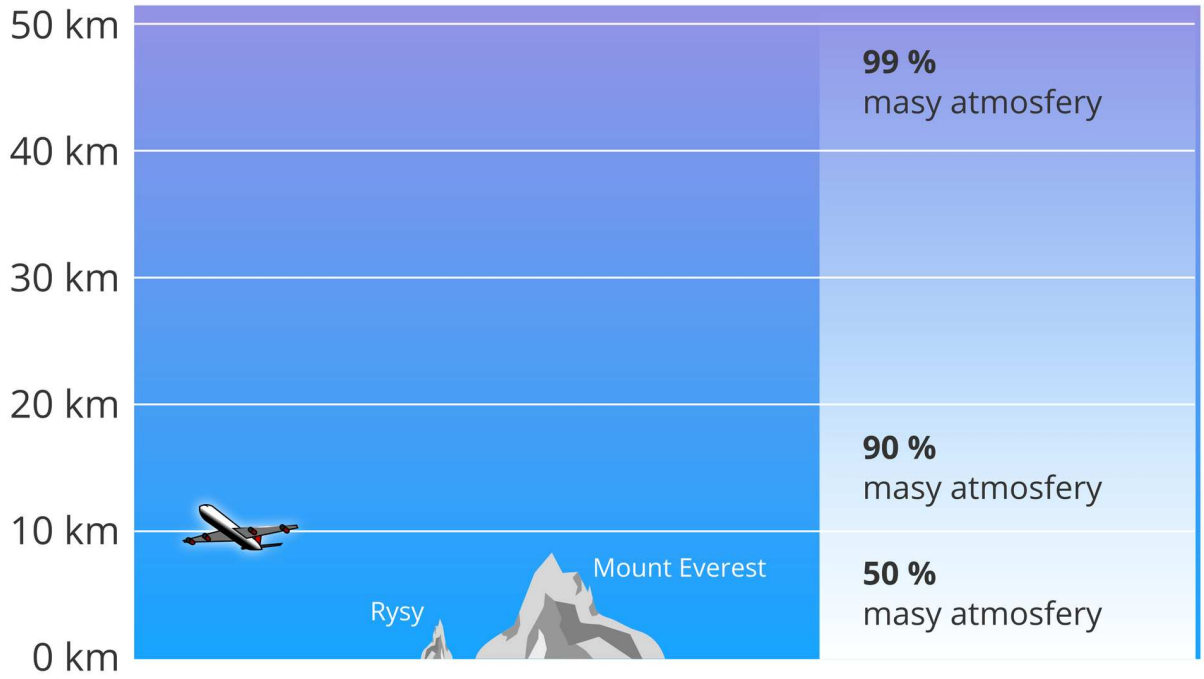
W przewidywaniu pogody ważna jest znajomość rozkładu ciśnienia atmosferycznego.
Wyż baryczny, antycyklon (z gr. *anti* – przeciw; *kyklos* – krąg, obrót) – w meteorologii jeden z układów barycznych; obszar wysokiego ciśnienia atmosferycznego, w którym najwyższe ciśnienie panuje w centrum układu, a prądy powietrza skierowane są na zewnątrz – ku obszarom o niższym ciśnieniu. Ruch wirowy mas powietrza w antycyklonie odbywa się na półkuli północnej zgodnie z ruchami wskazówek zegara.
Niż baryczny, cyklon – jeden z układów barycznych; system niżowy, w którym występują zazwyczaj układy frontalne. Jest zjawiskiem pogodowym, a nie po prostu obszarem niskiego ciśnienia.



Mapa przedstawiająca rozkład ciśnienia atmosferycznego nad Polską

Ciekawostka

Powyżej 3000 m nad poziomem morza mogą pojawić się pierwsze kłopoty z oddychaniem. Na takiej wysokości gęstość atmosfery jest na tyle mała, że ilość tlenu zawarta w rozrzedzonym powietrzu może stać się niewystarczająca do swobodnego oddychania. Do wysokości około 6 km skupiona jest prawie połowa całkowitej masy atmosfery ziemskiej.



Zmiana gęstości powietrza atmosfery ziemskiej wraz ze wzrostem wysokości

Obszary niżowe charakteryzują się ruchem powietrza od dołu do góry. Na miejsce powietrza, które powędrowało do góry, napływa strumień powietrza z obszarów wyżowych. Pionowe ruchy powietrza powodują powstawanie chmur i opadów atmosferycznych, natomiast jego ruchy poziome nazywamy**wiatrem**.
Francuski fizyk Jean de Bard stwierdził, że istnieje zależność między różnicą ciśnień powietrza a prędkością wiatrów.

Ciekawostka

Gazy pozostające w spoczynku,np. powietrze, wywierają ciśnienie na ścianki naczynia, w którym się znajdują. Ciśnienie to nazywamy**ciśnieniem aerostatycznym**, a dział fizyki zajmujący się między innymi tym ciśnieniem – **aerostatyką**.
Ciekawostka

Dlaczego możemy pić sok przez słomkę? Gdyby nie różnica między ciśnieniem atmosferycznym, a ciśnieniem powietrza w naszych płucach, nigdy nie skosztowalibyśmy pysznego soku. Kiedy wciągasz powietrze przez rurkę do swoich płuc, obniżasz jednocześnie ciśnienie panujące w jej wnętrzu. Ponieważ to ciśnienie jest mniejsze niż ciśnienie atmosferyczne, w efekcie ciśnienie panujące wokół soku wtłacza sok do rurki.
Ciekawostka

Czy wiesz, jak działa odkurzacz? W wyniku pracy silnika obraca się wentylator, który zmniejsza ciśnienie w komorze pojemnika na kurz. Wytworzona różnica ciśnień powoduje, że powietrze – zasysane wraz z cząsteczkami kurzu i zanieczyszczeń – podąża przez komorę z filtrami i trafia ostatecznie do wylotu odkurzacza. Podczas tego przepływu drobiny kurzu i zabrudzeń pozostają na filtrze, wewnątrz pojemnika na kurz.
Ciekawostka

> Evangelista Torricelli (1608–1647) – włoski matematyk i fizyk, uczeń Galileusza – powiedział, że „żyjemy na dnie wielkiego oceanu – oceanu powietrza". Miał on na myśli to, że powietrze, które nas otacza, oddziałuje na nas tak samo jak woda, gdy w niej nurkujemy, tzn. wywiera na nas ciśnienie.

5. Pomiary ciśnienia

Jednym z pierwszych przyrządów, który posłużył do pomiaru ciśnienia atmosferycznego, był **barometr rtęciowy** skonstruowany przez Evangelistę Torricellego i jego ucznia Vincenza Vivianiego.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Animacja przedstawiająca zasadę działania barometru rtęciowego Torricellego. Pojawia się grafika ze szklaną rurką o długości 1m oraz naczynie szklane. Pojawiają się strzałki wskazujące na rtęć w rurce i naczyniu z napisem – „Rtęć". Pojawia się korek lub dłoń, której palec, zatyka rurkę. Rurka zostaje odwrócona i umieszczona w naczyniu zatkanym końcem. Widać jak korek/palec zostaje odetkany i poziom rtęci nieco spada i zatrzymuje się na pewnej wysokości. aż do wyrównania, pojawia się strzałka i napis „Próżnia Torricellego". Pojawia się zdjęcie barometru naczyniowego i lewarowego

---

Z barometrem rtęciowym związana jest pierwsza historyczna jednostka ciśnienia – **atmosfera**.

Dopóki w Polsce nie został wprowadzony **układ SI**, ciśnienie podawano w atmosferach (oznaczanych jako „atm") lub w milimetrach słupa rtęci (mm Hg). Obecnie jednostką ciśnienia jest paskal (Pa).
Jaka jest zależność miedzy tymi jednostkami ciśnienia?

1 atm = 760 mm Hg = 1013,25 hPa = 101 325 Pa

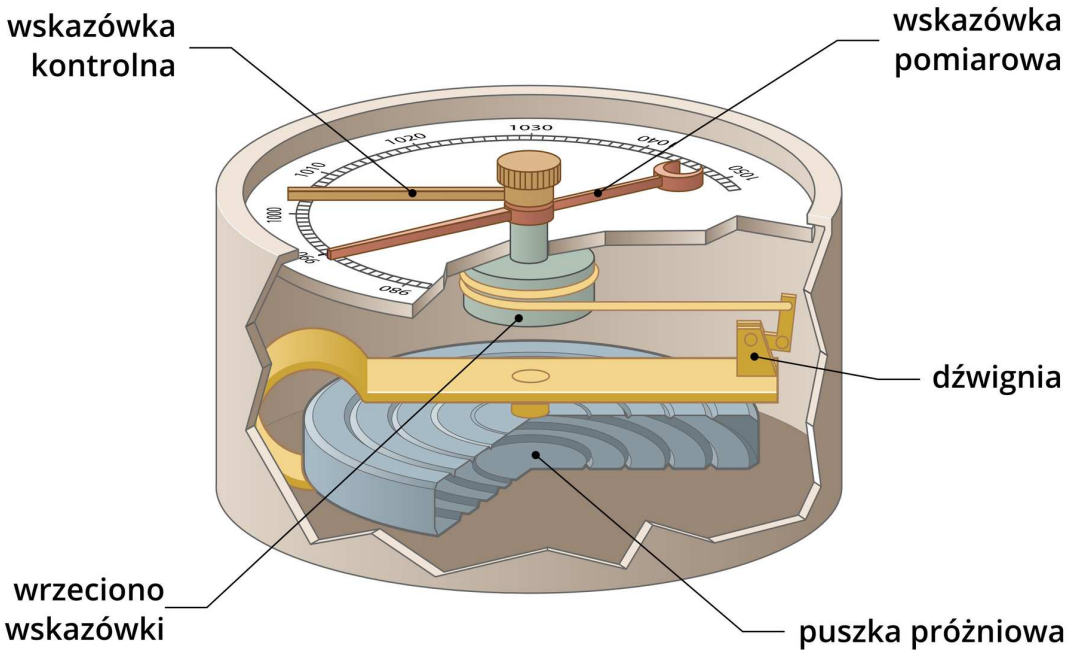
Wielkość ciśnienia atmosferycznego nie jest stała i może zmieniać się z godziny na godzinę. Ciśnienie, które w przybliżeniu odpowiada wartości ciśnienia atmosferycznego panującego na poziomie morza, nazywamy**ciśnieniem normalnym** i przyjmujemy, że odpowiada mu wartość 1 atm, czyli 1013,25 hPa.

Pomiar ciśnienia dokonany przez Torricellego wzbudził ogromne zainteresowanie w całej ówczesnej Europie.

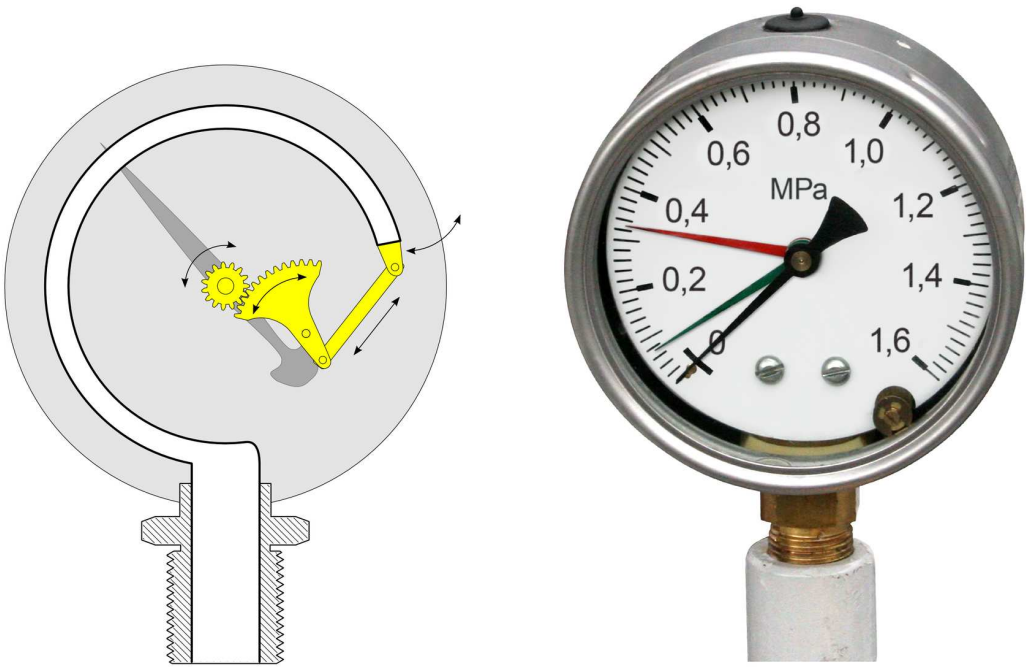
Barometr rtęciowy został udoskonalony przez angielskiego fizyka Roberta Hooke'a (1635–1703). Do barometru Torricellego i Vivianiego Hooke dodał podziałkę, która pozwalała na

odczytywanie poziomu słupa rtęci. W tej postaci barometr przetrwał do dziś.

Barometry mechaniczne, **aneroidy**, są dzisiaj najczęściej stosowanymi miernikami ciśnienia atmosferycznego.



Wewnątrz aneroidu znajduje się szczelna metalowa puszka z pokrywą w formie membrany (**puszka Vidiego**), wypełniona gazem pod obniżonym ciśnieniem. Wraz ze zmianami ciśnienia atmosferycznego puszka nieznacznie zwiększa lub zmniejsza swoją objętość wskutek wyginania membrany w górę lub w dół. System dźwigni i kółek zębatych przenosi ruchy membrany na wskazówkę poruszającą się na tle skali.



Zasada działania manometru mechanicznego

Najważniejszą częścią**manometru sprężynowego** jest sprężysta, wygięta, metalowa rurka, której jeden z końców stanowi wlot powietrza (gazu), drugi zaś jest zamknięty i podłączony

do układu wskazującego ciśnienie. Wzrost ciśnienia odkształca rurkę (prostuje ją), a wskazówka manometru się wychyla. Gdy ciśnienie maleje, siła sprężystości rurki sprawia, że wraca ona do swojego pierwotnego położenia (zginanie), a wówczas wskazówka się cofa.

Wszystkie manometry mają zakres pomiarowy, który informuje o maksymalnym ciśnieniu, jakie można bezpiecznie zmierzyć za pomocą tego przyrządu. Możemy nim dokonywać pomiaru z pewną dokładnością. Przyjmujemy, że jest ona równa najmniejszej działce na skali.

Polecenie 9

Barometr cieczowy wskazał ciśnienie 770 mm Hg. Przelicz wartość ciśnienia barometru na paskale i hektopaskale.

Polecenie 10

Słupek rtęci osiągnął wysokość 0,76 m. Oblicz wartość ciśnienia atmosferycznego. Wynik podaj w paskalach.

Ciekawostka

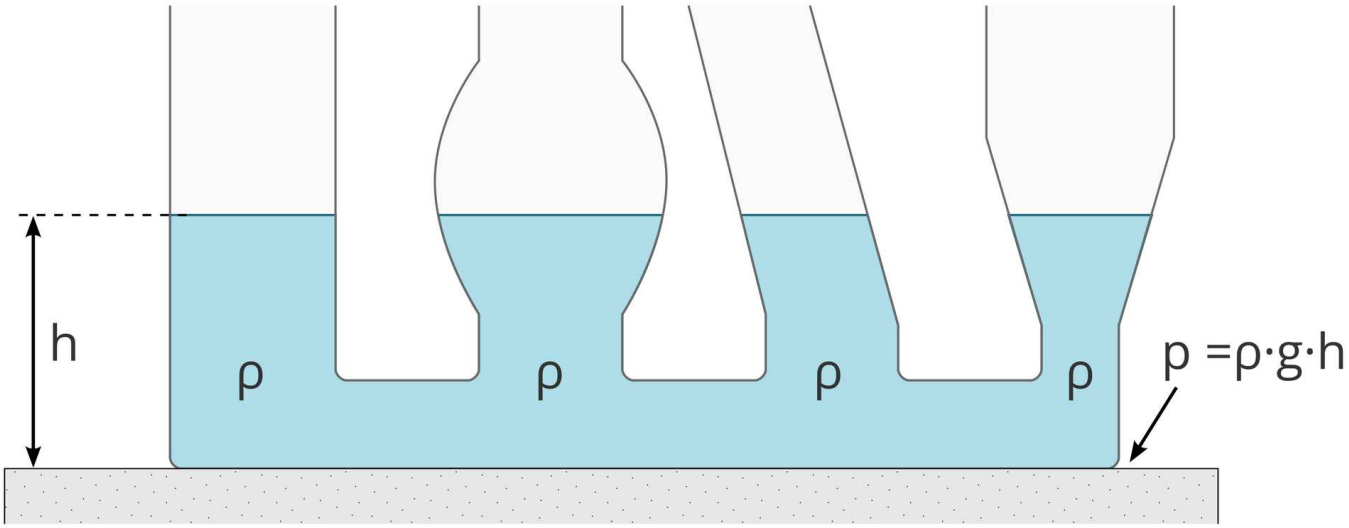
Dlaczego używamy pojęcia „słup rtęci”? Torricelli do przeprowadzenia pomiaru ciśnienia atmosferycznego użył rtęci. Dlaczego nie wody? Torricelli zainspirowany był pomiarami ciśnienia atmosferycznego wykonywanymi przez Gaspara Bertiego (1600–1643), który wykorzystał do nich wodę. Berti posługiwał się w tym celu ołowianą rurą o długości 12 m. Rtęć jest ok. 13,6 razy gęstsza od wody. Pozwoliło to Torricellemu na skrócenie długości rury do 1 m i zastąpienie ołowiu szkłem, a tym samym znacznie uprościło pomiar. W 1647 roku na dworze króla Polski Władysława IV doświadczenie z wodą wykonał włoski zakonnik Valeriano Magni. Warto wspomnieć, że doświadczenia te dowiodły istnienia próżni, która wytwarzała się nad słupem cieczy, przy zamkniętym końcu rurki.

Ciekawostka

Konstrukcja barometru Torricellego szybko znalazła zastosowanie obserwatorium meteorologicznym w Toskanii, założonym w 1654 roku. Założycielem tego obserwatorium był książę toskański Ferdynand II. Dzięki niemu w 1655 roku powstało także obserwatorium meteorologiczne w Warszawie, wchodzące w skład nowo utworzonej sieci obserwatoriów, zwanej siecią florentyńską.

6. Naczynia połączone

Naczynia połączone stanowią układ kilku naczyń, zwykle o różnych kształtach, połączonych w taki sposób, aby ciecz mogła między nimi swobodnie przepływać.



W stanie równowagi ciśnienie cieczy w ramionach naczyń połączonych bez względu na ich kształt jest takie samo na tym samym poziomie

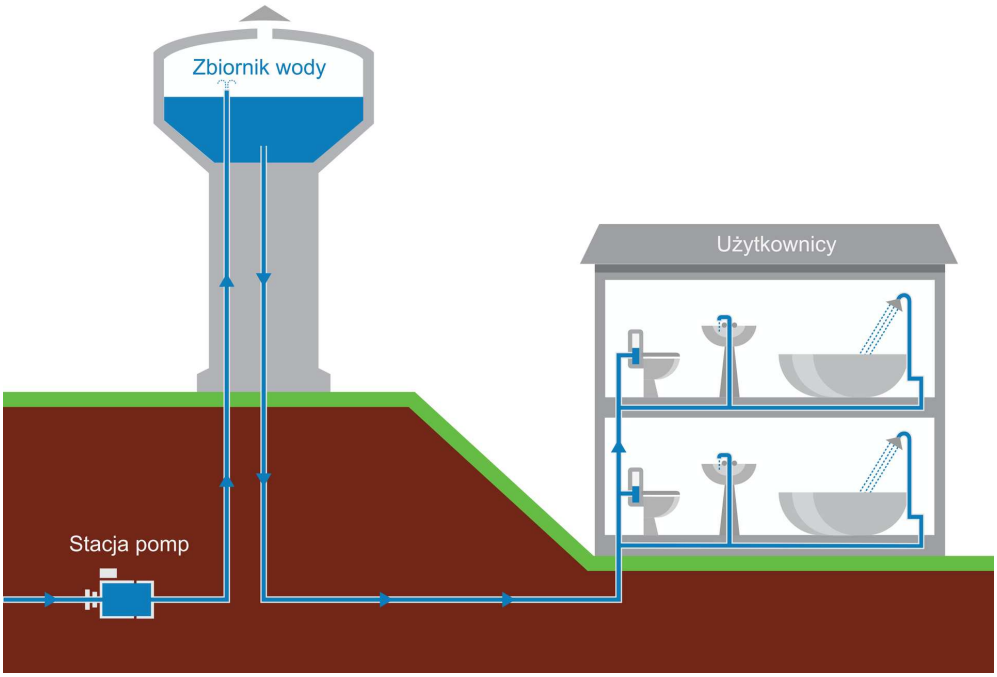
Poziom cieczy w ramionach naczyń połączonych jest zawsze taki sam. Taka sama jest również wartość ciśnienia mierzona na tej samej głębokości w każdym z ramion. Wynika to ze znanej ci już zależności $p = \rho \cdot g \cdot h$ (lub $p = d \cdot g \cdot h$w zależności od tego, jak oznaczymy gęstość cieczy).

Gdzie wykorzystujemy zasadę działania naczyń połączonych?

Jednym z zastosowań zasady działania naczyń połączonych były wodociągi miejskie. Funkcjonowały one dzięki rozbudowanemu systemowi ciągów wodnych, które łączyły sieć**wież ciśnień**z odbiorcami wody – domami mieszkalnymi, zakładami przemysłowymi lub budynkami użyteczności publicznej.

Wieża ciśnień to wysoki budynek, na szczycie którego znajduje się zbiornik z wodą

Jak działa taka wieża?



Woda wpompowywana jest na szczyt wieży. Ponieważ układ dąży do wyrównania ciśnienia cieczy po obu stronach rury, tak jak dzieje się to w ramionach naczyń połączonych, woda dochodzi do wszystkich pięter budynku, znajdujących się poniżej zbiornika.

Wieże ciśnień pełnią obecnie jedynie funkcję pomocniczą, wykorzystywane są w razie awarii zasilania elektrycznego sieci wodociągowej lub jako zbiorniki przeciwpożarowe. Zostały całkowicie zastąpione przez**hydrofory**i inne nowsze rozwiązania technologiczne.

Zasadę działania naczyń połączonych wykorzystujemy także w transporcie wodnym. Na rzece lub kanale żeglugowym dość często pojawiają się różnice poziomu wody, które

niwelowane są przez system **śluz**.
Gdy jednostka pływająca chce przepłynąć do obszaru, który znajduje się poniżej (lub powyżej) poziomu zbiornika, w którym aktualnie się ona znajduje, wykorzystuje się wtedy **śluzę**.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Film przedstawia zasadę działania śluzy. Tło białe. Śluza beżowa. Śluza składa się z trzech części. Części oddzielone są od siebie żółtymi wrotami. Część pierwsza połączona jest z częścią drugą za pomocą rury, która znajduje się pod ich dnami. Część środkowa połączona jest z częścią trzecią w taki sam sposób. W pierwszej części, po lewej stronie, poziom wody jest niski. Na powierzchni unosi się mała, biała łódka. W części środkowej i trzeciej poziom wody jest wysoki Wrota pomiędzy częścią środkową a trzecią są otwarte. W kolejnej scenie wrota pomiędzy częścią środkową a trzecią zostają zamknięte. Otwierają się wloty rury łączącej część pierwszą z drugą. Poziom wody w części środkowej osiąga taką samą wysokość, jak poziom wody z części pierwszej. Otwierają się również wrota. Łódka swobodnie przepływa do części drugiej. Następnie wrota zostają zamknięte. Otwierają się wloty rury łączącej część środkową z częścią trzecią. Poziom wody w części środkowej podnosi się. Po chwili jest taki sam jak w części trzeciej. Wtedy wrota pomiędzy częścią środkową a trzecią zostają otwarte. Łódka przepływa do części trzeciej. Po chwili zawraca i z powrotem wpływa do części środkowej. Wrota i wloty rur zostają zamknięte. Otwierają się natomiast wloty rur łączące część środkową z częścią pierwszą. Poziom wody opada. Wrota do części pierwszej się otwierają. Łódka przepływa do części pierwszej.

Jak działa taka śluza? Dzięki prawu naczyń połączonych jesteśmy w stanie wyrównać poziom wody między zbiornikiem a odcinkiem między wrotami śluzy. Gdy ten poziom zostanie wyrównany, możemy otworzyć pierwsze wrota i wpłynąć do obszaru wyrównawczego, po czym musimy je zamknąć. W obszarze wyrównawczym – ponownie dzięki zasadzie działania naczyń połączonych – poziom wody zostaje obniżony do poziomu, jaki panuje po drugiej stronie śluzy. Możemy teraz bezpiecznie otworzyć drugie wrota i odpłynąć.

> **Polecenie 11**
>
> Wykonaj serię rysunków ilustrujących działanie śluzy na przykładzie barki nadpływającej od strony, w której poziom lustra wody jest niższy.

Przykładem naczyń połączonych występujących w przyrodzie są **studnie artezyjskie**, mające charakterystyczny kształt litery „U”. Na czym polega ich działanie?

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D1Fks8h8v

Studnia artezyjska jako przykład wykorzystania zasady naczyń połączonych

Studnie artezyjskie powstają, gdy warstwa wodonośna, tzn. warstwa gleby, która łatwo nasiąka wodą, znajduje się między dwiema warstwami nieprzepuszczalnymi o kształcie litery „U". Wykopanie studni powoduje, że woda samoczynnie dąży do wyrównania poziomów cieczy.

Doświadczenie 3

Problem badawczy

Czy jeśli w układzie naczyń połączonych znajdą się dwie ciecze (mające różną gęstość), które się ze sobą nie mieszają, wysokość ich słupów w ramionach naczyń połączonych będzie taka sama?

Hipoteza

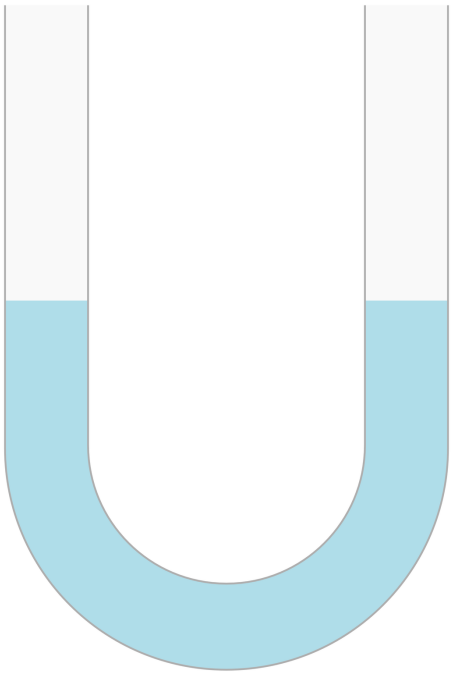
Wysokość słupków cieczy będzie różna – wyższy będzie słupek cieczy o mniejszej gęstości.

Co będzie potrzebne

- przezroczysty giętki wężyk o średnicy 3–5 mm;
- lejek dający podłączyć się do wężyka;
- statyw;
- woda;
- olej.

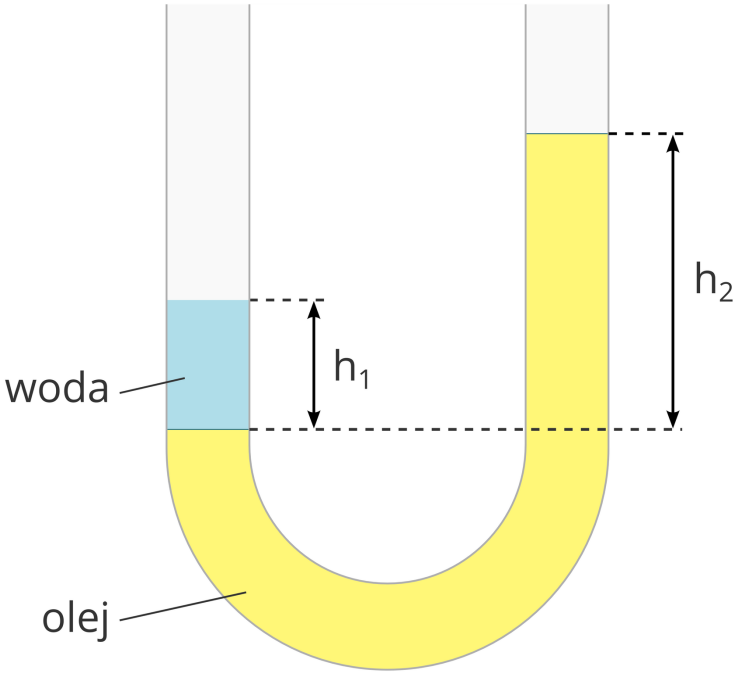
Instrukcja

1. Wygnij wężyk w kształt litery „U”. Tak wygięty wężyk zamocuj na statywie.
2. Wlej wodę do wężyka.



Wysokość słupków cieczy w obu ramionach wygiętej rurki jest taka sama

1. Z wężyka wylewamy wodę i w jej miejsce wlewamy olej. Następnie do jednego z ramion wlewamy pewną ilość wody.



Jeśli do wężyka wlejemy dwie różne ciecze, wysokości ich słupków w obu ramionach rurki będą zwykle różne.

Podsumowanie

Poziom cieczy w obu ramionach będzie różny, mimo że ciśnienie atmosferyczne wywierane na obie powierzchnie cieczy jest takie samo. Wyższy poziom będzie zawsze tam, gdzie znajduje się ciecz o mniejszej gęstości. Ponieważ olej ma mniejszą gęstość niż woda, wysokość słupka oleju będzie większa. Dzięki temu ciśnienie hydrostatyczne panujące w obu ramionach naczynia na tym samym poziomie będzie takie samo (na tym samym poziomie).

Ćwiczenie 4

Zapamiętaj!

Ciecz w ramionach naczyń połączonych (bez względu na ich kształt) dąży do wyrównania poziomów, tak aby ciśnienie hydrostatyczne panujące na tym samym poziomie było takie samo w każdym z ramion. Jest to spowodowane tym, że ciśnienie hydrostatyczne cieczy w normalnych warunkach zależy jedynie od wysokości jej słupa.

Podsumowanie

- Ciśnienie to wielkość fizyczna, która informuje nas o tym, jak duża siła nacisku, nazywana inaczej parciem, działa na jednostkę powierzchni.
- Ciśnienie oznaczamy małą literą p.
- Aby obliczyć ciśnienie, należy siłę nacisku F (parcie), działającą prostopadle do powierzchni, podzielić przez pole powierzchni S, na które ta siła działa.
- Ciśnienie jest równe ilorazowi siły nacisku (parcia) i pola powierzchni.

$$p = \frac{F}{S}$$

- Podstawową jednostką ciśnienia w układzie SI jest paskal (1 Pa).

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{1\text{N}}{1\text{m}^2} = 1\,\text{Pa}$$

- 1 paskal to ciśnienie wywierane przez siłę o wartości 1 niutona działającą na powierzchnię 1 m^2. Często używaną jednostką ciśnienia jest hektopaskal.
- 1 hPa = 100 Pa.
- Ciśnienie spowodowane ciężarem cieczy znajdującej się w spoczynku to ciśnienie hydrostatyczne. Dział fizyki, który zajmuje się badaniem właściwości takich cieczy nazywa się hydrostatyką. Ciśnienie hydrostatyczne zależy zarówno od wysokości słupa cieczy, jak i od jej gęstości. Ciśnienie hydrostatyczne obliczamy ze wzoru:

$$p = d \cdot g \cdot h$$

gdzie:

p [Pa] – ciśnienie cieczy;
d $\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right]$ – gęstość cieczy;
g $\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]$ – przyspieszenie ziemskie;
h [m] – wysokość słupa cieczy.

- Ciśnienie atmosferyczne jest ciśnieniem wywieranym przez atmosferę na ciała znajdujące się w jej obszarze lub na powierzchni Ziemi. Ciśnienie atmosferyczne – podobnie jak ciśnienie hydrostatyczne – związane jest z ciężarem powietrza znajdującego się powyżej poziomu, na którym dokonujemy pomiaru ciśnienia. Im bliżej powierzchni Ziemi, tym wyższe jest ciśnienie atmosferyczne, i odwrotnie – na szczytach górskich jest ono niższe niż w dolinach. Wraz ze wzrostem wysokości o jeden metr, licząc od poziomu morza, ciśnienie atmosferyczne maleje o ok. 0,13 hPa. Ciśnienie atmosferyczne się zmienia. Jego wartość na poziomie morza wynosi w przybliżeniu 1013,25 hPa. Nazywamy je ciśnieniem normalnym.
- Jednym z pierwszych przyrządów, który służył do pomiaru ciśnienia atmosferycznego, był barometr rtęciowy.
- Ciśnienie wywierane przez słup rtęci o wysokości 760 mm ma wartość jednej atmosfery.
- 1 atm = 760 mmHg = 1013,25 hPa = 101 325 Pa.
- Obecnie do pomiarów ciśnienia atmosferycznego stosujemy barometry mechaniczne, czyli aneroidy.
- Ciśnienie gazów i cieczy mierzymy za pomocą manometrów.
- Naczynia połączone stanowią układ kilku naczyń, zwykle o różnych kształtach, połączonych, w taki sposób, aby ciecz mogła między nimi swobodnie przepływać. Zasada działania naczyń połączonych znalazła zastosowanie w systemach wodociągowych i śluzach wodnych.
- Przykładem naczyń połączonych występujących w przyrodzie są studnie artezyjskie, mające charakterystyczny kształt litery „U”.

Praca domowa

Polecenie 12.1

Oblicz głębokość, na jakiej znajduje się batyskaf, jeśli na jego właz o powierzchni 0,25 m^2 woda naciska z siłą 1,5 MN. Gęstość wody morskiej wynosi 1030 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. Przyjmij, że przyspieszenie ziemskie jest równe 10 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Wynik podaj w metrach.

Polecenie 12.2

Na podstawie poniższego wykresu zależności ciśnienia hydrostatycznego od głębokości wpisz w zeszycie odpowiednie liczby, tak żeby zdania były prawdziwe.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D1Fks8h8v

Wykres zależności ciśnienia hydrostatycznego od głębokości, na jaką zanurzyło się ciało

Ciśnienie hydrostatyczne na głębokości 200 m wynosi ..... kPa.
Ciśnienie hydrostatyczne wynoszące 850 kPa panuje na głębokości ..... m

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Siła jako miara oddziaływań. Równowaga sił. Siła wypadkowa. Wyznaczanie siły wypadkowej
- Gęstości materii. Zastosowanie w obliczeniach związku między masą, gęstością i objętością ciał stałych i cieczy

Słowniczek

aerostatyka

– nauka zajmująca się zjawiskami zachodzącymi w gazach będących w spoczynku.
barometr

– przyrząd, który służy do pomiaru ciśnienia atmosferycznego.
barometr cieczowy

– przyrząd, który służy do pomiaru ciśnienia atmosferycznego, wykorzystujący ciśnienie hydrostatyczne cieczy (najczęściej rtęci).
barometr mechaniczny (aneroid)

– przyrząd, który służy do pomiaru ciśnienia atmosferycznego. Ma postać szczelnie zamkniętej puszki i wykorzystuje ciśnienie aerostatyczne zamkniętego tam gazu.
ciśnienie

– wielkość fizyczna; stosunek siły do powierzchni, na którą ta siła działa.
ciśnienie aerostatyczne

– ciśnienie wywierane przez gazy będące w spoczynku.
ciśnienie hydrostatyczne

– ciśnienie wywierane przez słup cieczy będącej w spoczynku.
ciśnienie normalne

– wartość ciśnienia atmosferycznego wynosząca: 1 atm = 101325 Pa = 1013,25 hPa.
hydrofor

– urządzenie utrzymujące stałe ciśnienie w sieci wodociągów miejskich. Umożliwia ono również korzystanie z własnych ujęć wodnych, np. w celu zasilania wodą domu lub systemu nawadniającego ogród. Główne elementy hydroforu to układy pompujące i zbiornik ciśnieniowy.
hydrostatyka

– nauka zajmująca się zjawiskami zachodzącymi w cieczach będących w spoczynku.
jedna atmosfera fizyczna

– jednostka fizyczna równa ciśnieniu wywieranemu przez słup rtęci o wysokości 760 mm. Odpowiada średniemu ciśnieniu atmosferycznemu na poziomie morza.
manometr

– przyrząd służący do pomiaru ciśnienia gazów lub cieczy.
naczynia połączone

– układ naczyń, które są połączone ze sobą w taki sposób, że znajdujące się w nich ciecz lub gaz mogą przepływać swobodnie między nimi.

Blaise Pascal

19.06.1623–19.08.1662

Wybitny matematyk, fizyk i filozof. Twórca wielu teorii matematycznych, konstruktor pascaliny – pierwszej maszyny liczącej, która potrafiła sumować. Prowadził badania dotyczące ciśnienia. Od nazwiska tego uczonego pochodzi nazwa jednostki ciśnienia w układzie SI – paskal (Pa).

> **paskal (Pa)**
>
> – jednostka miary ciśnienia w układzie SI. Jej nazwa pochodzi od nazwiska francuskiego naukowca Blaise'a Pascala. Jeden paskal odpowiada sile nacisku 1N działającej prostopadle na powierzchnię 1 m^2.
> **parcie**
>
> – inaczej siła nacisku.
> **przyspieszenie ziemskie**
>
> – stałe przyspieszenie, z jakim opadają swobodnie wszystkie ciała przy powierzchni Ziemi. Przyjmuje się, że $g = 9{,}81\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right] = 9,81\left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}\right]$. Dla uproszczenia często przyjmuje się, że $g = 10\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right] = 10\left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}\right]$.
> **puszka Vidiego**
>
> – metalowa puszka membranowa stosowana jako aneroid, wypełniona gazem o ciśnieniu znacznie niższym niż atmosferyczne. Wzrost ciśnienia powoduje sprężyste odkształcenie membrany (wieczka).
> **studnia artezyjska**

– studnie, które powstają, gdy warstwa wodonośna, tzn. warstwa gleby, która łatwo nasiąka wodą, znajduje się między dwiema warstwami nieprzepuszczalnymi o kształcie litery „U”. Wykopanie studni powoduje, że woda wypływa samoczynnie, ponieważ dąży do wyrównania ciśnień hydrostatycznych. Takie zjawisko po raz pierwszy zaobserwowali francuscy mnisi żyjący w XII w. w regionie Artois. Od nazwy miejscowości takie studnie nazwano studniami artezyjskimi.

śluza

– urządzenie pozwalające na wyrównanie różnicy poziomów wody w kanałach żeglownych i rzekach, tak aby transport wodny był możliwy.

Torricelli Evangelista

15.10.1608–25.10.1647

Wynalazca barometru rtęciowego, przyjaciel i sekretarz Galileusza. Od nazwiska Torricellego pochodzi dawna nazwa jednostki ciśnienia – tor (1 Tr = 1 mmHg).

układ jednostek SI

– międzynarodowy układ miar i jednostek oparty na systemie metrycznym. W Polsce obowiązuje od 1966 roku.

wiatr

– poziomy ruch powietrza wywołany przez różnicę ciśnień.

wieża ciśnień

– wysoki budynek, w którym na samej górze znajduje się zbiornik wypełniony wodą. Dzięki sieci wodociągowej wieża ciśnień wykorzystuje zasadę działania naczyń połączonych i zaopatruje w wodę niżej położone budynki.

Zadania

Ćwiczenie 5

Naczynie ma kształt walca o polu powierzchni dna $20\ \mathrm{cm}^2$. Ile wynosi ciśnienie wywierane na dno, jeżeli wlejemy do niego ciecz o ciężarze 30 N. Wykonaj obliczenia i wpisz odpowiednią wartość.

Ciśnienie wywierane na dno naczynia przez wodę wynosi _____ Pa.

Ćwiczenie 6

Ćwiczenie 7

Zaznacz wszystkie prawidłowe stwierdzenia.

- [ ] Ciśnienie atmosferyczne to ciśnienie wywierane przez sprężony gaz zamknięty w butli na ścianki tej butli.
- [ ] Ciśnienie atmosferyczne to ciśnienie wywierane przez słup powietrza tworzącego atmosferę.
- [ ] Ciśnienie atmosferyczne to ciśnienie wywierane przez powietrze na zewnętrzne ścianki butli znajdującej się na powierzchni Ziemi.

Prawo Pascala

Fizyka jest użyteczna. Nie wierzysz? To spróbuj bez lewarka wymienić przebitą oponę w samochodzie, bez pompki napompować dętkę rowerową albo zatrzymać samochód nogą, a nie hamulcem! Dasz radę? Jeśli tak, to nie musisz już dalej czytać.

Aby zrozumieć, dlaczego woda dociera do naszego kranu, należy znać jedno z praw dotyczących ciśnienia w cieczy

Już potrafisz

- obliczyć wartość ciśnienia, które jest równe ilorazowi wywieranej siły na jednostkę powierzchni;
- wykazać, że podstawową jednostką ciśnienia w układzie SI jest paskal (Pa);
- podać definicję ciśnienia hydrostatycznego;
- obliczyć ciśnienie hydrostatyczne, które zależy od wysokości słupa cieczy i jej gęstości;
- podać definicję ciśnienia atmosferycznego wywieranego przez gazową powłokę Ziemi;
- podać, od czego zależy ciśnienie atmosferyczne, i wyjaśnić, w jaki sposób zmienia się ono wraz z wysokością;
- wykazać, że ciśnienie atmosferyczne nie jest stałe i często się zmienia;
- podać definicję ciśnienia normalnego;
- wymienić przyrządy, które służą do pomiaru ciśnienia atmosferycznego;
- wymienić przyrządy, które służą do pomiaru ciśnienia wywieranego przez gazy.

Nauczysz się

- że ciśnienie zewnętrzne wywierane na gazy i ciecze przekazywane jest w całej ich objętości i jednakowo we wszystkich kierunkach;

- podać treść prawa Pascala;
- przeprowadzać proste doświadczenia potwierdzające słuszność prawa Pascala;
- wymieniać i opisywać urządzenia, w których prawo Pascala znalazło swoje zastosowanie.

1. Ciśnienie w cieczach i gazach

Mimo, że ciecze i gazy wykazują wiele podobieństw, to jednak rządzą się różnymi prawami. Cząsteczki gazów znajdują się w bezustannym i chaotycznym ruchu, zderzają się wzajemnie oraz ze ściankami naczynia, w którym się znajdują. Podlegają regułom kinetycznej teorii gazów.

W cieczach oddziaływania między cząsteczkami są znacznie silniejsze niż w gazach, ale słabsze niż w ciałach stałych. O położeniu molekuły decyduje jej otoczenie. Każda zmiana rozmieszczenia sąsiadujących cząsteczek może spowodować przejście molekuły do nowej lokalizacji. Ten mechanizm pozwala cząsteczkom przemieszczać się w całej objętości cieczy, jest jednak różny od tego obserwowanego w gazach.

Fakt, że cząsteczki zarówno w gazach, jak i cieczach mogą poruszać się we wszystkich kierunkach, był podstawą prawa Pascala, sformułowanego doświadczalnie w XVII w.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy ciśnienie wywołane siłą zewnętrzną jest takie samo w całej objętości cieczy?

Hipoteza

Jeżeli na ciecz lub gaz będziemy wywierać parcie z zewnątrz, to wytworzy ono w cieczy lub gazie dodatkowe ciśnienie jednakowe w całej objętości tej cieczy lub gazu.

Co będzie potrzebne

- strzykawka z grubą igłą;
- igła lub szpilka;
- woda;
- piłeczka pingpongowa.

Instrukcja

1. Za pomocą szpilki wykonaj otwory w piłeczce – równomiernie na całej jej powierzchni.
2. Nabierz wodę do strzykawki.
3. Przebij powierzchnię piłeczki igłą i wsuń ją dość głęboko.
4. Napełnij piłeczkę wodą ze strzykawki. Jeśli wody w strzykawce nie wystarczy, odłącz ją od igły, nabierz do niej ponownie wodę, połącz z igłą i napełniaj piłeczkę, aż ta będzie

pełna.

5. Gdy piłeczka i strzykawka zostaną wypełnione wodą, naciśnij tłok strzykawki.

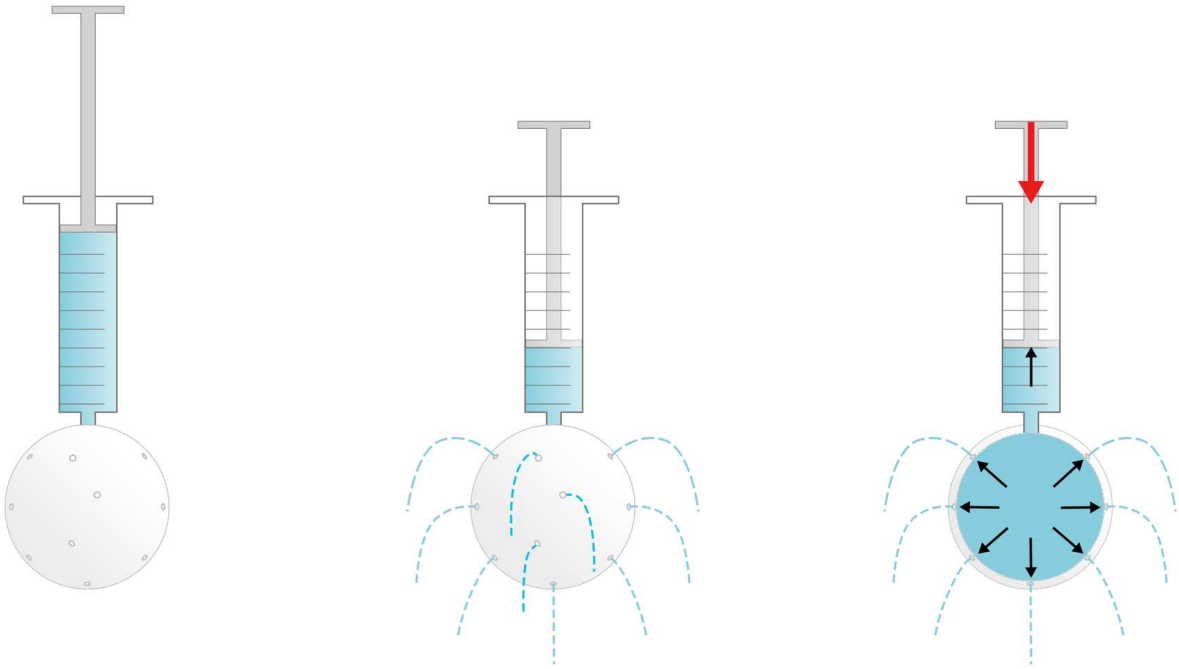
6. Obserwuj strumienie wody tryskające z otworów na powierzchni piłeczki.

Podsumowanie

Siła z jaką naciskamy na tłok strzykawki, wytwarza takie samo ciśnienie w całej objętości cieczy. Widzimy, że z każdego otworu połeczki (położonego na dole, z boku, u góry) woda tryska tak samo. Pokazuje to, że we wszystkie strony działa takie samo parcie, wywołane naciskaniem tłoka.

Załącznik do doświadczenia

Demonstracja



Gdy działa okreslonej wielkości siła zewnętrzna, ciśnienie wody wywierane na wewnętrzną ściankę piłeczki jest takie samo w każdym jej punkcie

Reguła: prawo Pascala

Jeżeli na ciecz lub gaz będziemy wywierać parcie z zewnątrz, to wytworzy ono w cieczy lub gazie dodatkowe ciśnienie jednakowe w całej objętości tej cieczy lub tego gazu.

Opisana przez prawo Pascala właściwość cieczy i gazów wynika z faktu, iż w tych ciałach oddziaływania międzycząsteczkowe mogą być przenoszone jednakowo we wszystkich kierunkach. Ciśnienie wytworzone w zbiorniku będzie jednakowe i równe ciśnieniu zewnętrznemu.

Ćwiczenie 1

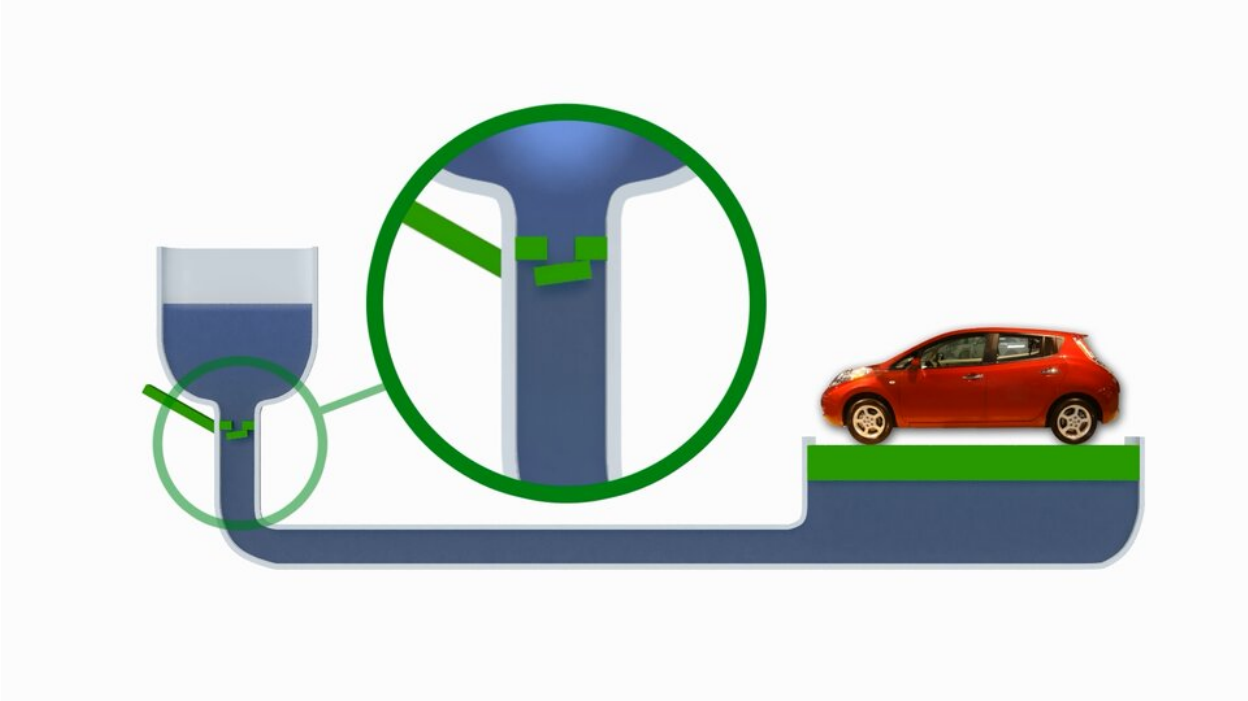
Które informacje są prawdziwe a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Ciśnienie zewnętrzne rozchodzi się w cieczach we wszystkich kierunkach, natomiast w gazach tylko zgodnie z kierunkiem działania siły zewnętrznej.	◯	◯
W cieczach i w gazach ciśnienie zewnętrzne przekazywane jest we wszystkich kierunkach, ale słabiej ku górze niż ku dołowi naczynia.	◯	◯
W cieczach i w gazach ciśnienie zewnętrzne przekazywane jest jednakowo we wszystkich kierunkach.	◯	◯

2. Zastosowanie prawa Pascala

Prawo Pascala znalazło szerokie zastosowanie w konstrukcji pras, podnośników, pomp i hydraulicznych układów hamulcowych.

Zasada działania podnośnika hydraulicznego opiera się na prawie Pascala.
Jego zadaniem jest zwielokrotnienie zewnętrznej siły nacisku i wykorzystanie jej do wykonania pracy.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Zasada działania podnośnika hydraulicznego i jego zastosowanie

Zasada działania i zastosowanie prasy hydraulicznej

Wartość siły F_2, uzyskanej za pomocą prasy. jest tyle razy większa od siły F_1, działającej z zewnątrz na tłok, ile razy powierzchnia S_2 większego tłoka jest większa od powierzchni S_1 mniejszego tłoka.

$$\mathrm{p} = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

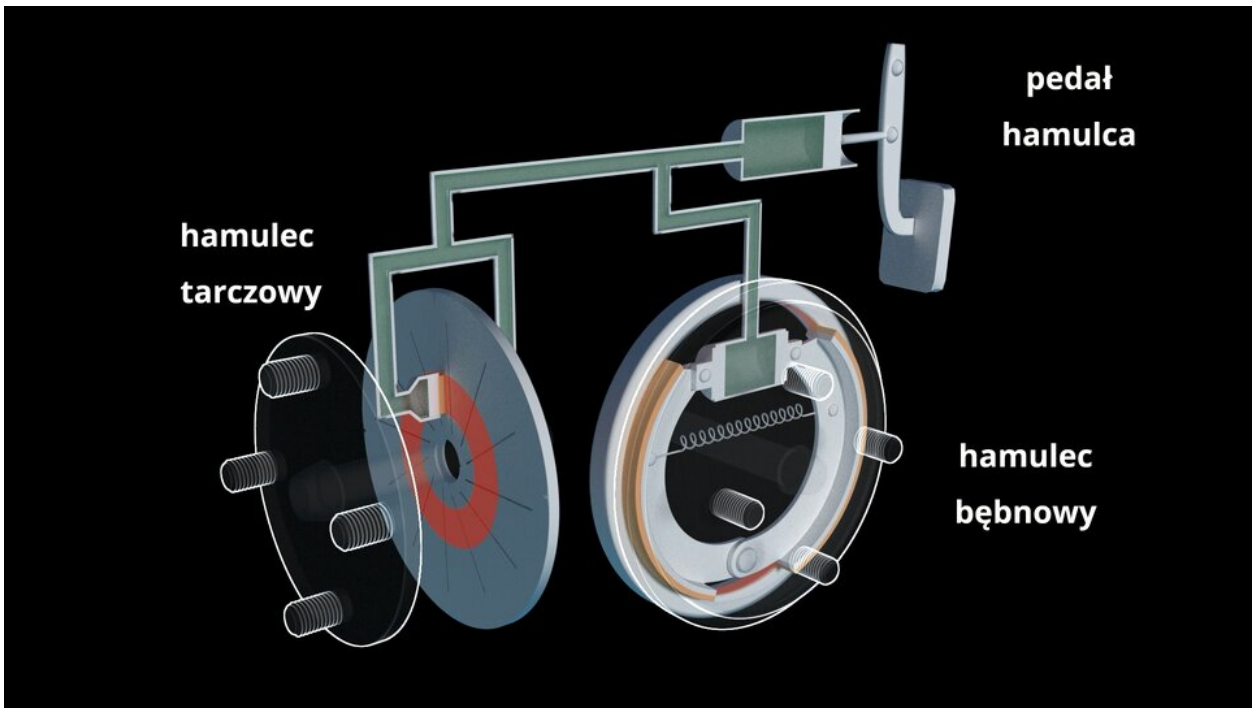
Obecnie prasa hydrauliczna przyczynia się do rozwoju rynku samochodowego. Pozwala ona na szybką i sprawną produkcję części karoserii samochodowej, którą tłoczy się z fragmentów płaskiej blachy.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Prasa hydrauliczna wytłaczająca elementy karoserii samochodowej

Animacja prezentująca tłoczenie blachy samochodowej.

Współczesne samochody mają układ hydrauliczny obsługujący przednie i tylne hamulce.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Zasada działania hamulców hydraulicznych w samochodach osobowych

Zasada działania hamulców hydraulicznych w samochodach osobowych

---

Doświadczenie 2

Wykonanie prostego modelu układu hydraulicznego

Co będzie potrzebne

- dwie strzykawki;
- gumowy elastyczny wężyk o średnicy pozwalającej nasadzić go szczelnie na końcówki strzykawek;
- woda.

Instrukcja

1. Napełnij pierwszą strzykawkę wodą.
2. Na drugą strzykawkę nałóż wężyk i nabierz do niego wody.
3. Nałóż wolny koniec wężyka na pierwszą strzykawkę i naciśnij jej tłok.
4. Uważaj, by w układzie nie było pęcherzyków powietrza. Małe pęcherzyki nie przeszkodzą, natomiast duże utrudnią działanie naszego modelu. Czy wiesz dlaczego?

Podsumowanie

Nacisk na tłok spowodował, że ciśnienie wody w strzykawce wzrosło. Zgodnie z prawem Pascala ciśnienie w wężyku spowodowało nacisk na tłok drugiej strzykawki i w rezultacie go wysunęło..

Załącznik do doświadczenia

Ćwiczenie 2

Uzupełnij puste miejsca.

Dwie strzykawki połączono ze sobą wężykiem. W jednej strzykawce i w wężyku zamknięta jest pewna ilość wody. Jeżeli strzykawka z wodą ma średnicę 2 razy mniejszą od strzykawki bez wody, to w trakcie wsuwania jej tłoka do środka siła jaka będzie działa na tłok strzykawki bez wody, będzie cztery razy [ ] niż siła wsuwająca tłok strzykawki z wodą.

Ciekawostka

Teoria funkcjonowania prasy hydraulicznej powstała w 1651 r., ale w praktyce wykorzystano ją dopiero w 1820 r.! Posłużyła ona do wyciskania ołowianych rur, które wykorzystano w instalacjach wodnych.

3. Jak sprężamy gazy?

Sprężanie gazu polega na zwiększeniu jego ciśnienia. Jeżeli nie wzrośnie przy tym temperatura gazu, to można sprężyć go na dwa sposoby.

Pierwszy polega na zmniejszeniu objętości zbiornika, w którym znajduje się gaz. Wtedy wzrastają częstotliwość uderzeń cząsteczek w ścianki zbiornika. Wzrasta również średnia siła działająca na te ścianki, co prowadzi do wzrostu ciśnienia. Można to zaobserwować na przykładzie niezbyt mocno napompowanego balonika. Jego powierzchnia daje się łatwo ugniatać. Gdy jednak ściśniemy część balonika, to pozostała część będzie miała mniejszą objętość, ale powierzchnia będzie twardsza.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Sprężanie gazu przez zmniejszenie jego objętości

Sprężanie gazu przez zmianę jego objętości

Drugą metodą sprężania gazu jest zwiększenie ilości cząsteczek przy zachowaniu stałej objętości zajmowanej przez gaz.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Sprężanie gazu w stałej objętości przez zwiększanie ilości cząstek

Sprężanie gazu w stałej objętości przez zwiększanie ilości cząstek

---

Wraz ze zwiększaniem się ilości cząsteczek gazu zderzają się one częściej ze ściankami naczynia i wywierają na nie większe ciśnienie. Im bardziej sprężamy gaz, tym większe jest jego ciśnienie.

Ćwiczenie 3

Wybierz prawidłowe stwierdzenie.

- ◯ Pompka rowerowa nie może posłużyć do sprężania gazu.
- ◯ Pompka poprzez dostarczanie gazu do wnętrza dętki rowerowej nie spręża powietrza we wnętrzu dętki.
- ◯ Do sprężania gazu może dochodzić w pompce rowerowej, gdy wsuwamy jej tłok do środka przy zatkanym wylocie pompki.

Podsumowanie

- Jeżeli na ciecz lub gaz będziemy wywierać parcie z zewnątrz, to wytworzy ono w cieczy lub gazie dodatkowe ciśnienie jednakowe w całej objętości tej cieczy lub tego gazu. Mówimy, że ciśnienie zewnętrzne wywierane na ciecz rozchodzi się we wszystkich kierunkach jednakowo. Prawo to sformułował Blaise Pascal i od jego nazwiska nosi nazwę .
- Prawo Pascala znalazło szerokie zastosowanie m.in. w konstrukcji pras, podnośników, pomp i hydraulicznych układów hamulcowych.
- Fizyczna zasada działania prasy hydraulicznej wykorzystuje prawo Pascala. Zadaniem prasy jest zwielokrotnienie zewnętrznej siły nacisku i wykorzystanie jej do wykonania pracy. Prasa hydrauliczna jest w praktyce najważniejszym elementem każdego siłownika.
- Wartość siły F_2 uzyskanej za pomocą prasy jest tyle razy większa od siły F_1 działającej z zewnątrz na tłok, ile razy powierzchnia S_2 większego tłoka jest większa od powierzchni S_1 mniejszego tłoka.
  $p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$
- Sprężanie gazu polega na zwiększeniu jego ciśnienia. Można to zrobić na dwa sposoby. Pierwszy polega na zmniejszeniu objętości zbiornika, w którym znajduje się gaz. Drugą metodą sprężania gazu jest zwiększenie ilości cząsteczek przy zachowaniu stałej objętości gazu. W obu przypadkach cząsteczki częściej uderzają w ścianki zbiornika i w ten sposób zwiększają ciśnienie.

Praca domowa

Polecenie 1.1

Duży tłok podnośnika hydraulicznego unosi masę $450\ \mathrm{kg}$, gdy na mały tłok działa siła o wartości $150\ \mathrm{N}$. Oblicz, ile wynosi powierzchnia małego tłoka, jeżeli powierzchnia dużego tłoka jest równa $60\ \mathrm{cm}^2$. Przyjmij, że przyspieszenie ziemskie wynosi $10\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$.

Polecenie 1.2

Szczepionka wstrzykiwana jest przez igłę strzykawki z siłą $0{,}01\ \mathrm{N}$. Tłoczek strzykawki ma powierzchnię $3\ \mathrm{cm}^2$, a działająca na niego siła to $6\ \mathrm{N}$. Oblicz pole powierzchni przekroju otworu w igle.

Polecenie 1.3

Mały tłok siłownika hydraulicznego o powierzchni $5\ \mathrm{cm}^2$ pod działaniem siły o wartości $250\ \mathrm{N}$ przesunie się o $8\ \mathrm{cm}$. Oblicz, o ile przesunie się duży tłok siłownika mający powierzchnię $20\ \mathrm{cm}^2$.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

Ciśnienie. Ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczneCząsteczkowa budowa materii

Słowniczek

kinetyczna teoria gazów

– dział fizyki statystycznej, zajmujący się wyjaśnienie makroskopowych właściwości gazów na podstawie praw rządzących ruchem atomów, cząsteczek, jonów, elektronów itp.

podnośnik hydrauliczny

– urządzenie, którego zasada funkcjonowania opiera się na prawie Pascala; służy do podnoszenia przedmiotów o dużym ciężarze.

pompa hydrauliczna

– urządzenie, którego zadaniem jest utrzymywanie wysokiego poziomu ciśnienia oleju w układach hydraulicznych.
prasa hydrauliczna

– urządzenie zwielokrotniające siłę nacisku, działające zgodnie z prawem Pascala.
sprężanie gazu

– zwiększanie ciśnienia gazu znajdującego się w zamkniętym pojemniku; polega albo na zmianie objętości pojemnika, albo na zwiększeniu ilości cząsteczek (atomów) gazu przy zachowaniu stałej objętości.
układ hamulcowy

– hydrauliczny system zatrzymywania pojazdów znajdujących się w ruchu lub utrzymywania ich w spoczynku; zasada działania układu hamulcowego (podobnie jak prasy hydraulicznej) opiera się na prawie Pascala.

Zadania

Ćwiczenie 4

Uczennice i uczniowie rozmawiają o tym, jak pompuje się balonik. Zaznacz wszystkie prawidłowe opinie.

- [ ] Krysia: W przypadku rozszerzającego się w trakcie pompowania balonika prawo Pascala nie jest spełnione, ponieważ dotyczy tylko cieczy.
- [ ] Asia: Balonik podczas pompowania rozszerza się we wszystkie strony, ponieważ ciśnienie zewnętrzne wywierane na gaz rozchodzi się we wszystkich kierunkach.
- [ ] Monika: Balonik rozszerza się we wszystkie strony w czasie pompowania zgodnie z tym, co przewiduje prawo Pascala.

Ćwiczenie 5

Urządzenie działające zgodnie prawem Pascala i zwielokrotniające siłę działania, to

- prasa hydrodynamiczna.
- prasa hydrauliczna.
- prasa hydrostatyczna.

Prawo Archimedesa

Kiedy wychodzisz z basenu na brzeg, to masz wrażenie, że ważysz więcej. Ciężar zależy od masy. Ale masa w czasie przebywania w wodzie jest taka sama jak poza basenem! Okazuje się, że w wodzie działa na nas dodatkowo siła wyporu. Dowiedz się, dlaczego ta siła się pojawia i od czego zależy jej wartość.

Czy podczas przebywania w wodzie nasza masa jest mniejsza?

Już potrafisz

- podać definicję ciśnienia jako wielkości fizycznej będącej stosunkiem działającej siły do powierzchni, na jaką ta siła działa;
- wykazać, że paskal (Pa) to podstawowa jednostka ciśnienia w układzie SI;
- podać treść prawa Pascala;
- podać definicję ciśnienia hydrostatycznego jako ciśnienia wywieranego przez słup cieczy będącej w spoczynku;
- zapisać zależność ciśnienia hydrostatycznego od wysokości słupa cieczy, gęstości cieczy i przyspieszenia grawitacyjnego ;
- wykazać, że ciśnienie aerostatyczne wywierane jest przez gazy będące w spoczynku;
- mierzyć ciężar ciała za pomocą siłomierza lub odpowiedniej wagi;
- obliczać gęstość ciała jako stosunku masy ciała do jego objętości.

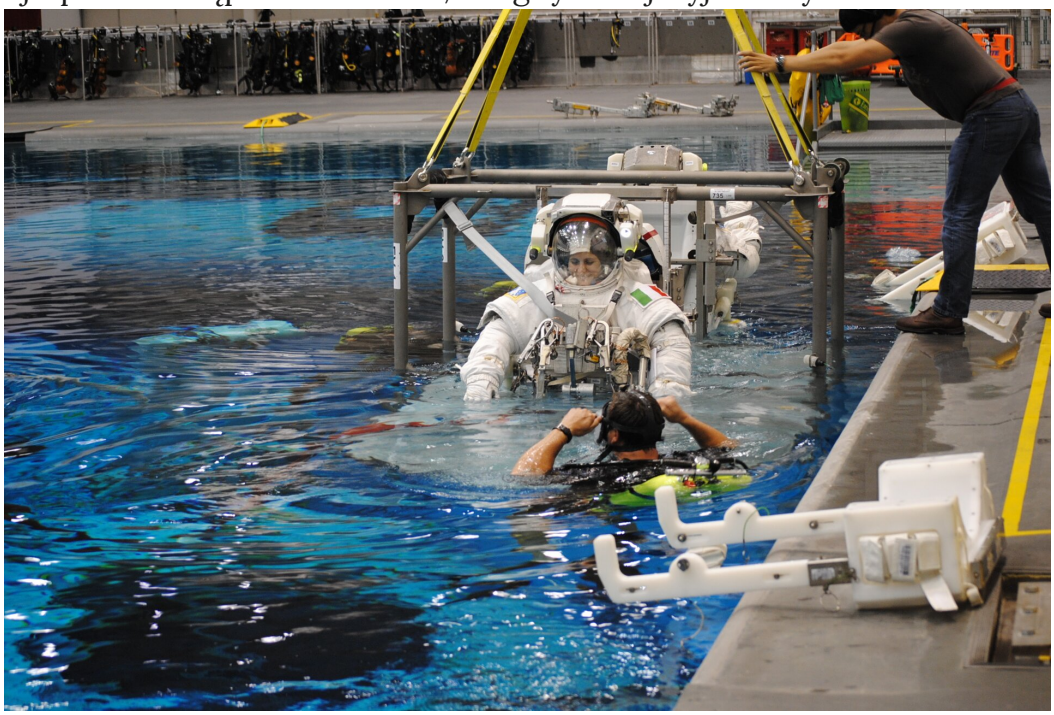
Nauczysz się

- posługiwać pojęciem siły wyporu;
- wymieniać cechy siły wyporu;
- podawać warunek pływania i przewidywać, czy dane ciało będzie pływać, czy – tonąć;

- wskazywać przykłady wpływu siły wyporu na ciała w otaczającym nas świecie;
- ilustrować graficznie siły działające na ciało zanurzone w cieczy i gazie;
- wyznaczać doświadczalnie wartość siły wyporu za pomocą siłomierza;
- podawać treść prawa Archimedesa dla cieczy i gazów.

1. Siła wyporu

Czy ciężar ciała ulega zmianie po zanurzeniu w wodzie? Dlaczego wydaje się nam, że jesteśmy lżejsi podczas kąpieli w wannie, niż gdy z niej wyjdziemy?



Skąd bierze się ta odczuwalna różnica w ciężarze? Przecież masa ciała nie ulega zmianie. Aby znaleźć odpowiedź na to pytanie, przeprowadź doświadczenie.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy woda wpływa na ciężar zanurzonego w niej ciała?

Hipoteza

Ciężar ciała zanurzonego w wodzie jest mniejszy od ciężaru tego samego ciała znajdującego się w powietrzu.

Co będzie potrzebne

- siłomierz;
- statyw;
- prostopadłościany o tych samych wymiarach, wykonane z różnych metali, np. z miedzi, aluminium i mosiądzu;
- zlewka z wodą.

Instrukcja

1. Na cienkiej nitce lub druciku zawieś pierwszy prostopadłościan. Za pomocą siłomierza wyznacz ciężar tego prostopadłościanu.
2. Wynik zapisz w tabeli.
3. Zawieszony prostopadłościan zanurz całkowicie w zlewce z wodą; nie zanurzaj haczyka samego siłomierza.

4. Odczytaj ponownie wynik i zapisz wskazania siłomierza.

5. Wykonaj takie same pomiary dla pozostałych prostopadłościanów.

Tabela pomiarów do doświadczenia (możesz użyć prostopadłościanów z innych materiałów, ale muszą one tonąć w wodzie)

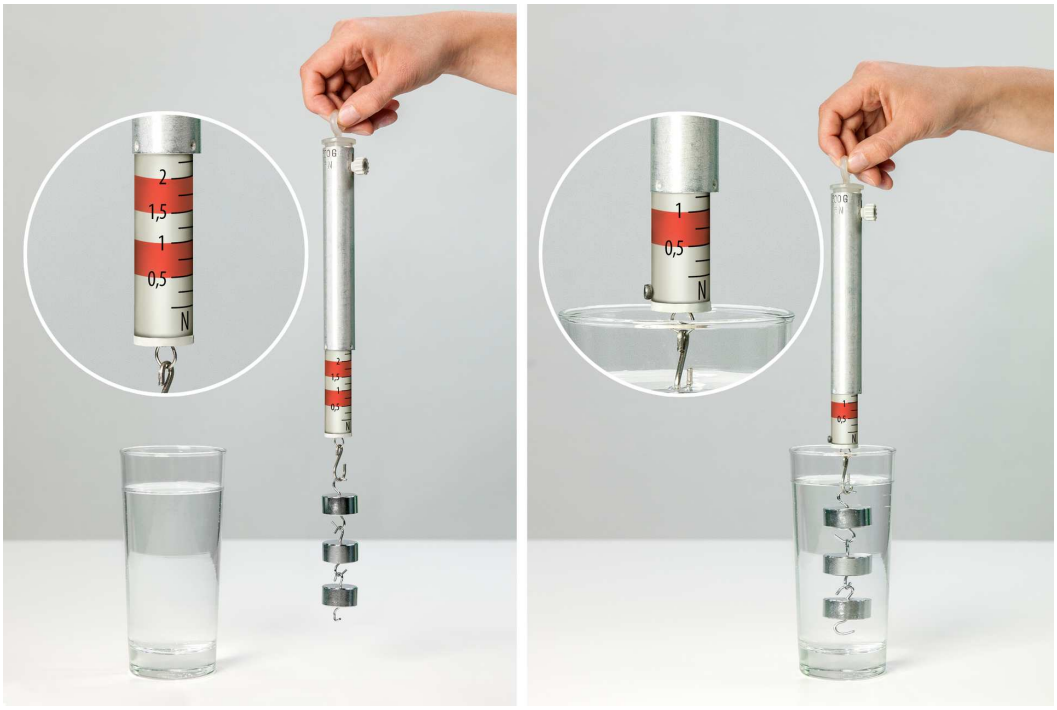
	Prostopadłościan z miedzi	**Prostopadłościan z aluminium**	**Prostopadłościan z mosiądzu**
Wskazania siłomierza, gdy prostopadłościan znajduje się w powietrzu Q [N]			
Wskazania siłomierza, gdy prostopadłościan znajduje się w wodzie P[N]			
Różnica powyższych wskazań siłomierza $F_w = Q - P$			

Podsumowanie

Doświadczenie pokazało, że wskazania siłomierza podczas pomiaru, gdy ciało było zanurzone w wodzie, są mniejsze niż podczas pomiaru, gdy znajdowało się ono w powietrzu.. Różnica między pomiarami nie zależy od materiału, z jakiego wykonane są prostopadłościany, i jest zawsze stała, pod warunkiem że ich objętości są takie same. Zaobserwowana prawidłowość dotyczy wszystkich cieczy.
Wyjaśnijmy to zjawisko: na ciało zanurzone w dowolnej cieczy działa dodatkowa siła, która ma

zwrot przeciwny w stosunku do siły grawitacji. Wielkość tej siły można łatwo zmierzyć – jej wartość jest równa różnicy między wskazaniami siłomierza, gdy ciało znajduje się w powietrzu i gdy jest zanurzone w cieczy. Siła ta nazywana jest siłą wyporu, a jej wartość nie zależy od rodzaju substancji, z której wykonane jest dane ciało.

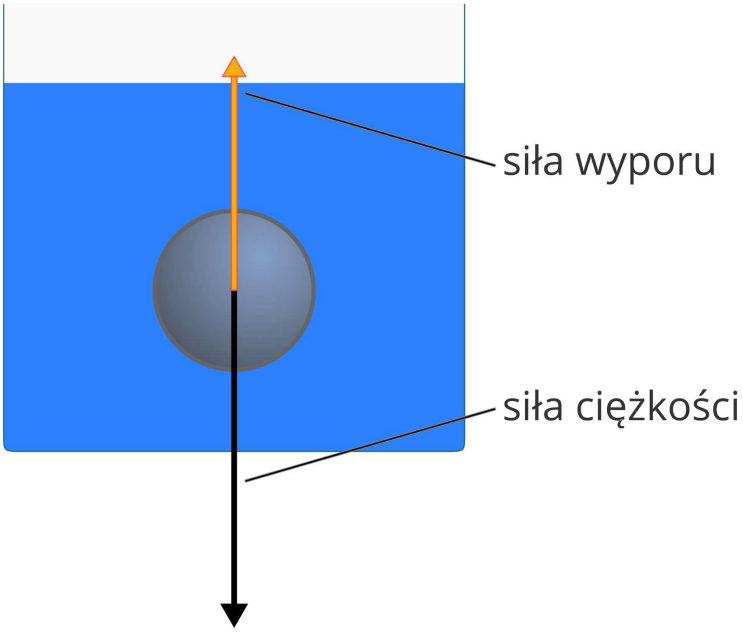
Demonstracja



Ciężar ciała zanurzonego w wodzie jest mniejszy od jego ciężaru w powietrzu

siła wyporu

– siła działająca na ciało zanurzone w cieczy, zwrócona ku górze, czyli przeciwnie do ciężaru ciała.



Siła wyporu jest mniejsza od ciężaru ciała

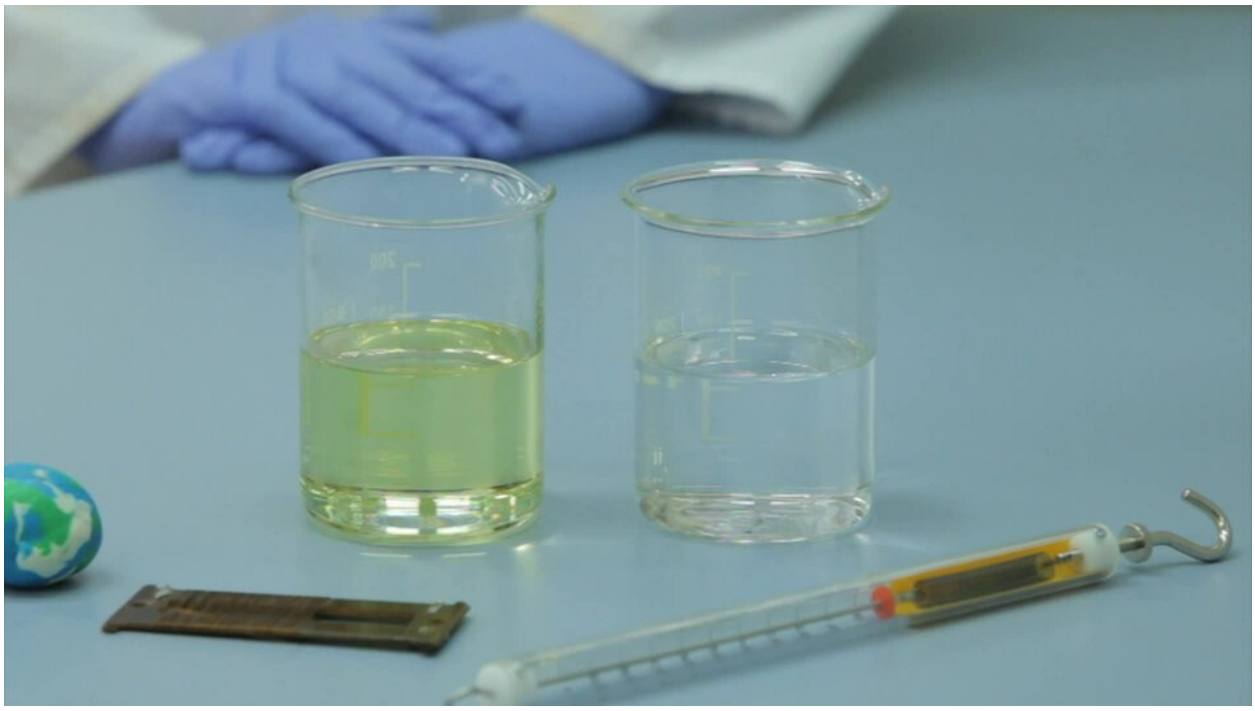
Ćwiczenie 1

Przeczytaj poniższe zdania. Które z nich są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Po zanurzeniu ciał w wodzie maleje ich masa a tym samym ciężar.	◯	◯
Na ciała zanurzone w wodzie działa dodatkowa siła zwrócona ku górze.	◯	◯
We wszystkich cieczach na zanurzone w nich ciała działa siła wyporu.	◯	◯

2. Od czego zależy siła wyporu

Wiemy już, czym jest siła wyporu. Wiemy również, że na jej wielkość nie ma wpływu materiał, z jakiego zbudowane jest dane ciało. Spróbujmy teraz znaleźć te wielkości fizyczne, od których zależy siła wyporu.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Wpływ wielkości fizycznych na siłę wyporu

Widoczny jest stół, na którym leżą wymieniane przez lektora przedmioty i przyrządy. Demonstrator wskazuje je wskaźnikiem w miarę monologu lektora. Prezentuje plastelinowa kulkę z „wtopioną" nitką (drucikiem), dynamometr i zlewkę. Zawiesza kulkę na dynamometrze, odczytuje wynik i zapisuje na tablicy nie zdejmując kulki z haczyka dynamometru przenosi ją do zlewki z wodą i waży tę samą kulkę zanurzoną w wodzie. Odczytuje i zapisuje wynik. Demonstrator zmienia kształt kulki na sześcianik. Drucik do zawieszania cały czas jest wtopiony w masę plasteliny. Waży sześcianik na dynamometrze, odczytuje i zapisuje wynik. Nie zdejmując sześcianu z haczyka dynamometru przenosi godo zlewki z wodą i waży tę sam sześcian zanurzony w wodzie odczytuje i zapisuje wynik. Formuje z sześcianu wyraźnie nieregularną bryłę. Daje baczenie by nie ukruszyły się fragmenty plasteliny. Powtarza pomiary analogiczne jak poprzednio, odczytuje i zapisuje wyniki. Kształty ciała zanurzonego płynnie zmieniają się. Demonstrator stoi z dynamometrem w ręku . Na haczyku siłomierza wisi kulka z plasteliny używana poprzednio. Na stole dwa przezroczyste (szklane, z plexi) naczynia z wodą: jedno tak małe, że ledwo pomieści badane ciało, drugie większe. W odpowiednich momentach monologu demonstrator wskazuje małe lub duże naczynie z wodą. Demonstrator wykonuje pomiary analogiczne jak w poprzednch scenach, ale nie zapisuje już drobiazgowo wyników. Pomiary wykonuje wg następującej kolejności. Waży kulkę w powietrzu, zanurza ją w cylindrze z wodą. Następnie przenosi ciało do dużego naczynia z wodą. Kulka cały czas wisi na dynamometrze. Demonstrator stoi przy stole, na którym znajduje się wysoki, szklany cylinder z wodą. Kulka plasteliny ma wtopioną długą nitkę. Demonstrator zanurza kulkę w wodzie trzymając ją tuż pod powierzchnią cieczy i powoli przesuwa kulkę głębiej. Ciało zanurzone przemieszcza się powoli z góry na dół. Demonstrator trzyma w ręku dwa sześciany ze stali i aluminium o takich samych wymiarach. Waży oba sześciany

jednocześnie na 2 identycznych dynamometrach. Nad każdym dynamometrem pojawiają się animowane napisy 270 mN i 780 mN. Zanurza oba ciała w wodzie. Nad każdym dynamometrem pojawiają się animowane napisy 170 mN i 680 mN. Nad każdym dynamometrem pojawiają się również animowane napisy 270 mN – 170 mN = 100 mN, 780 mN – 680 mN = 100 mN. Demonstrator rozdziela używaną poprzednio plastelinę na 2 mniej więcej równe części i formuje z nich kulki. Jedna z nich ma wtopioną niteczkę. Obok stół, na nim zlewka z wodą, siłomierz. Demonstrator nie zapisuje już drobiazgowo uzyskanych wyników pośrednich tylko je odczytuje a zapisuje tylko ostateczny rezultat czyli siłę wyporu. Waży małą kulkę w powietrzu i odczytuje wynik. Demonstrator dzieli poprzednio używaną kulkę na dwie mniej więcej równe części i ukręca nową, mniejszą kulkę z drucikiem. Tak jak poprzednio waży kulkę w powietrzu i przenosi kulkę do wody. Najazd kamery na stół ze zlewkami, w których sa różne ciecze: woda, gliceryna, nafta, terpentyna. Zlewki podpisana nazwą cieczy i gęstością. Demonstrator pokazuje do kamery kulkę plasteliny zawieszoną na cieniutkim druciku. Szybko i już bez pisania waży kulkę, potem wsadza ją do wody i pokazuje ciężar w wodzie i powtarza pomoary z poprzednich scen. Demonstrator kulkę ważoną w powietrzu przenosi do zlewki z olejem. Powtarza poprzednie pomiary. Najazd kamery na zlewki z badanymi cieczami i podpisami.

Polecenie 1

> **Wskazówka**
>
> Uważnie prześledź film pt. „Od czego zależy siła wyporu?”.

Czy siła wyporu zależy od kształtu ciała? Jak zmieni się siła wyporu, gdy w cieczy najpierw zanurzymy ciało o większej objętości, a następnie – o mniejszej. Zaprojektuj i przeprowadź doświadczenie.

Polecenie 2

> **Wskazówka**
>
> Uważnie prześledź film pt. „Od czego zależy siła wyporu?”.

Czy siła wyporu zależy od gęstości cieczy, w której zanurzone jest ciało? Zaprojektuj i przeprowadź doświadczenie.

Podczas doświadczenia wykonanego w poprzedniej części lekcji mogliście stwierdzić, że siła wyporu nie zależy od rodzaju ciała; jest taka sama dla dwóch ciał, pod warunkiem że ich objętości są jednakowe.

Wykonałeś doświadczenia opisane w poniższych poleceniach:

- czy siła wyporu zależy od kształtu ciała i od jego objętości?
- czy siła wyporu zależy od gęstości cieczy, w której zanurzone jest ciało?

Dzięki nim mogłeś się przekonać, że siła wyporu działająca na ciało zanurzone w cieczy zależy zarówno od objętości ciała, jak i od gęstości cieczy.

Można jeszcze przeprowadzić doświadczenia badające, czy siła wyporu zależy od: ilości cieczy, w której zanurzamy ciało, gęstości lub kształtu tego ciała o tej samej objętości. Jednak siła wyporu nie zależy od tych czynników.

Wniosek z przeprowadzonych doświadczeń jest następujący: Jeżeli ciało zanurzone jest całkowicie, to objętość wypartej cieczy jest równa objętości ciała. Aby obliczyć masę wypartej cieczy, wystarczy przekształcić wzór na gęstość:

$$m = d \cdot V$$

gdzie: m – masa wypartej cieczy; d – gęstość cieczy; V – objętość zanurzonego ciała. Ciężar cieczy wypartej przez ciało wynosi:

$$P = m \cdot g = d \cdot V \cdot g$$

gdzie: P – ciężar wypartej cieczy; g – przyspieszenie ziemskie.

Doświadczenie 2

Wyznaczyć wielkość siły wyporu działającej na woreczek z wodą zanurzony w wodzie.

Co będzie potrzebne

- plastikowy woreczek;
- gumka recepturka;
- zlewka z wodą;
- siłomierz.

Instrukcja

1. Napełnij wodą plastikowy woreczek i zawiąż go szczelnie, najlepiej gdy trzymasz go pod wodą (całkowicie zanurzony), tak aby w środku nie pozostały pęcherzyki powietrza.
2. Za pomocą siłomierza zważ woreczek, gdy ten znajduje się w powietrzu i gdy jest zanurzony. Wyznacz wielkość siły wyporu działającej na ten woreczek po zanurzeniu go w wodzie.

Podsumowanie

Siłomierz wskazał wielkość siły wynoszącą w przybliżeniu 0 N. Jak wyjaśnić rezultat tego doświadczenia? Siła wyporu zrównoważyła ciężar woreczka z wodą! Mogło tak się stać, ponieważ ciecz w woreczku i ciecz, w której został on zanurzony, były takie same. Ciężar Q ciała wynosi:

$$Q = m \cdot g$$

gdzie: *m* – masa ciała (woreczka z wodą); *g* – przyspieszenie ziemskie. Ponieważ $m = d \cdot V$, zatem:

$$Q = d \cdot V \cdot g$$

gdzie: *d* – gęstość wody.
Ze wzorów na ciężar wypartej cieczy i zanurzonego w niej ciała zanurzonego otrzymujemy:

$$Q = F_{\mathrm{w}} = P$$

Ciężar ciała (*Q*) w naszym doświadczeniu równy jest wartości siły wyporu (F_{w}), która z kolei odpowiada ciężarowi wypartej wody (*P*).
Powyższa zależność oraz wyniki doświadczeń przeprowadzonych na filmie pt. „Od czego zależy siła wyporu?" pozwalają wyciągnąć wniosek, że równość siły wyporu i ciężaru wypartej cieczy:

$$F_{\mathrm{w}} = P$$

ma charakter ogólny.

Zapamiętaj!

Siła wyporu jest równa ciężarowi cieczy wypartej przez ciało zanurzone w cieczy.

Ćwiczenie 2

Wybierz prawidłowe zakończenie zdania.

Zależność wartości siły wyporu od objętości zanurzonego ciała jest zależnością [ ].

złożoną | wprost proporcjonalną | kwadratową | odwrotnie proporcjonalną

3. Prawo Archimedesa dla cieczy

Jak głosi legenda, Archimedes z Syrakuz – grecki uczony żyjący w III wieku p.n.e. – podczas kąpieli w wannie odkrył, że ciało wypiera tyle wody, ile ma objętości. Pozwoliło to

Archimedesowi rozwikłać zagadkę, z jakiego materiału wykonana jest korona króla Syrakuz. Złoto ma większą gęstość niż srebro, a zatem korona ze złota ma mniejszą objętość niż korona z zawartością srebra. Innymi słowy: złota korona wypiera mniej wody niż korona z domieszką srebra. Mimo że obie korony mają tę samą masę, druga z nich ma większą objętość (z powodu zawartości srebra).

Prawo Archimedesa określa siłę wyporu jako ciężar cieczy wypartej przez ciało. Jest zgodne z wnioskami płynącymi z naszych wcześniejszych doświadczeń.

> **Prawo: prawo Archimedesa**
>
> Na każde ciało zanurzone w cieczy działa siła wyporu zwrócona ku górze i równa pod względem wartości ciężarowi wypartej cieczy.
>
> **Dowód**
>
> Wartość siły wyporu F_{w} obliczamy według wzoru:
>
> $$F_{\mathrm{w}} = d \cdot V \cdot g$$
>
> gdzie:
> d– gęstość wypartej cieczy;
> V– objętość wypartej cieczy;
> g – przyspieszenie ziemskie.

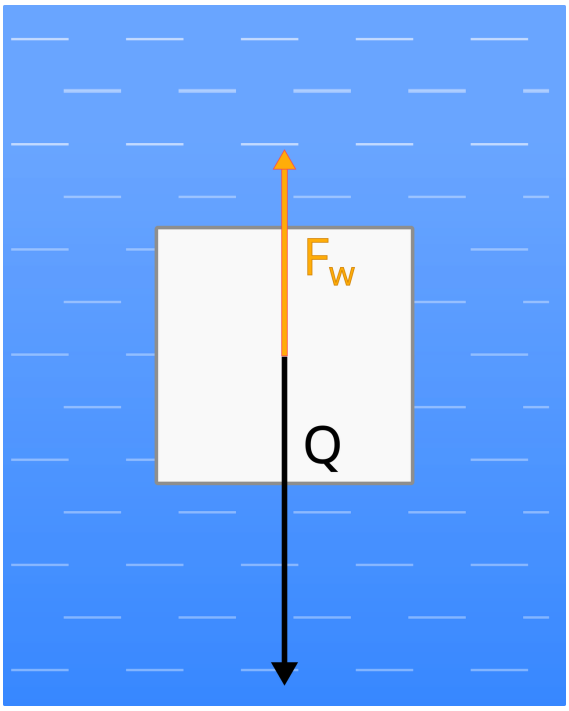
Zastanówmy się teraz, skąd bierze się siła wyporu i jak można obliczyć jej wartość.

> **Ćwiczenie 3**

4. Tonąć albo nie tonąć – oto jest pytanie

Dlaczego niektóre ciała toną, a inne – nie? Zapewne nie zaskoczy nikogo wynik eksperymentu polegającego na wrzuceniu metalowej śruby do wody. Spójrzmy na ten problem od strony fizyki.

Jakie siły działają na ciało zanurzone w cieczy? Działają na nie siła wyporu (F_{w}), zwrócona ku górze, oraz siła ciężkości (Q), zwrócona w dół. Gdy ciało tonie, siła wyporu ma mniejszą wartość od siły ciężkości i ciało opada na dno ($Q > F_{\mathrm{w}}$).



Ciało tonie, gdy siła wyporu jest mniejsza od ciężaru ciała

Ciężar cieczy wypartej przez ciało jest mniejszy niż ciężar zanurzonego ciała. Ponieważ objętość wypartej cieczy i objętość zanurzonego ciała są takie same, można wyciągnąć wniosek, że gęstość cieczy jest mniejsza od gęstości ciała.

Zapamiętaj!

Ciało tonie w cieczy, gdy jego gęstość jest większa niż gęstość cieczy, w której jest ono zanurzone.

Ćwiczenie 4

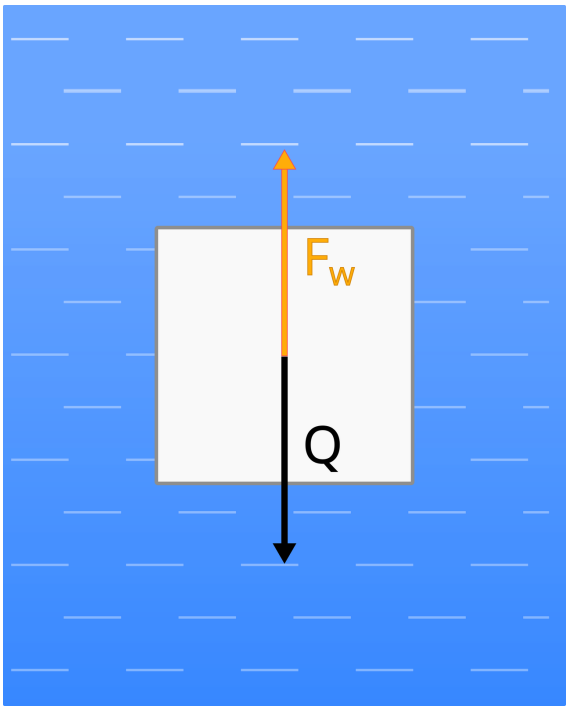
W wodzie o gęstości $1\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$ zanurzono figurkę o masie 125 g i objętości $25\ \mathrm{cm}^3$.
Przyspieszenie ziemskie wynosi $10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.
Z podanych informacji wynika, że:

Gęstość figurki wynosiła [ ] $\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$. Ciężar figurki w powietrzu wynosił [ ] N.

Wartość siły wyporu w wody wynosiła [ ] N.

Wypadkowa siła działająca na figurkę umieszczoną w wodzie wynosiła [ ] N i miała zwrot w [ ].

Dlaczego ciała pływają?

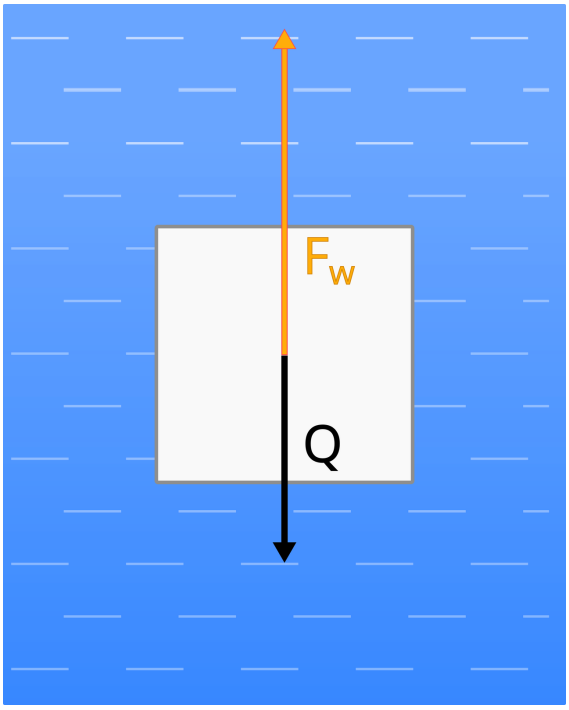


Ciało pływa (może być częściowo lub całkowicie zanurzone w cieczy), gdy siła wyporu równa jest ciężarowi ciała

Gdy wartości siły wyporu (F_w) i siły ciężkości (Q) są sobie równe (siły F_w i Q się równoważą), to ciało pływa, przy czym jest całkowicie lub częściowo zanurzone. Jeśli jest zanurzone w całości, gęstości ciała i cieczy są sobie równe.

> **Zapamiętaj!**
>
> Ciała nie toną i pływają całkowicie zanurzone w cieczy (na dowolnej głębokości), gdy ich gęstość jest równa gęstości cieczy.

Gdy siła wyporu (F_w) jest większa od ciężaru ciała (Q), ciało wypływa na powierzchnię cieczy. Trwa to dopóty, dopóki ciężar ciała nie zostanie całkowicie zrównoważony przez siłę wyporu ($F_w > Q$).



Ciało wypływa, gdy siła wyporu jest większa od ciężaru ciała

Zapamiętaj!

Ciała pływają w cieczy częściowo zanurzone, gdy ich gęstości są mniejsze od gęstości cieczy, w której zostały zanurzone.

Polecenie 3

Skorzystaj z aplikacji i przeprowadź samodzielnie eksperymenty dotyczące siły wyporu i jej zależności od gęstości cieczy, od objętości zanurzonego ciała oraz rodzaju materiału, z jakiego wykonano ciało.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DoUC7T4Cg

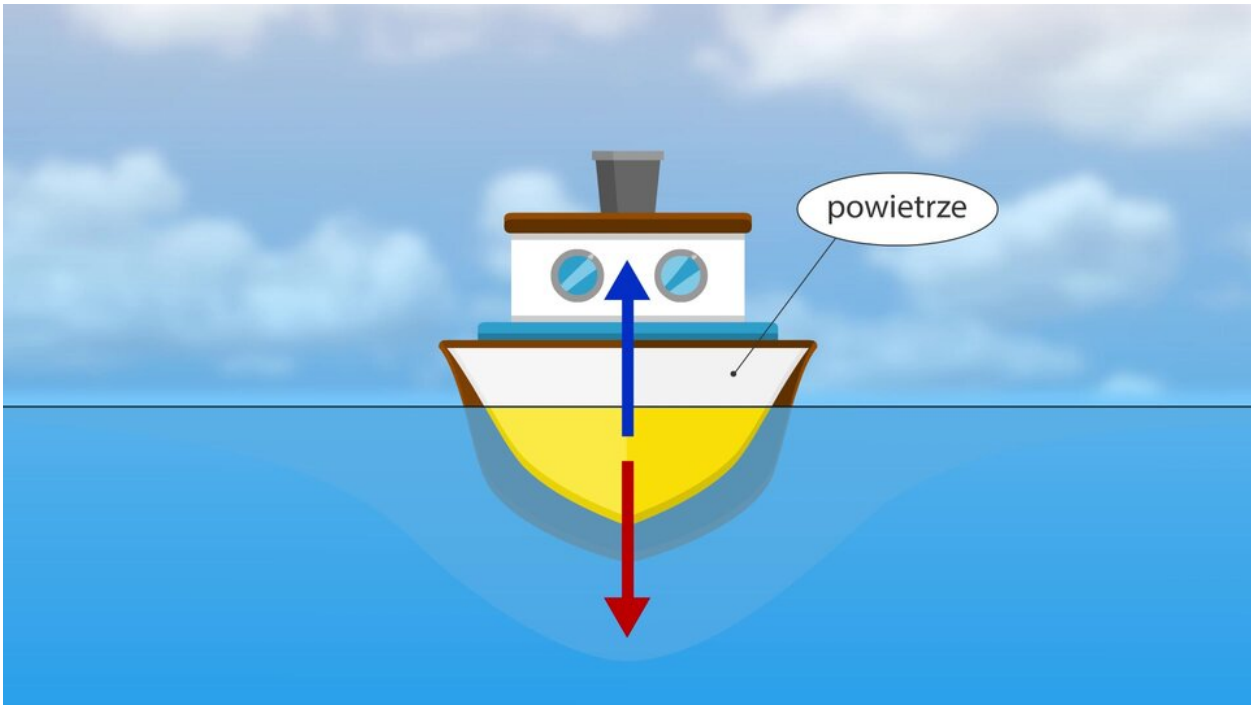
Ćwiczenie 5

Które zakończenia zdania jest prawdziwe, a które fałszywe? Klocek drewniany pływa częściowo zanurzony, gdy...

	Prawda	Fałsz
Gęstość drewna, z którego wykonano klocek, jest równa gęstości wody.	○	○
Gęstość drewna, z którego wykonano klocek, jest mniejsza od gęstości wody.	○	○
Gęstość klocka jest większa niż gęstość wody, w której jest zanurzony.	○	○

Ciekawostka

Dlaczego statki pływają po powierzchni wody, mimo że wykonane są ze stali, której gęstość jest blisko 8 razy większa od gęstości wody?
Aby statek nie zatonął, musi wyprzeć odpowiednio dużą objętość wody. Przyjrzyjmy się jego budowie.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

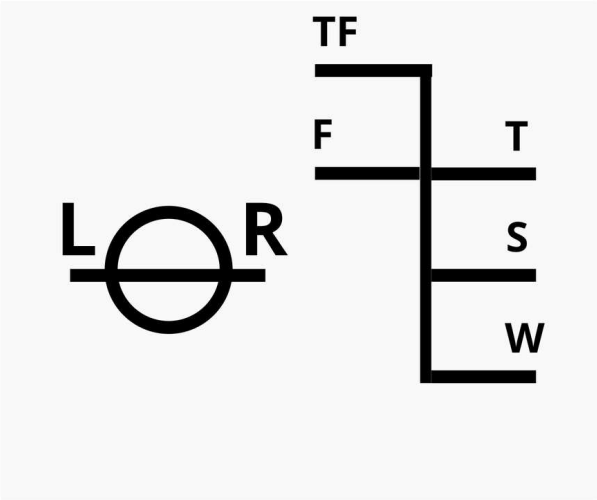
Animacja przedstawia konstrukcję kadłuba statku. N ocżątku, na białym tle pojawiają się czarne napisy: „Dlaczego stalowa statki unoszą się na wodzie?”. Po chwili pokazuje się statek zwrócony dziobem. Na filmie dwiema strzałkami zaznaczono wektory sił, jakie działają na statek, gdy pływa on po wodzie. Strzałki narysowano wewnątrz statku. Strzałka czerwona, zwrócona do dołu, jest krótsza od strzałki niebieskiej, zwróconej ku górze. Tam, gdzie narysowana jest niebieska strzałka, według napisu, który się po chwili pojawił, znajduje się powietrze.

Ukształtowanie kadłuba w formie cienkiej stalowej skorupy, która jest pusta w środku, powoduje, że objętość wody, jaką kadłub wypiera, jest wystarczająca duża, by siła wyporu zrównoważyła ciężar statku i jego ładunku. Dzięki temu jednostka pływająca może bezpiecznie dotrzeć do portu.
Ciekawostka

Każdy statek wypiera ogromną ilość wody. Masę wypartej wody nazywa się wypornością statku i wyraża się ją w tonach.

Każdy statek podczas załadunku zwiększa swoją głębokość zanurzenia i ze względów bezpieczeństwa określa się dopuszczalną ładowność statku.

Ładowność ta będzie różna w zależności od tego, czy statek stoi w wodzie słonej, czy – słodkiej, i od tego, czy załadunek odbywa się zimą, czy – latem. Znakiem informującym o tym, czy nie przekroczono dopuszczalnej masy załadunku, jest znak wolnej burty.



Oznaczenia na rysunku wskazują, do jakiej linii na burcie może zanurzyć się statek. Wyjaśnijmy, co kryje się za powyższymi skrótami: **TS** – tropikalna woda słodka; **S** – woda słodka; **T** – tropikalna woda słona; **L** – woda słona w porze letniej; **Z** – woda słona w porze zimowej; **ZAP** – woda słona w porze zimowej dla Atlantyku Północnego.

Ciekawostka

Morze Martwe to w rzeczywistości bardzo duże jezioro znajdujące się na granicy między Izraelem a Jordanią.

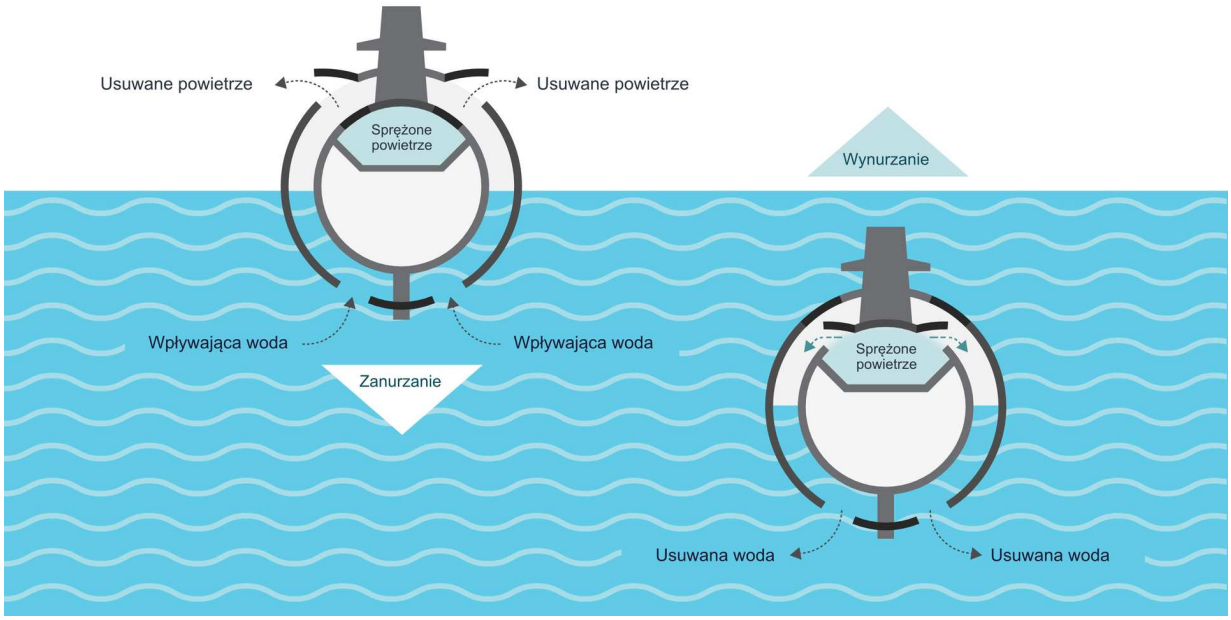
Morze Martwe jako przykład zbiornika wodnego o ogromnym zasoleniu

Zasolenie wody w Morzu Martwym jest aż dziesięciokrotnie wyższe od zasolenia wód Bałtyku! Sól jest zabójcza prawie dla wszystkich żywych organizmów i jej zawartość

w Morzu Martwym wynosi aż 24%. Czy już domyślasz się, skąd wzięła się jego nazwa? Gęstość tak bardzo słonej wody jest znacznie większa od gęstości wody słodkiej i – jak to wiemy z prawa Archimedesa – ma to wpływ na wielkość siły wyporu. Jest ona na tyle duża, że bez problemu pozwala zrównoważyć ciężar człowieka unoszącego się na powierzchni wody. W Morzu Martwym bardzo trudno jest się utopić!

Ciekawostka

Zanurzanie i wynurzanie łodzi podwodnej



Dzięki zalaniu zbiorników balastowych wodą możliwe jest zanurzenie. Wtedy średnia gęstość łodzi wzrasta wzrasta, a siła wyporu staje się mniejsza od ciężaru statku. Gdy łódź podwodna chce się wynurzyć, do zbiorników balastowych wtłaczane jest sprężone powietrze, które wypycha z nich wodę – wtedy łódź wypływa na powierzchnię lub zmniejsza zanurzenie. Średnia gęstość maleje, a siła wyporu przewyższa ciężar statku.

Ciekawostka

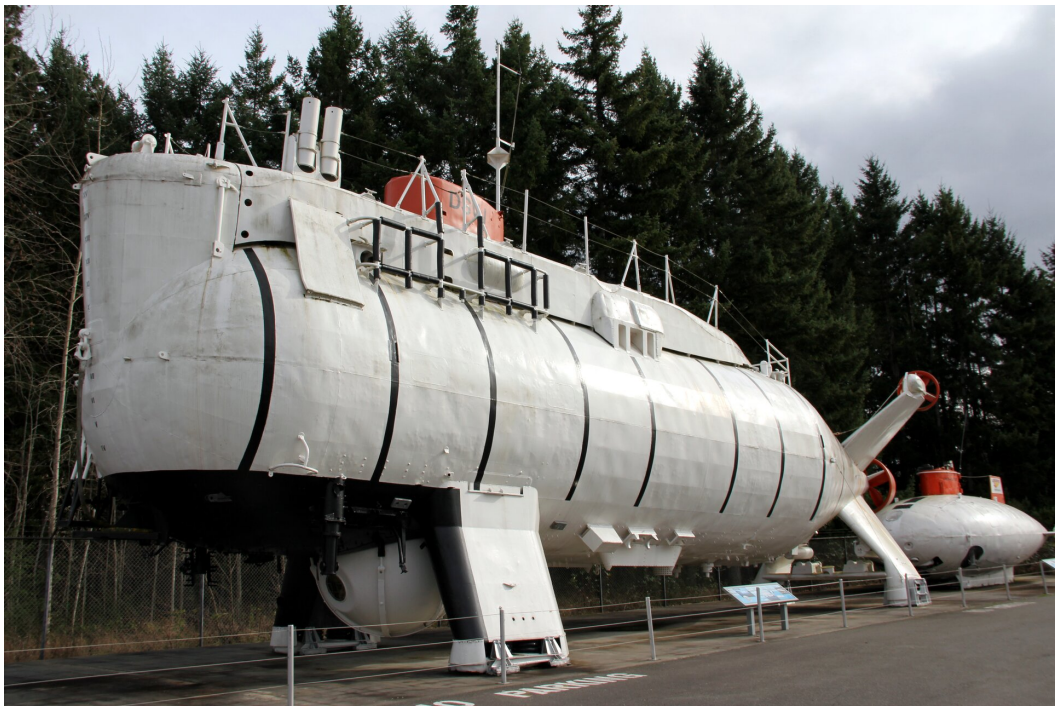
Areometr to przyrząd do wyznaczania gęstości cieczy, wykorzystujący prawo Archimedesa.

Areometr służy do wyznaczania gęstości cieczy

Areometr składa się z zamkniętej, wąskiej, szklanej rurki. W jego dolnej części znajduje się obciążenie w postaci zbiorniczka z rtęcią lub kuleczkami śrutu. Dzięki temu areometr utrzymuje się w pionie i pływa w cieczy. Gdy areometr pływa (jest częściowo zanurzony w cieczy), to jego ciężar jest równoważony przez siłę wyporu (prawo Archimedesa). Im mniejsza jest gęstość tej cieczy, tym większa musi być objętość wypartej cieczy, by zrównoważyć ciężar przyrządu. W cieczach o mniejszej gęstości areometr zanurza się głębiej, a w cieczach o większej gęstości – płycej. Wystarczy więc tylko nanieść odpowiednią skalę w górnej części areometru, by wygodnie mierzyć gęstości różnych płynów.

Ciekawostka

Batyskaf to jednostka pływająca pozwalająca zanurzać się na największe głębokości morskie dostępne na Ziemi (np. Rów Mariański – ok. 11 km). Jest to taki podmorski balon. Załoga podróżuje w szczelnej, kulistej gondoli, wykonanej z grubej stali. Taki kształt pozwala przeciwstawić się ekstremalnym ciśnieniom. Gondola podwieszona jest pod wielkim pływakiem wypełnionym w całości lekką cieczą, najczęściej benzyną. Pływak to odpowiednik powłoki balonu wypełnionej gazem o gęstości mniejszej od powietrza. Dzięki temu, że pływak wypełniony jest nieściśliwą cieczą, nie ulega on zgnieceniu nawet pod wpływem wielkich ciśnień panujących na dużych głębokościach. Wynurzenie (czyli ruch w górę) – podobnie jak w balonie wypełnionym gazem – następuje po wyrzuceniu balastu w postaci metalowego śrutu.



Polecenie 4

Zastanów sie i zapisz, dlaczego balony nie są już wypełniane wodorem, tylko helem.

5. Siła wyporu w gazach

Wiemy, co jest źródłem siły wyporu działającej na ciała zanurzone w cieczy. Czy podobna siła wyporu będzie działać na ciała zanurzone w gazie?

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

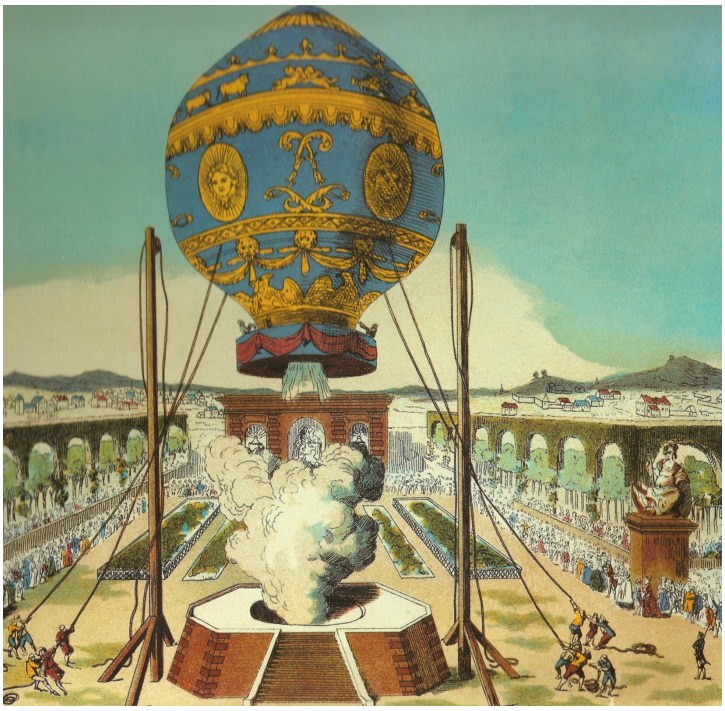
Prawo Archimedesa dla gazów

Demonstrator trzyma dwa identycznie wyglądające baloniki, po jednym w każdej ręce. Następnie wyciąga jedną rękę, wyciąga drugą rękę, wypuszcza z rąk oba baloniki. Jeden balonik (helowy) unosi się do góry. Drugi balonik (z powietrzem) opada na dół. Następnie wyświetlona zostaje grafika prezentująca mechanizm przedstawionego zjawiska.

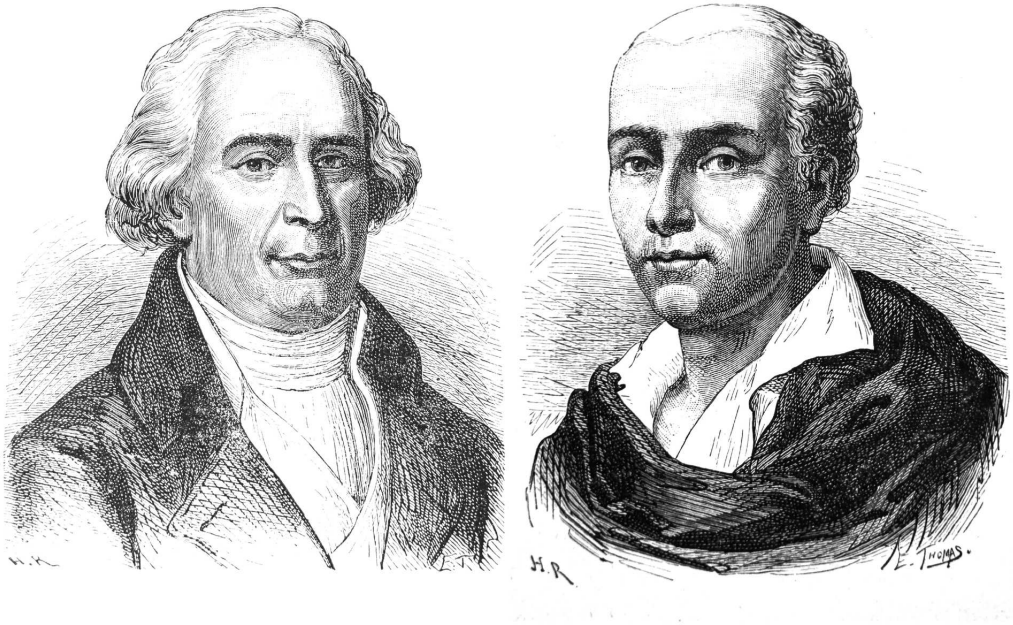
Jeden balonik jest wypełniony powietrzem (**na filmie oznaczonym symbolicznie O_2**), a drugi helem. Z tego doświadczenia można wywnioskować, że na ciała zanurzone w gazie (podobnie jak dzieje się to w przypadku cieczy), działa siła wyporu. I jest tak w rzeczywistości.

Prawo Archimedesa dla gazów: Na każde ciało zanurzone w gazie działa siła wyporu zwrócona ku górze i równa pod względem wartości ciężarowi gazu wypartego przez to ciało.

> **Ciekawostka**
>
> 17 września 1783 roku w Wersalu odbyło się widowisko zapierające dech. Tuż po godzinie dwunastej wzniósł się w górę po raz pierwszy balon na gorące powietrze. Był to pierwszy taki lot w historii. Pasażerami zaś były kogut, owca oraz kaczka.



Balon osiągnął wysokość 440 m i przeleciał dystans ok. 3 km. Jego konstruktorami byli francuscy papiernicy – bracia Joseph i Jacques Montgolfier.



Eksperymentowali oni wcześniej z papierowymi torebkami wypełnianymi gorącym dymem z ogniska. Z czasem wykonywali coraz większe torebki, aż w końcu skonstruowali balon o średnicy ponad 10 m. Dzień 5 czerwca 1783 r., kiedy to po raz pierwszy wzniósł się ich największy wówczas balon (jeszcze bez załogi) uznano za moment narodzin lotnictwa.
Człowiek po raz pierwszy wzniósł się w balonie w październiku 1783 r., ale wtedy balon był na uwięzi. Już miesiąc później odbył się swobodny lot na wysokości 100 m. W czasie 25-minutowego lotu ludzie w koszu balonu pokonali odległość 9 km.

W tym samym czasie konstruowano balony wypełniane wodorem. Pierwszy lot ludzi w takim balonie odbył się 1 grudnia 1783 roku.

Obecnie balony są wypełniane albo gorącym powietrzem, albo helem.

Podsumowanie

- Zwykle prawo Archimedesa formułujemy wspólnie dla cieczy i gazów.

Zapamiętaj!

Prawo Archimedesa
Na każde ciało zanurzone w cieczy (lub gazie) działa siła wyporu zwrócona ku górze i równa pod względem wartości ciężarowi wypartej cieczy (lub wypartego gazu).

- Prawo Archimedesa znalazło szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu i techniki, zaczynając od transportu wodnego, a kończąc na lotnictwie.

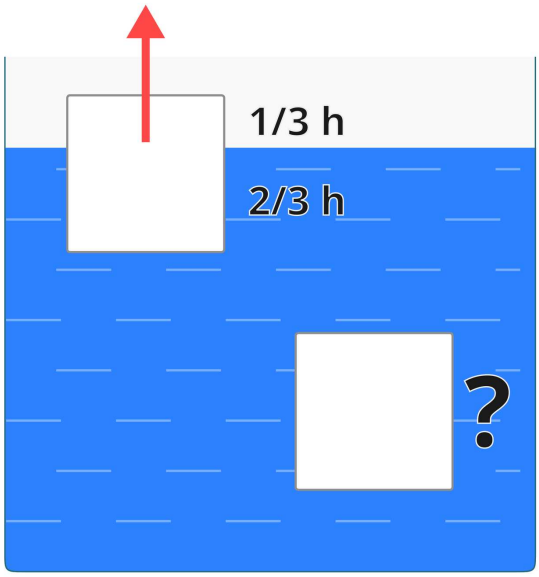
Kiedy ciało tonie, a kiedy – pływa

Ciało tonie w cieczy lub gazie	**Ciało unosi się na dowolnej głębokości w cieczy lub gazie**	**Ciało unosi się na powierzchni cieczy (częściowo zanurzone)**
Ciało opada na dno naczynia, w którym znajduje się ciecz lub gaz.	Ciało pływa na pewnej głębokości w cieczy lub gazie.	Ciało wypływa, ale jest częściowo zanurzone w cieczy.
Siła ciężkości ma większą wartość od siły wyporu działającej na ciało.	Siła ciężkości ma taką samą wartość jak siła wyporu działająca na ciało.	Siła ciężkości równa jest sile wyporu.
Gęstość ciała jest większa od gęstości cieczy lub gazu.	Gęstość ciała jest równa gęstości cieczy lub gazu.	Gęstość ciała jest mniejsza od gęstości cieczy lub gazu.

Praca domowa

Polecenie 5.1

Jak zmieni się siła wyporu działająca na klocek, który pływa w cieczy i jest zanurzony do 2/3 swojej wysokości, gdy zanurzymy go całkowicie?



Polecenie 5.2

Które ciała będą pływały, a które utoną? Aby sprawdzić gęstość substancji, wykorzystaj tablice fizyczne. Weź pod uwagę następujące przypadki:

- miedziana płytka w rtęci;
- bryłka węgla w glicerynie;
- kropla wody w nafcie;
- kropla oleju w wodzie.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Ciśnienie. Ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczne
- Prawo Pascala i jego zastosowanie

- Gęstości materii. Zastosowanie w obliczeniach związku między masą, gęstością i objętością ciał stałych i cieczy
- Siła jako miara oddziaływań. Równowaga sił. Siła wypadkowa. Wyznaczanie siły wypadkowej

Zadania

Ćwiczenie 6

Ćwiczenie 7

Które z poniższych zakończeń zdania jest poprawne? Wybierz prawidłową odpowiedź.
Wartość siły wyporu obliczamy wg wzoru $F_{\mathrm{w}} = d \cdot g \cdot V_{\mathrm{c}}$, gdzie:

- ◯ d – gęstość zanurzonego ciała, g – przyspieszenie ziemskie, V_{c} – objętość zanurzonego ciała.
- ◯ d – gęstość zanurzonego ciała, g – przyspieszenie ziemskie, V_{c} – objętość wypartej cieczy.
- ◯ d – gęstość cieczy, g – przyspieszenie ziemskie, V_{c} – objętość wypartej cieczy.

Ćwiczenie 8

Uzupełnij puste miejsca.

Aby ciało wypłynęło na powierzchnię cieczy lub unosiło się do góry w gazie, siła [ ] działająca na nie musi być większa niż ciężar ciała, co oznacza, że gęstość tego ciała musi być [ ] od gęstości cieczy lub gazu, w którym jest ono zanurzone.

Słowniczek

Archimedes z Syrakuz

-287--212

Grecki fizyk, matematyk, filozof i wynalazca. W obszarze fizyki zajmował się mechaniką (maszyny proste) i hydrostatyką (prawo Archimedesa). Jako matematyk znany jest ze swoich prac w zakresie geometrii (wyznaczanie powierzchni figur płaskich). Zginął z ręki legionisty po zdobyciu Syrakuz przez legiony rzymskie (II wojna punicka).

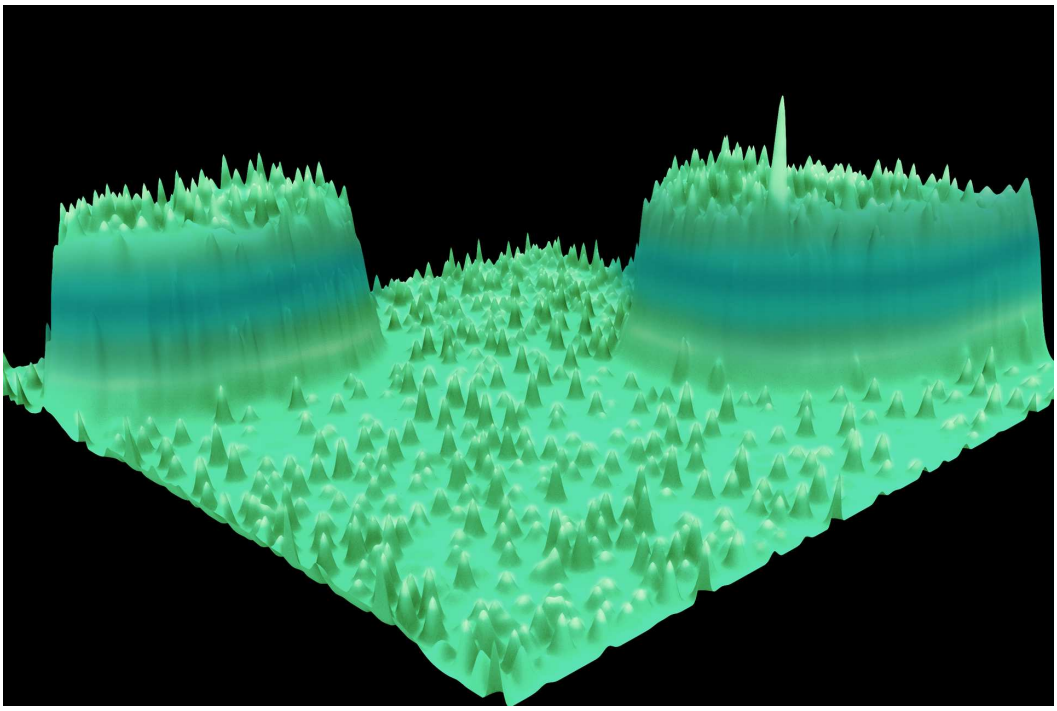
> **hel (symbol chemiczny He)**
>
> – pierwiastek zaliczany do rodziny gazów szlachetnych. Gęstość helu w temperaturze pokojowej wynosi ok. $0{,}18\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$; dla porównania gęstość suchego powietrza to ok. $1{,}2\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Podsumowanie wiadomości o właściwościach materii

W tym dziale opisaliśmy podstawowe właściwości materii w różnych stanach skupienia: ciekłym, stałym i gazowym. Pokazaliśmy związek tych właściwości z wewnętrzną, cząsteczkową budową ciał. Zdefiniowaliśmy wielkości fizyczne: gęstość, ciśnienie, ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczne oraz opisaliśmy sposoby ich pomiaru. Sformułowaliśmy prawa fizyczne dotyczące zjawisk zachodzących w cieczach i gazach: prawo Pascala i prawo Archimedesa. Wiesz już, jak doświadczalnie sprawdzić ich prawdziwość, i umiesz wskazać ich praktyczne wykorzystanie.

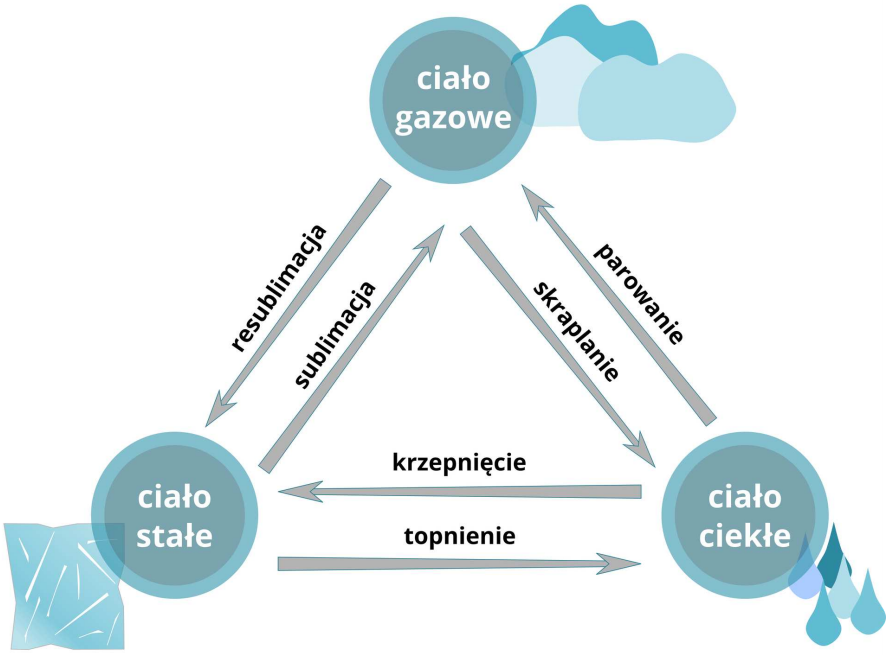
Prawa fizyki rządzą nawet tak prozaicznymi czynnościami, jak pompowanie dętki rowerowej

1. Atomy i cząsteczki



1. Materia składa się z cząsteczek zbudowanych z atomów.
2. Atomy są bardzo małe, ich rozmiary wyraża się w nanometrach, czyli miliardowych częściach metra. Atomy są niewidoczne pod zwykłymi mikroskopami.
3. Atomy i cząsteczki znajdują się w nieustannym, chaotycznym ruchu.
4. O cząsteczkowej budowie materii i o ruchu cząsteczek świadczą:
    - dyfuzja – samorzutne mieszanie się substancji, np. rozprzestrzenianie się zapachu w nieruchomym powietrzu;
    - kontrakcja objętości – objętość mieszaniny cieczy jest mniejsza od sumy objętości jej składników; ze zmieszania szklanki grochu i szklanki maku powstanie mieszanina o mniejszej objętości niż dwie szklanki;
    - ruchy Browna – nieustanne chaotyczne ruchy cząstek zawiesiny w cieczy lub gazie (np. cząstek tłuszczu w wodzie);
    - obrazy atomów z supernowoczesnych mikroskopów zwanych mikroskopami tunelowymi.

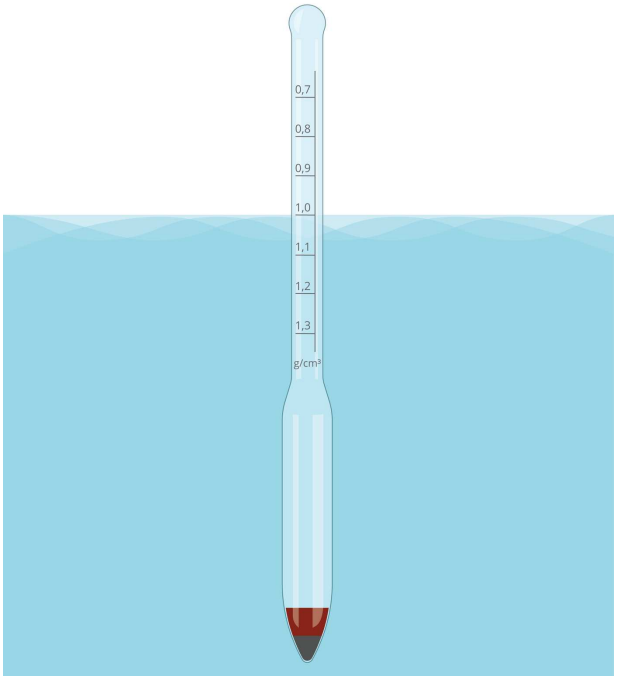
2. Trzy stany skupienia



Materia występuje w trzech podstawowych stanach skupienia:

- gazowym – atomy i cząsteczki znajdują się w dużych odległościach od siebie, poruszają się swobodnie i zderzają się ze sobą oraz ściankami naczynia;
- ciekłym – atomy i cząsteczki leżą blisko siebie, przyciągają się i odpychają, ale mogą się swobodnie przemieszczać (podobnie jak pasażerowie z zatłoczonym tramwaju);
- stałym – atomy i cząsteczki leżą blisko siebie i są ze sobą mocno związane, nie mogą się przemieszczać, ale mogą wykonywać ruchy drgające.

3. Gęstość materii



1. Gęstość (d) to iloraz masy i objętości: $d = \frac{m}{V}\ \left[\frac{\text{kg}}{m^3}\right]$, gdzie: m – masa ciała; V – jego objętość.
2. Gęstość jest wielkością charakterystyczną dla danej substancji.
3. Gęstość zawiera informację, jaka jest masa jednego metra (centymetra, decymetra) sześciennego danej substancji. Jeśli gęstość drewna wynosi 600 $\frac{\text{kg}}{m^3}$, to znaczy, że jeden metr sześcienny tego drewna ma masę 600 kg.
4. Aby wyznaczyć gęstość ciała, musimy znać jego masę i objętość. Mierzenie objętości zależy od kształtu ciała. Gdy ma ono kształt regularny (sześcian, prostopadłościan, walec, kula), należy zmierzyć linijką wysokość, długość, szerokość lub średnicę i za pomocą wzorów matematycznych wyliczyć objętość danej bryły. Gdy ciała nie mają regularnego kształtu, ich objętość możemy wyznaczyć za pomocą menzurki z wodą (jeśli pozwalają na to wymiary badanej bryły). W celu wyznaczenia masy ciała posługujemy się wagą.

4. Właściwości ciał stałych

1. Ciała stałe zachowują swój kształt i swoją objętość.
2. Zmiana kształtu ciała stałego nie wpływa na jego objętość.
3. Ciała stałe dzielimy na:
    - sprężyste – przykłady: stal, kauczuk;
    - plastyczne – przykłady: plastelina, ołów;
    - kruche – przykłady: porcelana, lód.

Ten podział jest umowny i zależy od wielkości siły, która działa na ciało.

5. Budowa krystaliczna ciał stałych

Ze względu na sposób ułożenia atomów lub cząsteczek ciała stałe dzielimy na:

- krystaliczne – atomy, jony lub cząsteczki są rozmieszczone regularnie, tworzą pewną strukturę geometryczną, nazywaną siecią krystaliczną (przykłady: sól kuchenna, kwarc, metale);
- amorficzne – tworzące je atomy lub cząsteczki rozłożone są chaotycznie, czyli w sposób nieuporządkowany (przykłady: szkło, smoła, parafina).

6. Właściwości cieczy

1. Ciecze mają określoną objętość, ale nie kształt. Przyjmują kształt naczynia, w którym są umieszczone.
2. Na styku z innym ośrodkiem (próżnią, powietrzem, cieczą lub ścianką naczynia) ciecze tworzą określony kształt powierzchni, nazywany **powierzchnią swobodną cieczy**.
3. W stanie nieważkości powierzchnia swobodna cieczy ma kształt kuli.
4. Ciecze są nieściśliwe.
5. Ciecze zmieniają swoją objętość pod wpływem temperatury – zjawisko to nosi nazwę rozszerzalności termicznej.

7. Napięcie powierzchniowe

1. Powierzchnia swobodna cieczy dąży do tego, aby mieć jak najmniejsze pole, a siły, które to powodują, nazywamy **siłami napięcia powierzchniowego**. Kiedy pole to wzrośnie (np. nastąpi ugięcie powierzchni), siły napięcia dążą do jego zmniejszenia.
2. Siłami spójności (kohezji) nazywamy oddziaływania występujące między cząsteczkami tej samej substancji.
3. Siły przylegania (adhezji) to oddziaływania występujące między cząsteczkami różnych substancji.
4. Relacje między siłami przylegania i spójności prowadzą do powstawania odpowiednich menisków:
    - gdy siły spójności są większe od sił przylegania, powstaje menisk wypukły;
    - gdy siły przylegania są większe od sił spójności, powstaje menisk wklęsły.

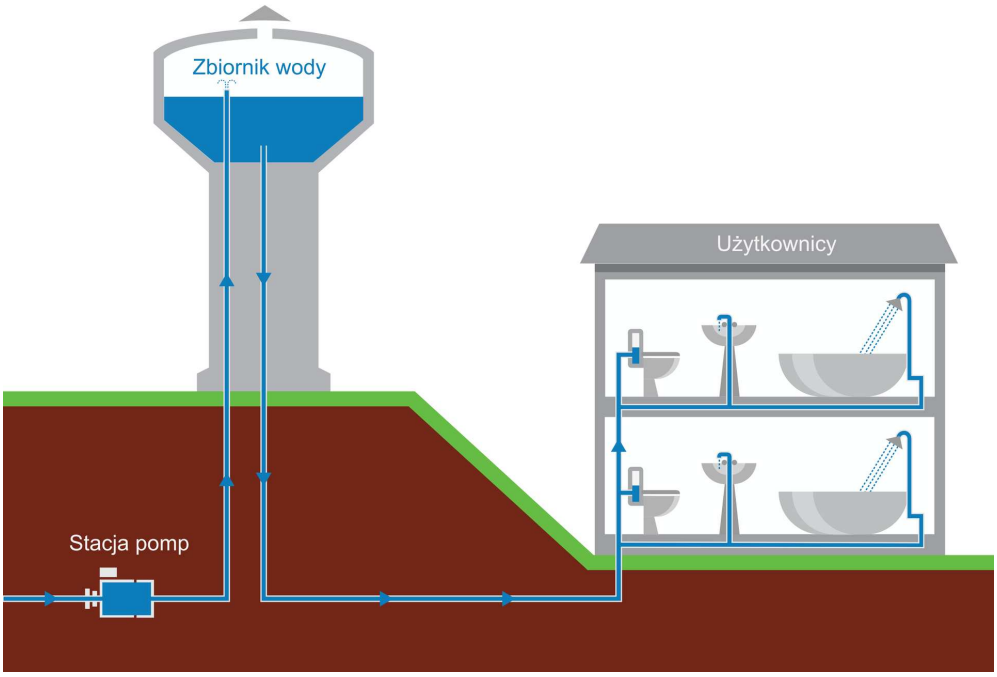
8. Właściwości gazów

1. Gazy nie mają swojego kształtu ani swojej objętości. Przybierają kształt i objętość naczynia, w którym się znajdują.
2. Cząsteczki gazu wypełniają całą objętość naczynia – bez względu na jego kształt.
3. Gazy są ściśliwe (w przeciwieństwie do ciał stałych i cieczy).

9. Ciśnienie

1. Ciśnienie to wielkość fizyczna – jest miarą siły nacisku (parcia) na jednostkę powierzchni; oznaczamy je małą literą p.
2. Aby obliczyć wartość ciśnienia, należy siłę nacisku (F) działającą prostopadle do powierzchni podzielić przez pole powierzchni (S), na którą ta siła działa. Ciśnienie = siła nacisku (parcie) / pole powierzchni; $p = \frac{F}{S}$.
3. Jednostką podstawową ciśnienia w układzie SI jest paskal (Pa); $[p] = \frac{F}{S} = \frac{1\mathrm{N}}{1\mathrm{m}^2} = 1\mathrm{Pa}$.
4. Ciśnienie gazów i cieczy mierzymy za pomocą manometrów.

10. Ciśnienie hydrostatyczne

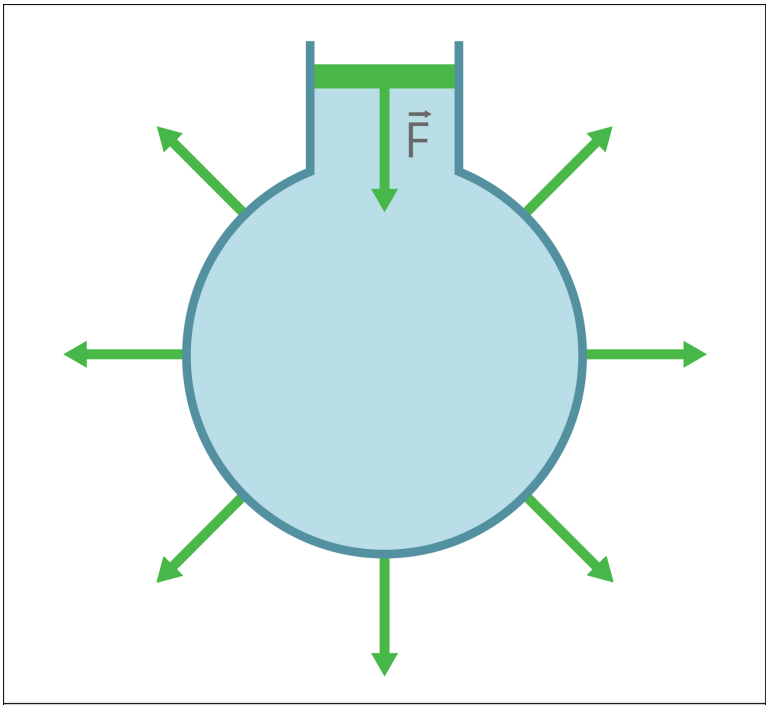


1. **Ciśnienie hydrostatyczne** spowodowane jest ciężarem cieczy znajdującej się w spoczynku; zależy od wysokości słupa cieczy i od jej gęstości.
2. Ciśnienie hydrostatyczne obliczamy ze wzoru: $p = d \cdot g \cdot h,$ gdzie:
   $p[\mathrm{Pa}]$ – ciśnienie cieczy;
   $d\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right]$ – gęstość cieczy;
   $g\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]$ – przyspieszenie ziemskie;
   $h[\mathrm{m}]$ – wysokość słupa cieczy.

11. Ciśnienie atmosferyczne

1. Ciśnienie atmosferyczne związane jest z ciężarem powietrza, znajdującego się **powyżej poziomu**, na którym je mierzymy. Im bliżej powierzchni Ziemi, tym wyższe jest ciśnienie atmosferyczne, i odwrotnie – na szczytach górskich ciśnienie atmosferyczne jest niższe niż w dolinach.
2. Do pomiarów ciśnienia atmosferycznego służą **barometry**.

12. Prawo Pascala

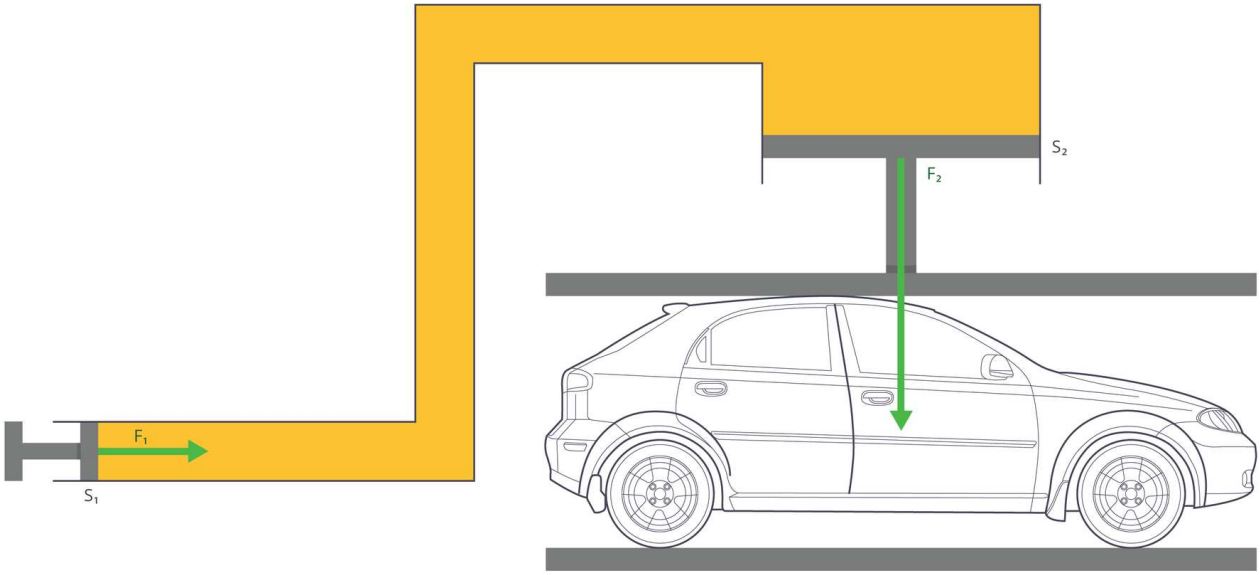


Reguła: prawo Pascala

> Jeżeli na ciecz lub gaz będziemy wywierać parcie z zewnątrz, to wytworzy ono w cieczy lub gazie dodatkowe ciśnienie jednakowe w całej objętości tej cieczy lub tego gazu.

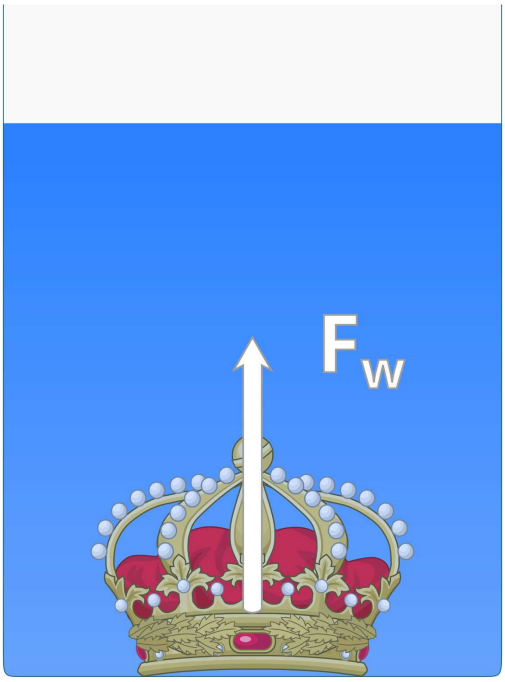
Mówimy, że ciśnienie **zewnętrzne wywierane na płyn rozchodzi się we wszystkich kierunkach jednakowo**.

13. Zastosowanie prawa Pascala



1. Prawo Pascala znalazło szerokie zastosowanie w konstrukcji pras, podnośników, pomp hydraulicznych i układów hamulcowych.
2. Zasada działania prasy hydraulicznej wykorzystuje prawo Pascala. Zadaniem prasy jest zwielokrotnienie zewnętrznej siły nacisku i wykorzystanie jej do wykonania pracy. Prasa hydrauliczna jest najważniejszym elementem każdego siłownika.
3. Wartość siły F_2 uzyskanej za pomocą prasy jest tyle razy większa od zewnętrznej siły F_1 działającej na tłok, ile razy powierzchnia S_2 większego tłoka jest większa od powierzchni S_1 mniejszego tłoka; $p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$.

14. Prawo Archimedesa



Reguła: prawo Archimedesa

Na każde ciało zanurzone w cieczy (gazie) **działa siła wyporu zwrócona ku górze** i równa pod względem wartości **ciężarowi wypartej cieczy (gazu)**.

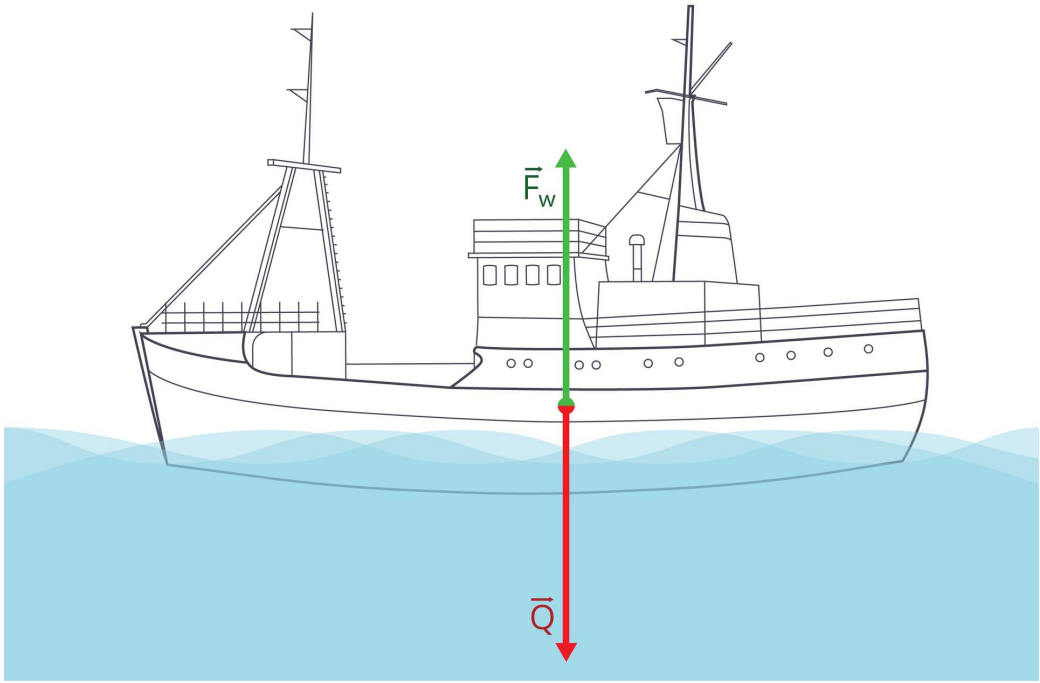
Dowód

Wartość siły wyporu F_w zależy od gęstości cieczy (gazu) oraz od objętości wypartego płynu lub gazu. Siłę wyporu oblicza się za pomocą wzoru:

$$F_w = d \cdot V \cdot g$$

gdzie:
d – gęstość wypartej cieczy (gazu); V – objętość wypartej cieczy (gazu); g – przyspieszenie ziemskie.

15. Pływanie ciał



Warunki pływalności ciał

Ciało tonie w cieczy lub gazie	**Ciało unosi się na dowolnej głębokości w cieczy bądź gazie**	**Ciało unosi się na powierzchni cieczy (częściowo zanurzone)**
Siła ciężkości ma wartość większą od siły wyporu działającej na ciało.	Siła ciężkości ma taką samą wartość jak siła wyporu działająca na ciało.	Siła ciężkości równa jest sile wyporu.
Gęstość ciała jest większa od gęstości cieczy lub gazu.	Gęstość ciała jest równa gęstości cieczy albo gazu.	Gęstość ciała jest mniejsza od gęstości cieczy lub gazu.

16. Zadania

Polecenie 1

Kostka masła ma wymiary 10 cm x 8 cm x 3 cm, a jej masa wynosi 228 g. Oblicz gęstość masła. Wynik podaj w $\frac{g}{\mathrm{cm}^3}$ oraz w $\frac{\mathrm{kg}}{m^3}$.

Polecenie 2

Wypisz podobieństwa i różnice w cząsteczkowej budowie cieczy i gazów oraz cieczy i ciał stałych. Posłuż się tabelą.

Podobieństwa i różnice w cząsteczkowej budowie ciecz, gazów i ciał stałych

CIECZE I GAZY	
PODOBIEŃSTWA	RÓŻNICE
CIECZE I CIAŁA STAŁE	
PODOBIEŃSTWA	RÓŻNICE

Polecenie 3

Jak nazywa się zjawisko, dzięki któremu kropla atramentu wpuszczona do nieruchomej wody po pewnym czasie zabarwia ją w całości? Opisz, jak ono przebiega. Co należy zrobić, aby cała woda zabarwiła się szybciej?

Polecenie 4

Balon pasażerski unosi się w powietrzu i tkwi nieruchomo na jednej wysokości. Jak zachowa się balon, gdy pasażerowie wyrzucą z kosza część balastu? Odpowiedź uzasadnij. Użyj m.in. pojęć: używając między innymi takich pojęć jak: siła ciążenia, siła wyporu powietrza, równowaga sił.

Polecenie 5

Wartości gęstości wybranych ciał stałych, cieczy i gazów

Ciało stałe	$d\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
drewno dębu	600–900
mosiądz	8200–8950
ołów	11 336
stal nierdzewna	8100
złoto	19 320
lód (0°C)	920
Ciecze	$d\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
benzyna	700

eter	720
gliceryna	1260
nafta	800
oliwa	920
rtęć	13 550
woda destylowana (4°C)	1000
Gazy	$d\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
argon	1,784
chlor	3,22
hel	0,178

powietrze	1,185
tlen	1,429
wodór	0,09

Korzystając z powyższej tabeli, oceń prawdziwość następujących stwierdzeń:

	Prawda	Fałsz
Stalowa kulka utonie w rtęci.	◯	◯
Kropla gliceryny utonie w wodzie.	◯	◯
Balonik z tlenem uniesie się do góry w zbiorniku wypełnionym chlorem.	◯	◯
Kostka lodu pływa na powierzchni benzyny.	◯	◯
Kropla oliwy pływa po powierzchni nafty.	◯	◯
Balonik z argonem unosi się w powietrzu.	◯	◯
Dębowa listewka może utonąć w eterze.	◯	◯
W zbiorniku wypełnionym wodorem balonik z helem opadnie na dno.	◯	◯

Polecenie 6

W dokumentach opisujących prawa i obowiązki pracowników transportowych napisano: „... masa przedmiotów podnoszonych i przenoszonych samodzielnie przez pracownika nie może przekraczać 30 kg przy pracy stałej oraz 50 kg przy pracy dorywczej". Czy jeden pracownik może jednorazowo przenieść pojemnik zawierający 3 litry (dm^3) rtęci? Gęstość rtęci wynosi 13 550$\frac{\mathrm{kg}}{m^3}$. Czy pracownik mógłby przenosić takie pojemniki, gdyby to była jego stała praca? Wykonaj odpowiednie obliczenia.

> **Wskazówka**
>
> Pamiętaj o przeliczeniu litrów na metry sześcienne.

Polecenie 7

* W tablicach fizycznych można znaleźć informację, że cząsteczki powietrza w temperaturze pokojowej poruszają się z szybkością około 1000 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Po jakim czasie teoretycznie powinniśmy poczuć zapach perfum z opakowania otwartego w odległości 5 metrów? Dlaczego w rzeczywistości czas ten jest znacznie dłuższy?

Polecenie 8

Ciało, którego ciężar wynosi 20 N, zanurzono w cieczy. Ciężar wypartej cieczy wyniósł 23 N. Czy ciało to będzie w tej cieczy tonąć czy – pływać? Jeśli nie utonie, to będzie całkowicie zanurzone w cieczy czy tylko częściowo? Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 9

Wieloryb pływa na głębokości 1000 metrów. Jaką wartość ma siła nacisku wody na skórę wieloryba? Powierzchnia ciała wieloryba wynosi 300 m^2, a gęstość wody morskiej – 1030 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

17. Test

Ćwiczenie 1

Jak zmieni się ciśnienie hydrostatyczne na dnie naczynia zawierającego 1 litr wody, jeżeli przelejemy ją z szerokiej miski do wąskiego wysokiego wazonu?

- [ ] Ciśnienie zmaleje, ponieważ wzrośnie wysokość słupa cieczy.
- [ ] Ciśnienie zmaleje, ponieważ zmaleje powierzchnia, na którą naciska ciężar cieczy.
- [ ] Ciśnienie wzrośnie, ponieważ zmaleje powierzchnia, na którą naciska ciężar cieczy.
- [ ] Ciśnienie wzrośnie, ponieważ wzrośnie wysokość słupa cieczy.
- [ ] Ciśnienie nie zmieni się, ponieważ nie zmienił się ciężar cieczy.

Ćwiczenie 2

Nie można w sposób zauważalny zmniejszyć objętości metalu, mimo użycia bardzo dużej siły ściskającej, ponieważ:

- cząsteczki metalu są uporządkowane (każda ma ustalone położenie) i nie można tego zmienić.
- podczas ściskania zwiększają się siły odpychania między cząsteczkami metalu.
- cząsteczki w metalu leżą tak blisko siebie, że nie można ich bardziej przybliżyć.
- cząsteczki (atomy) metalu są twarde i nieściśliwe.

Ćwiczenie 3

Jeśli ciało przeniesiemy z Ziemi na Księżyc, to zmianie ulegnie:

- tylko gęstość tego ciała.
- tylko ciężar tego ciała.
- masa i gęstość ciała.
- tylko masa ciała.
- masa, gęstość i ciężar ciała.
- masa i ciężar tego ciała.

Ćwiczenie 4

Przygotuj kartkę i przybory do pisania przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania.

Pręt miedziany ma masę 8950 g. Gęstość miedzi wynosi 8950 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.
Jaka jest objętość tego pręta? Wskaż wszystkie poprawne odpowiedzi.

- [ ] 1 cm^3
- [ ] 0,01 m^3
- [ ] 1 m^3
- [ ] 1 dm^3
- [ ] 0,001 m^3
- [ ] 1000 m^3
- [ ] Nie można obliczyć objętości pręta, bo nie znamy jego wymiarów.
- [ ] 1 litr

Ćwiczenie 5

Jakie właściwości ciał stałych wykorzystujemy, wykonując czynności?

Kruchość

Plastyczność

Sprężystość

Elementy niepasujące do żadnej kategorii

dekorowanie tortu masą maślaną

formowania figurek z masy solnej

podrzucanie do góry sprężynki od długopisu (dla zabawy)

rzeźbienie w gipsie

toczenie kauczukowej kulki po stole

wiązanie włosów gumką (frotką)

skoki o tyczce

kucie żelaza

gryzienie chipsów

skakanie na trampolinie

łamanie chrustu na ognisko

rozdrabnianie kamieni na tłuczeń drogowy

kozłowanie piłki

Ćwiczenie 6

Oceniając jakość deski, stolarz wykonał następujące czynności:
1. Sprawdził, czy deska jest prosta.
2. Zmierzył długość, szerokość i grubość deski.
3. Określił kolor deski (ewentualne zasinienia).
4. Wyznaczył masę deski (przy użyciu wagi).
5. Podzielił masę deski przez jej objętość.
6. Podzielił objętość deski przez jej masę.
7. Ocenił stopień wilgotności drewna, porównując gęstość deski z gęstościami drewna o różnej wilgotności.
8. Obliczył objętość deski.

Które z tych czynności musiał wykonać i w jakiej kolejności, aby wyznaczyć gęstość deski? Wskaż wszystkie prawidłowe odpowiedzi.

- [ ] 4 – 1 – 8 – 5
- [ ] 4 – 2 – 8 – 7
- [ ] 4 – 2 – 8 – 6
- [ ] 4 – 8 – 2 – 6
- [ ] 2 – 8 – 4 – 5
- [ ] 2 – 4 – 8 – 5
- [ ] 4 – 2 – 8 – 5
- [ ] 4 – 8 – 2 – 5

Ćwiczenie 7

Przygotuj kartkę i przybory do pisania przed przystąpieniem do rozwiazywania zadania.
Pojemność baku (zbiornika na paliwo) samochodowego wynosi 40 litrów. Gęstość benzyny wynosi 700 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.
O ile wzrośnie masa samochodu, gdy kierowca zatankuje do pełna? Zakładamy, że przed tankowaniem zbiornik był pusty. Wskaż wszystkie prawidłowe odpowiedzi.

- [ ] 28 000 g
- [ ] 280 kg
- [ ] 2,8 kg
- [ ] 28 000 kg
- [ ] 17,5 kg
- [ ] 175 kg
- [ ] 28 kg

Ćwiczenie 8

Czy można zobaczyć parę wodną?

- ( ) Tak, widzimy ją w postaci chmur i mgły.
- ( ) Tak, widzimy ją na zaparowanej szybie lub lustrze.
- ( ) Tak, widzimy ją w postaci dymku wydobywającego się spod pokrywki garnka.
- ( ) Nie, ponieważ para wodna jest gazem bezbarwnym.

Ćwiczenie 9

Do szklanego naczynia wlano ciecz, która utworzyła w nim menisk wypukły. Na podstawie tej obserwacji można powiedzieć, że:

- ◯ siły spójności między cząsteczkami cieczy są mniejsze od sił przylegania ciecz-szkło.
- ◯ siły spójności między cząsteczkami cieczy są większe lub mniejsze od sił przylegania ciecz-szkło.
- ◯ cząsteczki cieczy nie oddziałują z cząsteczkami wody.
- ◯ nic nie wiadomo o wielkości sił spójności i sił przylegania.
- ◯ siły spójności między cząsteczkami cieczy są większe od sił przylegania ciecz-szkło.

Ćwiczenie 10

Mamy do dyspozycji zbiornik o pojemności 20 litrów możliwie dokładnie opróżniony za pomocą specjalnej pompy. Zbiornik ten połączono z butlą o pojemności 10 litrów zawierającą dwutlenek węgla. Po tym połączeniu dwutlenek węgla

- ◯ przepłynie do zbiornika, jeśli ten będzie znajdował się niżej niż butla.
- ◯ zależnie od ciśnienia przepłynie do zbiornika lub nie.
- ◯ nie przepłynie do zbiornika, ponieważ cały mieści się w butli.
- ◯ przepłynie całkowicie do większego zbiornika i zajmie w nim objętość 10 litrów.
- ◯ przepłynie częściowo do zbiornika i zajmie w sumie objętość 30 litrów.
- ◯ przepłynie całkowicie do większego zbiornika i zajmie objętość 20 litrów.

Ćwiczenie 11

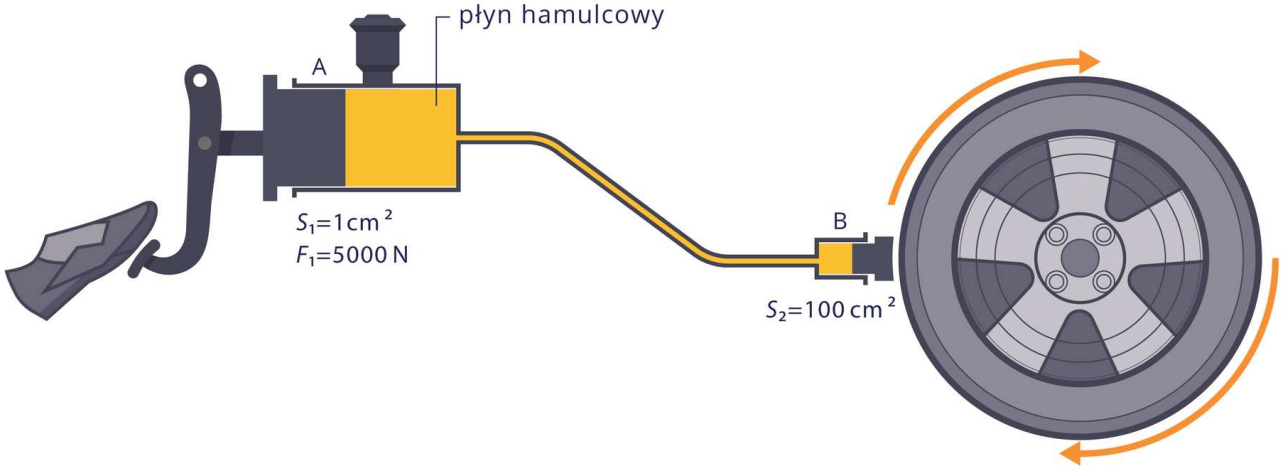
Dobierz jednostkę do wielkości fizycznej.

kg	masa
$\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$	ciśnienie
Pa	gęstość
N	objętość
m^3	parcie

Ćwiczenie 12

Jak zmienia się zanurzenie jachtu i działająca na niego siła wyporu, gdy z silnie zasolonego oceanu przepływa on na mniej zasolone morze, a następnie na słodkowodne jezioro?

- ◯ Zanurzenie jachtu maleje, a wartość siły wyporu pozostaje bez zmian.
- ◯ Zanurzenie jachtu maleje, a wartość siły wyporu rośnie.
- ◯ Zanurzenie jachtu rośnie, a wartość siły wyporu maleje.
- ◯ Zanurzenie najpierw rośnie, potem maleje, a wartość siły wyporu nie zmienia się.
- ◯ Zanurzenie jachtu rośnie, a wartość siły wyporu pozostaje bez zmian.
- ◯ Zanurzenie jachtu rośnie i wartość siły wyporu rośnie.
- ◯ Zanurzenie jachtu maleje i wartość siły wyporu maleje.

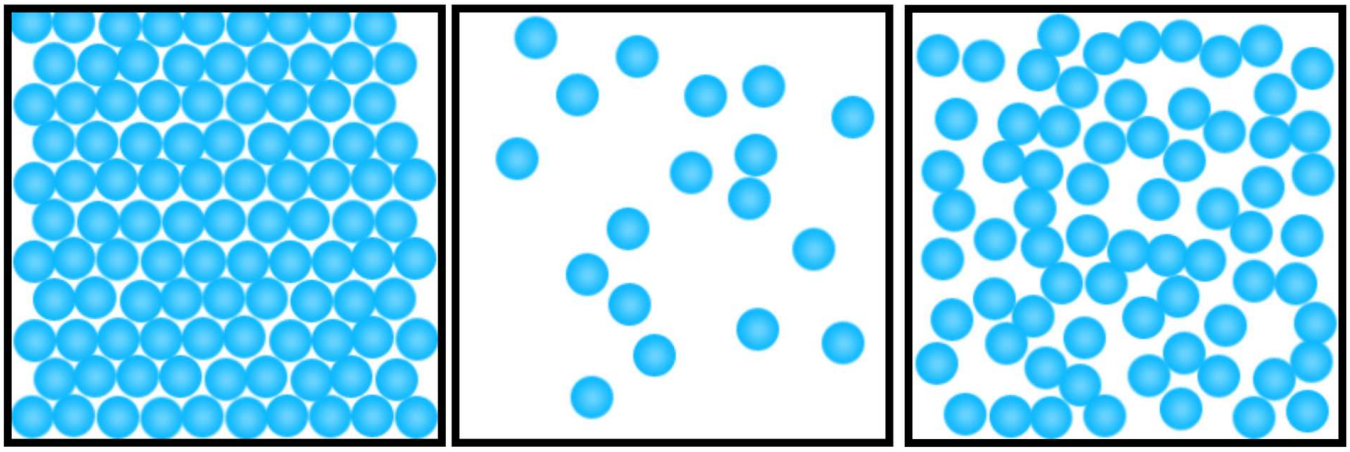

płyn hamulcowy
A
B
S_1=1cm²
F_1=5000 N
S_2=100 cm²

Ćwiczenie 13.1

Przygotuj kartkę i przybory do pisania przed przystąpieniem do rozwiazywania zadania.

Odczytaj informacje podane na rysunku i oblicz ciśnienie płynu w punktach A i B. Wskaż wszystkie poprawne odpowiedzi.

- [ ] w punkcie A – 50 hPa
  w punkcie B – 0,5 hPa
- [ ] w punkcie A – 50 Pa
  w punkcie B – 50 Pa
- [ ] w punkcie A – 50 MPa
  w punkcie B – 50 MPa
- [ ] w punkcie A – 500 000 Pa
  w punkcie B – 5000 Pa
- [ ] w punkcie A – 500 000 hPa
  w punkcie B – 500 000 hPa
- [ ] w punkcie A – 50 000 kPa
  w punkcie B – 50 000 kPa
- [ ] w punkcie A – 50 Pa
  w punkcie B – 0,5 Pa
- [ ] w punkcie A – 50 hPa
  w punkcie B – 50 hPa



I II III

Ćwiczenie 14.1

Na rysunku przedstawiono schematycznie układ atomów w ciałach o różnych stanach skupienia. Rysunki oznaczone cyframi I, II, III przedstawiają modele budowy:

- I – cieczy
  II – gazu
  III – ciała stałego
- I – gazu
  II – ciała stałego
  III – cieczy
- I – ciała stałego
  II – cieczy
  III – gazu
- I – ciała stałego
  II – gazu
  III – cieczy

Sprawdzian wiadomości

Ćwiczenie 1

Jaki jest stan skupienia lodu?

- ◯ Gazowy.
- ◯ Nie ma ustalonego stanu skupienia.
- ◯ Ciekły.
- ◯ Stan skupienia lodu zależy od temperatury.
- ◯ Stały.

Ćwiczenie 2

Które z poniższych twierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Ciecze są ściśliwe.	◯	◯
Gazy są ściśliwe.	◯	◯
Rozlana woda nie rozpada się na cząsteczki dzięki siłom spójności.	◯	◯
Ciała stałe mają sprężystość kształtu i objętości.	◯	◯
1 litr wody naciska na dno naczynia siłą 10 N niezależnie od kształtu naczynia.	◯	◯
Ciśnienie jakie człowiek wywiera na podłoże jest takie samo zarówno wtedy, gdy stoi on na jednej nodze, jak i na dwóch nogach.	◯	◯
Gdy kawałek plasteliny w kształcie walca zamienimy w kulę, to jego objętość zmaleje.	◯	◯
Ciecze nie mają określonego kształtu.	◯	◯
Chmury to widoczna para wodna.	◯	◯

Ćwiczenie 3

Korzystając z informacji podanych w treści zadania i praw fizyki, wykonaj odpowiednie obliczenia i wskaż wszystkie prawidłowe odpowedzi.

Na dużym tłoku podnośnika hydraulicznego umieszczono towar o masie 600 kg. Jak dużą powierzchnię miał ten tłok, jeśli siła 300 N działająca na mały tłok unosi towar do góry? Powierzchnia małego tłoka jest równa 25 cm^2.

- [ ] 0,005 m^2
- [ ] 12,5 m^2
- [ ] 500 cm^2
- [ ] 5 dm^2
- [ ] 500 m^2
- [ ] 0,05 m^2
- [ ] 0,5 m^2
- [ ] 50 cm^2
- [ ] 12,5 cm^2

Ćwiczenie 4

Które wypowiedzi charakteryzują ciecze, a które gazy lub ciała stałe?

gazy

ciecze

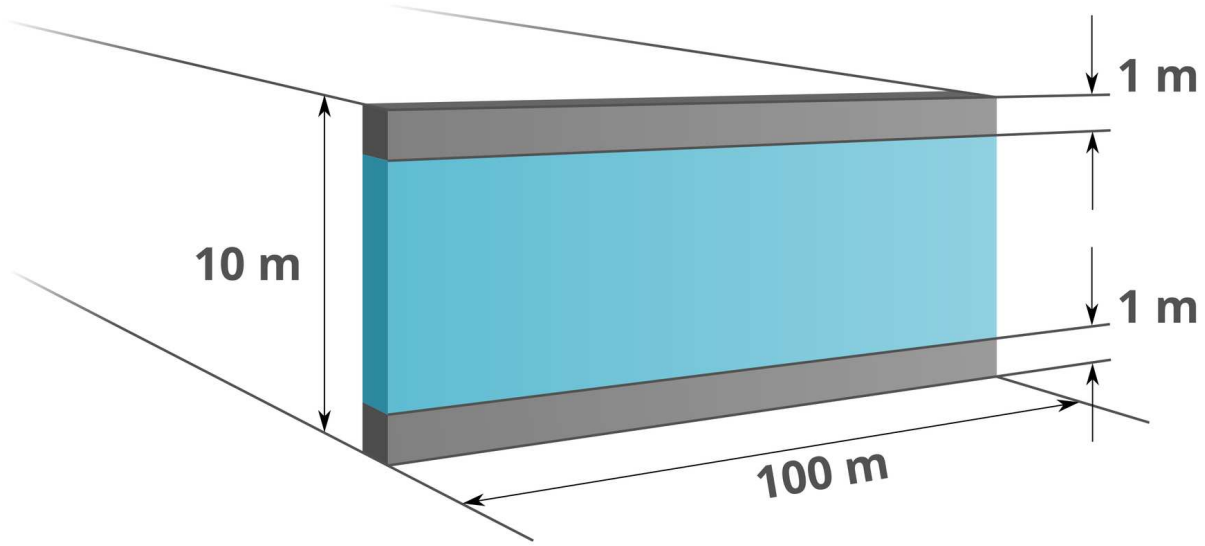
ciała stałe

- ich cząsteczki poruszają się swobodnie i chaotycznie
- ich cząsteczki leżą blisko siebie, ale mogą się przemieszczać
- tworzą powierzchnię swobodną
- mają ustalony kształt i objętość
- mogą być kruche lub plastyczne
- są ściśliwe
- wypełniają całą dostępną objętość naczynia
- obserwuje się w nich zjawisko napięcia powierzchniowego
- ich cząsteczki leżą blisko siebie, nie mogą się przemieszczać, tylko drgają
- nie mają ustalonego kształtu, tylko objętość
- ich cząsteczki tworzą uporządkowaną siatkę
- ich cząsteczki są daleko od siebie
- nie mają ustalonego kształtu i objętości

Polecenie 1

Oblicz wartość ciśnienia hydrostatycznego panującego u podstawy tamy wodnej na głębokości 10 metrów pod wodą. Gęstość wody wynosi $1000\ \frac{\mathrm{kg}}{m^3}$.

Polecenie 2



Aby obliczyć wartość siły parcia na daną powierzchnię, mnożymy wartość ciśnienia przez powierzchnię. Jaką wartość ciśnienia należy podstawić do tej zależności, aby prawidłowo obliczyć wartość parcia np. na całą powierzchnię tamy? Oblicz parcie wywierane przez wodę na dwa pasy wskazane na rysunku (jeden znajduje się na górze tamy, a drugi – na dole). Pasy mają szerokość 1 m, a tama – 100 m. Wysokość całej tamy wynosi 10 m.

> **Wskazówka**
>
> Uwzględnij zależność ciśnienia od głębokości.

Polecenie 3

Gęstość świeżego śniegu wynosi 20 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, natomiast zleżałego – 400 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. Jak i o ile zmieni się objętość 100 kg świeżego śniegu, gdy stanie się on w śnieg zleżały?

Polecenie 4

Bryła żelaza ma kształt sześcianu o boku 10 cm. Gęstość żelaza wynosi 7800 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

a. Wykaż, że siłomierz, na którym zawiesimy tę bryłkę, wskaże 78 N;

b. Po zanurzeniu bryłki w wodzie wskazanie siłomierza zmalało do wartości 68 N. Oblicz wartość siły wyporu działającej na żelazo; jest ona większa, czy mniejsza od ciężaru żelaza? A może jest mu równa?

c. Wyjaśnij, dlaczego okręt wykonany z żelaza nie tonie w wodzie, mimo że gęstość żelaza jest kilka razy większa od gęstości wody. W odpowiedzi użyj terminów: siła wyporu, ciężar, gęstość, warunek pływania.

Ruch i spoczynek. Względność ruchu

Jak wykazać, że znajdujesz się w ruchu lub spoczynku? Odpowiesz: „To proste! Kiedy siedzę w ławce, znajduję się w spoczynku. Gdy idę pieszo, jadę rowerem lub samochodem – poruszam się". Zapominasz jednak o tym, że Ziemia wiruje wokół własnej osi i obiega Słońce, które porusza się wokół środka naszej Galaktyki. Wszystkie galaktyki zaś oddalają się od siebie. Czy zatem pojęcie spoczynku w ogóle istnieje?

Samolot odrzutowy leci z prędkością kilkuset kilometrów na godzinę, jednak pasażerowie odczuwają jego ruch tylko podczas startów, lądowań i ewentualnych turbulencji podczas drogi

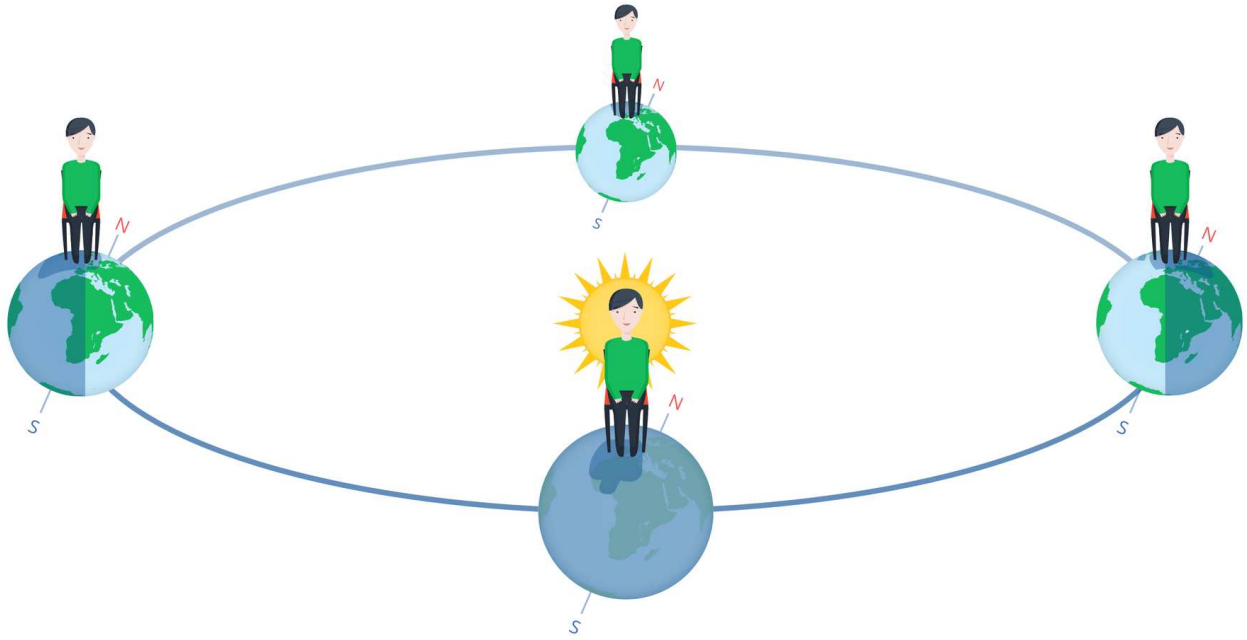
Już potrafisz

- stwierdzić, że wszystko wokół nas jest w bezustannym ruchu: cząsteczki, z których zbudowane są ciała, Ziemia i planety krążące wokół Słońca, a także my sami, gdy idziemy lub jedziemy;
- obliczyć prędkość ciał – dzielić drogę przez czas jej przebycia.

Nauczysz się

- podawać definicję ruchu;
- posługiwać wielkościami opisującymi ruch ciała;
- posługiwać pojęciem układu odniesienia w opisie ruchu;
- podawać i opisywać przykłady względności ruchu w bliskim i dalszym otoczeniu;
- dzielić ruchy na prostoliniowe i krzywoliniowe, a także podawać przykłady takich ruchów.

Pomyśl: jesteś teraz w ruchu czy w spoczynku?



1. Jestem w ruchu czy w spoczynku?

Wszystko wokół nas jest w nieustannym ruchu i ulega ciągłym zmianom. Słynne *panta rhei* („wszystko płynie”)**Heraklita z Efezu**mogłoby stać się mottem**kinematyki** – działu fizyki zajmującego się ruchem**punktu materialnego**. Nieustannie obserwujemy ruch i sami się poruszamy.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Animacja przedstawia dwie kolejki torowe. Tło jasne. Tory ułożone równolegle. Pierwsza kolejka porusza się w prawo, druga (ta niżej) w lewo. W pierwszej scenie w obu kolejkach widać maszynistów. W pierwszej kolejce, w jednym z wagonów, widać pasażerkę. Kolejki przejeżdżają, mijając się. W drugiej scenie kolejki również przejeżdżają, tym razem szybciej. Gdy znajdują się na tej samej wysokości, kolejki zostają zatrzymane. Znajdujące się w nich osoby (maszyniści i pasażerka) zostają zaakcentowani migoczącymi okręgami.

Ćwiczenie 1

Na podstawie animacji odpowiedz, które stwierdzenia uczniów są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Pasażer porusza się względem maszynisty swojego pociągu.	◯	◯
Pasażer porusza się względem maszynisty pociągu nadjeżdżającego z przeciwka.	◯	◯
Siedząc na fotelu w poruszającym się pociągu, pasażer pozostaje w spoczynku względem wszystkich osób podróżujących w obu pociągach.	◯	◯

Kiedy jedziemy autobusem, mijamy przydrożne latarnie i znaki drogowe, a równocześnie znajdujemy się w spoczynku względem innych pasażerów. W pierwszym przypadku naszym**układem odniesienia** są znaki i latarnie, w drugim – pojazd.

Zapamiętaj!

Układ odniesienia to dowolnie wybrane ciało lub ciała, względem których określamy zmiany położenia badanego ciała.

2. Względność ruchu

Ruch i spoczynek to pojęcia względne. Możemy poruszać się względem niektórych układów odniesienia, a jednocześnie pozostawać w spoczynku względem innych.

Ciała mogą pozostawać w spoczynku względem jednego układu odniesienia, a względem innego się poruszać. Zasadę tę nazywamy**względnością ruchu**.

Zapamiętaj!

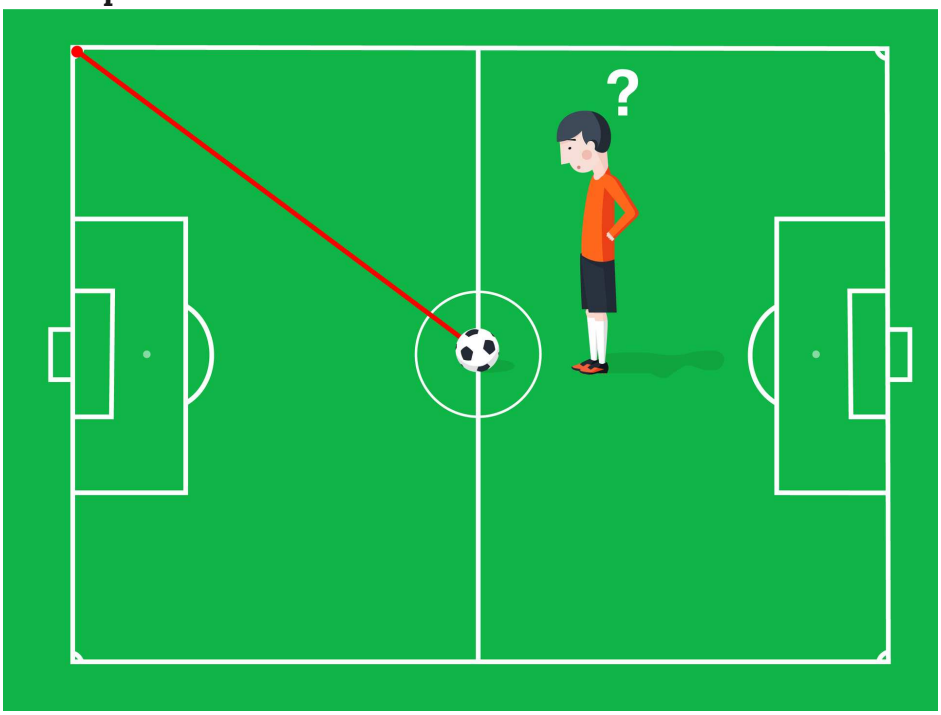
Ruch jest pojęciem względnym. Polega on na zmianie położenia ciała względem wybranego układu odniesienia; zmiana ta zachodzi w czasie.

Ćwiczenie 2

Zaznacz wszystkie poprawne stwierdzenia.

- [ ] Względność ruchu polega na tym, że jego opis nie zależy od wybranego układu odniesienia.
- [ ] Względność ruchu wynika z faktu, że nie istnieje ruch absolutny ani absolutny spoczynek.
- [ ] Względność ruchu polega na tym, że ciało może być zarówno w ruchu, jak i w spoczynku, w zależności od wybranego układu odniesienia.

Pomyśl: jak określić położenie ciała?



Ilu liczb do tego potrzebujemy?

3. Układ współrzędnych

Aby opisać ruch, należy powiązać go z układem odniesienia i wybrać **układ współrzędnych**. W trakcie dalszej nauki będziesz korzystać głównie z **prostokątnego układu współrzędnych**.

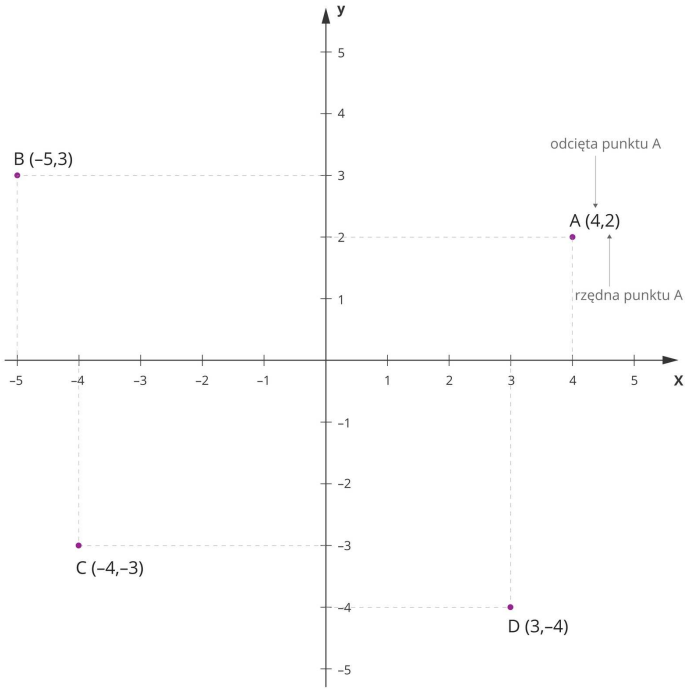
Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Czym jest układ współrzędnych?

Animacja przestawia motocyklistę jadącego na motorze. Tło białe. Na dole animacji narysowano grubą, czarną, poziomą linię. Po lewej stronie, prostopadle do linii, znajduje się tabliczka z napisem „START", po prawej „META". Motocykl i kombinezon motocyklisty barwy żółtej. Kask czarny. Motocyklista rusza sprzed tabliczki „START" i zatrzymuje się za tabliczką „META". U góry pojawia się napis „Jak wyznaczyć położenie motocyklisty?". Po chwili na linii pojawiają się 4 jaśniejsze odbicia motocyklisty. Pierwsze na wysokości tabliczki „START". Pod spodem napis „0 m". Drugie w jednej piątej długości linii, podpisane „20 m". Trzecie w połowie długości, podpisane „50 m". Ostatnie na wysokości tabliczki „META", podpisane „100 m". U góry pojawia się napis: „Względem układu odniesienia związanego z linią startu do wyznaczenie położenie motocyklisty wystarczy jedna liczba.". W kolejnej scenie ukazano tego samego motocyklistę czterokrotnie. Motocyklista znajduje się nad osią. Oś pozioma, zwrot w prawą stronę. Pod grotem litery: „x, m". Na osi skala od 0 do 100, co 10. Pierwsza postać motocyklisty znajduje się nad liczbą 0, druga nad liczbą 20, trzecia nad liczbą 50, czwarta nad liczbą 100. Pojawia się napis: „Położenie motocyklisty w czasie jego ruchu możemy opisać korzystając z układu współrzędnych, który jest osią liczbową z wyróżnionym punktem początkowym (od którego w naszym przykładzie rozpoczynamy ruch), odcinkiem jednostkowym o długości 1 m i zwrotem odpowiadającym kierunkowi ruchu motocyklisty Potrzebujemy tylko jednej współrzędnej". Na dole ukazuje się oś z liczbami od 1 do 20, co 1. W kolejnej scenie pokazuje się ta sama oś. Koło grotu dopisano litery „x, m". Na osią pojawia się napis: „Opisujemy oś liczbową – nadajemy jej nazwę x i jednostkę (metry). Pod osią pojawia się napis: „Teraz możemy nanieść na tak skonstruowany układ współrzędnych kolejne położenia motocyklisty". Po chwili, pod spodem ukazuje się taka sama ość liczbową, nad którą trzykrotnie ukazuje się obraz motocyklisty. Nad liczbami 0, 5 i 10. Nad pierwszym obrazem motocyklisty napisano „A(0)", od spodem „x=0". Nad drugim obrazem „B(5)", pod spodem „x=5". Nad trzecim obrazem „C(10)", pod spodem „x=10". W kolejnej scenie pojawia się napis „Co się stanie, gdy motocyklista będzie poruszał się po placu manewrowym? Ile teraz współrzędnych będzie potrzebnych do opisu jego położenia? Jak skonstruować odpowiedni układ współrzędnych?". Poniżej wdać motocyklistę poruszającego się po torze krzywoliniowym. W następnej scenie pojawia się napis „Prostokątny układ współrzędnych", a pod spodem dwie osie. Osie mają punkt początkowy wspólny, leżą prostopadle do siebie. Oś poziomą oznaczono „x", oś pionową „y". Na obu osich skale ponumerowano od 0 (początek układu współrzędnych) do 5. Na układzie współrzędnym zaznaczono czerwony punkt A. Punkt ma przyjmuje współrzędne (2, 3). W przedostatniej scenie naniesiono na układ współrzędny krzywoliniowy tor ruchu motocyklisty. Dzięki temu można określić jego położenie dwoma liczbami. W ostatniej scenie pojawia się napis: „Każdemu punktowi płaszczyzny zostały przyporządkowane dwie współrzędne, które jednoznacznie określają jego położenie względem pewnego punktu odniesienia (początku układu)." Pod spodem umieszczono

litery: „P (x, y)”. Po chwili, na samym dole ukazuje się napis: „Jak opisać położenie ciała w przestrzeni? Na przykład ruch muchy względem dowolnego narożnika pokoju?”.

Układ współrzędnych prostokątnych na płaszczyźnie ma wyraźnie zaznaczony początek, który jest punktem przecięcia dwóch osi liczbowych. Każda z osi musi być opisana i zakończona strzałką.

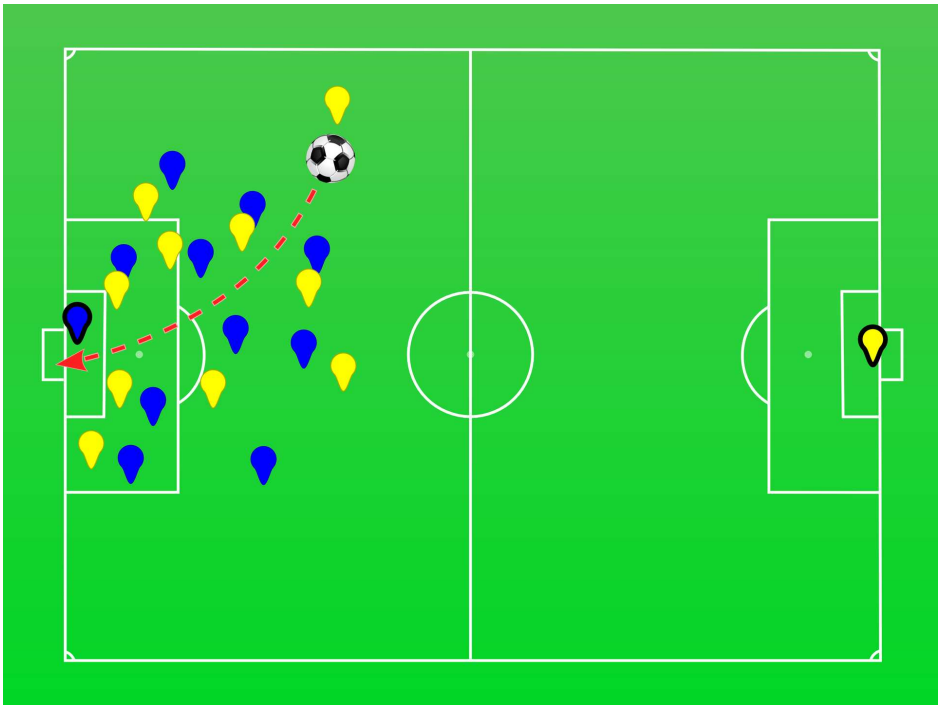


Prostokątny układ współrzędnych na płaszczyźnie

Ćwiczenie 3

Polecenie 1

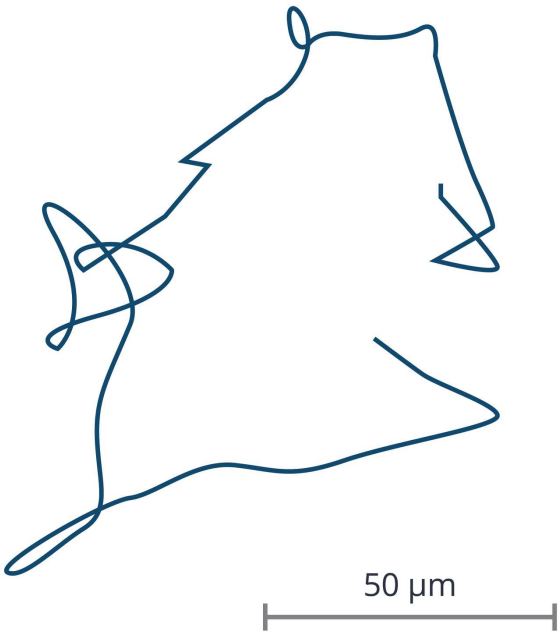
Zawodnik na szkolnym boisku piłkarskim o wymiarach 100 m x 70 m wykonuje rzut wolny. Skorzystaj z ilustracji poniżej i narysuj w zeszycie prostokątny układ współrzędnych. Zaznacz na nim współrzędne położenia piłki i bramkarzy obu drużyn.



Obejrzyj fotografie i zastanów się, czy pociąg, pasażer karuzeli i kierowca samochodu wyścigowego poruszają się po linii prostej, czy też – krzywej?

4. Wielkości opisujące ruch

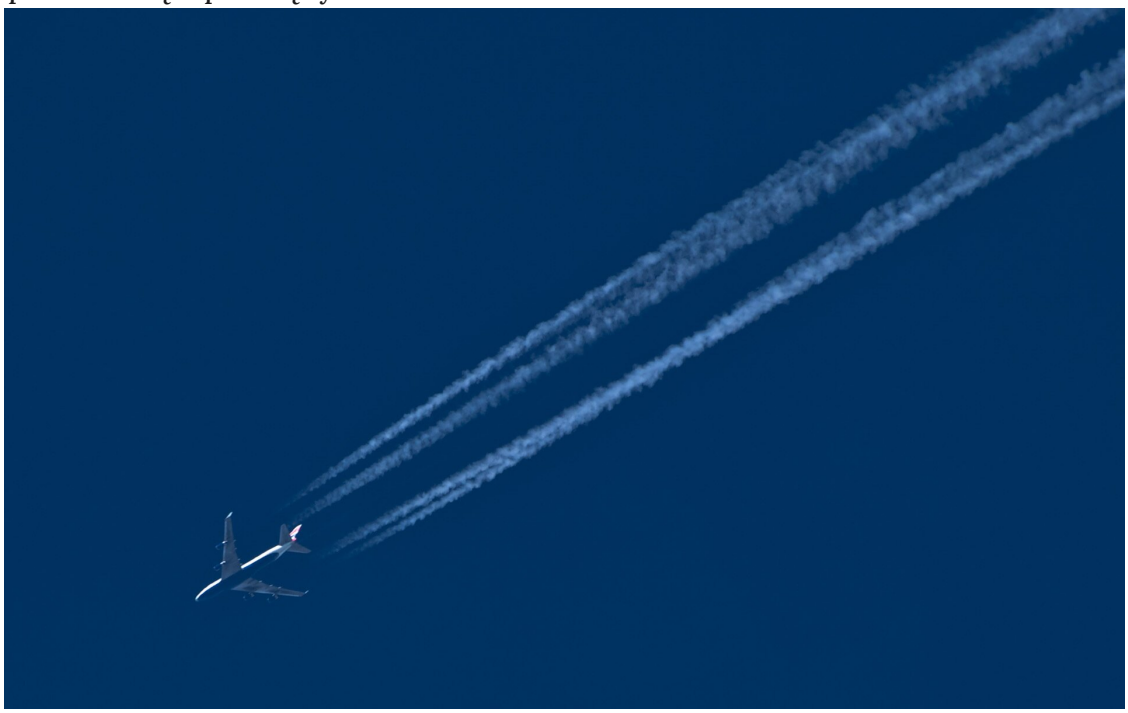
Obserwując ruch danego ciała, zauważamy zmianę jego położenia zachodzącą wraz z upływem czasu. Linia, jaką zakreśla poruszające się ciało, nazywana jest**torem ruchu**. Rysunek poniżej przedstawia tor ruchu bakterii E. coli, obserwowany pod mikroskopem.



Tor ruchu bakterii E. coli, obserwowany pod mikroskopem

> **tor ruchu**
>
> – linia, którą „zakreśla” poruszające się ciało.
> **ruch krzywoliniowy**
>
> – ruch, którego torem jest linia krzywa.

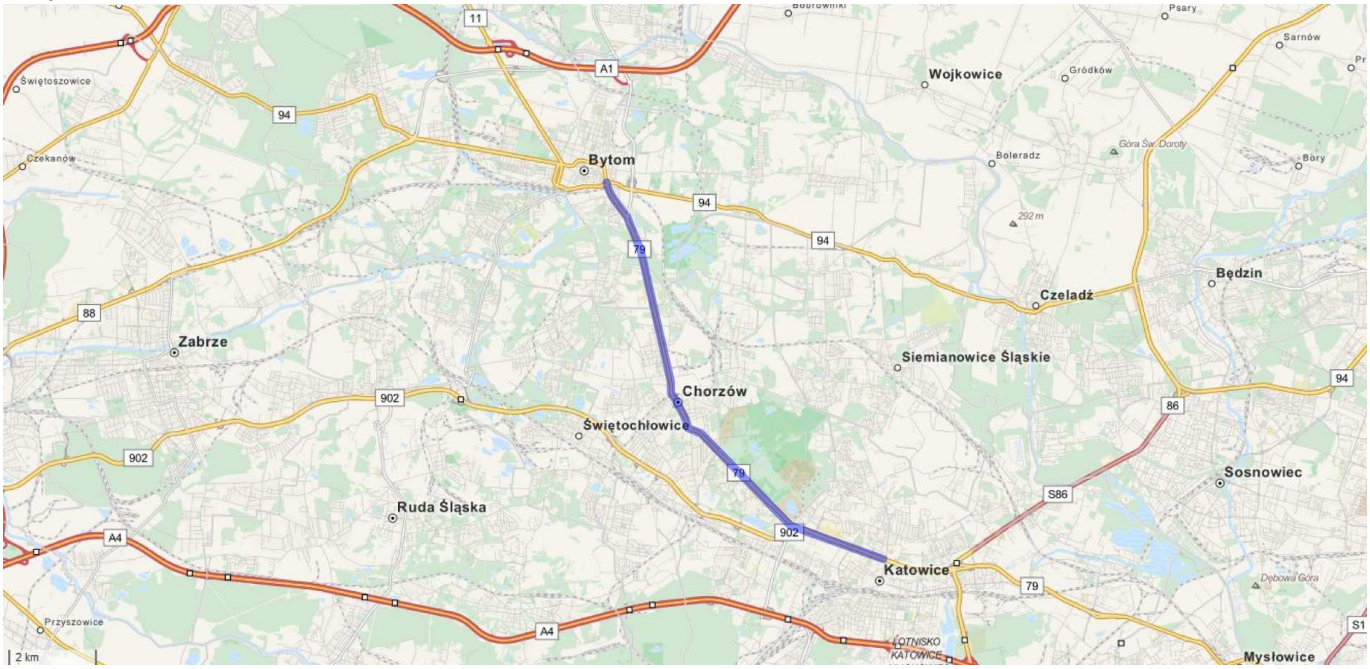
Ruch ciała, którego torem jest linia prosta, nazywamy ruchem prostoliniowym. Takim ruchem porusza się np. lecący samolot.



Smugi kondensacyjne ilustrują tor ruchu lecącego samolotu

Gdy wybieramy się w podróż samochodem, analizujemy mapę i wyznaczamy dokładną trasę podróży. Przyjrzyjmy się tej części mapy, na której widać odcinek łączący Katowice

z Bytomiem.



Droga to długość toru ruchu ciała

Długość fragmentu toru w fizyce nazywana jest**drogą**i oznaczana jest małą literą s.

> **Zapamiętaj!**
>
> Długość toru ruchu to droga (*s*). Jednostką podstawową drogi w układzie SI jest metr.

* Wektor zmieniający się w czasie i opisujący przemieszczenie ciała względem pewnego układu odniesienia, nazywamy **wektorem przemieszczenia**.

> **Ciekawostka**
>
> * Gdy ciało porusza się po torze zamkniętym, droga, którą przebędzie, będzie równa długości krzywej, po której porusza się ciało. Natomiast przemieszczenie wyniesie zero, ponieważ punkt startowy jest tym samym punktem co punkt końcowy podróży – wektor przemieszczenia ma swój początek i koniec w tym samym punkcie. Oznacza to, że długość wektora wynosi zero.

Ćwiczenie 4

Torem ruchu nazywamy:

- ◯ linię prostą zakreśloną przez poruszające się ciało.
- ◯ linię, którą zakreśla poruszające się ciało.
- ◯ drogę przebytą przez ciało.
- ◯ odległość pomiędzy punktem, z którego ciało rozpoczęło ruch, a punktem, w którym ruch zakończyło.

Podsumowanie

- Układ odniesienia to dowolnie wybrane ciało lub ciała, względem których określamy zmiany położenia badanego ciała.
- Ruch polega na zmianie położenia ciała względem wybranego układu odniesienia. Ta zmiana zachodzi w czasie.
- Ruch jest względny, ponieważ to samo ciało (np. człowiek siedzący w jadącym samochodzie) względem jednego uładu odniesienia (np. drzewa) jest w ruchu, a względem innego (np. samochodu) – w spoczynku.
- Aby szczegółowo opisać ruch za pomocą zależności matematycznych, należy powiązać go z układem odniesienia i wybrać układ współrzędnych.
- Podstawowe wielkości fizyczne opisujące ruch to:
    - tor ruchu;
    - prędkość;
    - droga.
- Jednostką drogi (s) w układzie SI jest metr.

Praca domowa

> **Polecenie 2.1**
>
> Podaj trzy przykłady względności ruchu, które nie zostały wymienione podczas tej lekcji.

Polecenie 2.2

* Podaj przykład, w którym droga będzie równa przemieszczeniu, oraz taki, w którym przemieszczenie będzie równe zero, natomiast droga – różna od zera. Przykłady powinny być inne niż te podane w lekcji. Wskazowka: zobacz definicję wektora przemieszczenia.

Polecenie 2.3

Podaj po dwa przykłady ruchu prostoliniowego i ruchu krzywoliniowego.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 5

Wybierz prawidłowe zdanie.

- ◯ To, czy ciało jest w ruchu, czy w spoczynku, nie zależy od wybranego układu odniesienia.
- ◯ Ruch to zmiana położenia ciała względem wybranego układu odniesienia.
- ◯ Jeśli ciało znajduje się w spoczynku względem pewnego układu odniesienia, to także musi się znajdować w spoczynku względem innych układów odniesienia.

Ćwiczenie 6

Na czym polega względność ruchu?

- [ ] Jeśli ciało pozostaje w spoczynku względem pewnego układu odniesienia, względem każdego innego musi się poruszać.
- [ ] Ciało pozostając w spoczynku względem pewnego układu odniesienia, względem innego może się poruszać.
- [ ] Opis ruchu ciała zależy od przyjętego układu odniesienia.
- [ ] Ciała pozostają zawsze w spoczynku.
- [ ] W zależności od układu odniesienia ciało jest w spoczynku lub w ruchu.
- [ ] Ciała pozostają w ciągłym ruchu bez względu na wybór układu odniesienia.

Słowniczek

droga

– długość toru ruchu (*s*), po którym porusza się ciało.

kinematyka

– dział fizyki opisujący ruch ciał, uwzględniający ich prędkość i tor ruchu; nie zajmuje się natomiast przyczynami ruchu, czyli siłami.

przemieszczenie

– wielkość wektorowa; wektor przemieszczenia ma swój początek w położeniu początkowym ciała, a koniec – w położeniu końcowym.

punkt materialny

– pojecie używane w fizyce w stosunku do ciał o bardzo małych rozmiarach lub rozmiarach znacznie mniejszych w porównaniu do odległości do tych ciał. Opisujemy ruch punktu materialnego jako całości - przykładem może być lecący na dużej wysokości samolot, jeżeli w opisie ruchu nie uwzględniamy np. ruchu śmigieł.

ruch prostolinijny

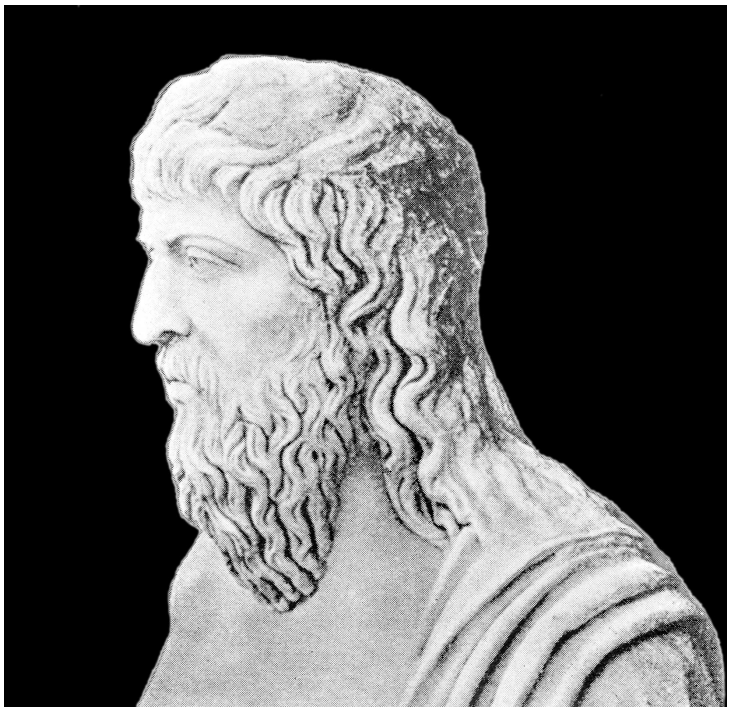
– ruch, którego torem jest linia prosta.
układ odniesienia

– ciało lub ciała, względem których opisuje się położenie poruszającego się ciała.
prostokątny układ współrzędnych (nazywany kartezjańskim)

– układ współrzędnych utworzony przez osie liczbowe, które są do siebie prostopadłe i przecinają się w punkcie wyznaczającym początek układu współrzędnych.
względność ruchu

– ruch lub spoczynek w zależności od wyboru układu odniesienia.

Biogramy



Heraklit z Efezu – twórca koncepcji ciągłej zmiany

Heraklit z Efezu

-540–-480

Filozof grecki zaliczany do jońskich filozofów przyrody. Urodzony w mieście Efez, w Jonii, u wybrzeży Azji Mniejszej. Autor pism kosmologicznych. Najbardziej znanym elementem filozofii Heraklita jest koncepcja zmiany jako centralnego elementu świata (*panta rhei* – „wszystko płynie"), którą odddaje słynne zdanie myśliciela: „Niepodobna wstąpić dwukrotnie do tej samej rzeki" (bo już napłynęły do niej inne wody).

Prędkość i jej jednostki. Odczytywanie prędkości i drogi z wykresów

Bardzo często używasz pojęć szybkość lub prędkość. Mówisz: „Ten samochód porusza się szybciej, a tamten – wolniej (albo jeden porusza się z dużą prędkością, a drugi – z małą)". Kiedy spacerujesz, poruszasz się z mniejszą prędkością, niż kiedy biegniesz po boisku. Kiedy obserwujesz wskazania prędkościomierza w samochodzie, widzisz, że się one zmieniają. Czy zastanawiałeś się, czym jest prędkość?

Dla kierowcy wyścigowego bolidu pojęcie „szybko" znaczy zupełnie coś innego niż dla rowerzysty

Już potrafisz

- uzasadnić na podstawie przykładów, że ruch ciał jest pojęciem względnym;
- podać przykłady układów odniesienia dla danego ruchu;
- podać, w jakich sytuacjach używamy pojęcia „punkt materialny";
- wymienić wielkości opisujące ruch;
- dokonać klasyfikacji ruchów ze względu na ich tor.

Nauczysz się

- odróżniać prędkość średnią od prędkości chwilowej;
- wzorów na prędkość średnią i chwilową;
- posługiwać wykresami zależności prędkości od czasu oraz drogi od czasu;
- wyrażać prędkość w różnych jednostkach.

1. Prędkość średnia i prędkość chwilowa

Kiedy obserwujesz przejeżdżające samochody, możesz zauważyć, że niektóre z nich pokonują te same odcinki drogi w krótszym czasie niż inne auta. Mówisz wówczas, że niektóre samochody poruszały się z większą prędkością. Kiedy jednak opisujesz ruch tych samochodów, widzisz również, że jedne z nich mogą jechać w jedną stronę, a inne – w stronę przeciwną, ale wzdłuż tej samej drogi. Aby opisać ich ruch, nie wystarczy więc powiedzieć, że prędkość wynosi np. 60 km/h. Istotne jest to, wzdłuż jakiej drogi i w którą stronę poruszał się samochód, czyli ważne są: kierunek (prosta, wzdłuż której samochód się porusza) i zwrot (w którą stronę tego kierunku porusza się auto). Prędkość jest wielkością wektorową – ma wartość, kierunek i zwrot. Jeżeli nie zależy ci na pełnym opisie ruchu ciała, to używasz pojęcia **wartość prędkości**. Jest to rzecz jasna wartość wektora prędkości.

> **średnia wartość prędkości**
>
> – wartość, którą uzyskamy, gdy drogę przebytą przez ciało podzielimy przez czas jej przebycia.
> **Zapamiętaj!**
>
> $$\text{średnia wartość prędkości} = \frac{\text{przebyta droga}}{\text{czas przebycia tej drogi}}$$
>
> Jeżeli przyjmiemy następujące oznaczenia:
> $v_{\text{śr}}\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$ – średnia wartość prędkości;
> $\text{s}\ [\text{m}]$ – droga przebyta z tą wartością prędkość;
> $t[\text{s}]$ – czas trwania ruchu (czas przebycia tej drogi);
> to otrzymamy zależność:
>
> $$v_{\text{śr}} = \frac{s}{t}$$

Gdy mówimy, że samochód poruszał się z prędkością o średniej wartości 50 km/h, nie mamy wcale na myśli tego, że jego prędkość na każdym odcinku przebytej drogi była stała i wynosiła dokładanie 50 km/h. Prędkość w czasie jazdy na pewno wielokrotnie ulegała zmianie – samochód jechał raz szybciej, raz wolniej, być może zatrzymał się na skrzyżowaniu, żeby ustąpić pierwszeństwa przejazdu. Prędkościomierz w samochodzie pokazuje wartość prędkości, którą auto ma w danej chwili ruchu. Jest to **prędkość chwilowa**.

> **prędkość chwilowa**
>
> – prędkość ciała w danej chwili ruchu.

Rekord świata w sprincie (w 2009 r.) to przebycie 100-metrowego odcinka w czasie 9,58 s. Wiadomo jednak, że sprinter po starcie nie porusza się od razu z maksymalną prędkością. Na starcie prędkość biegacza wynosi zero, a potem stopniowo rośnie. Maksymalna wartość uzyskana jest po pokonaniu ok. 2/3 dystansu. Wynosi wtedy 45 km/h, czyli 12,5 m/s. Gdyby sprinter biegł cały czas z maksymalną prędkością, to dystans 100 m przebyłby w 8 sekund.

Polecenie 1

Oblicz średnią wartość prędkości rekordzisty (Usaina Bolta) podczas rekordowego biegu.

Ciekawostka

Różnice wartości prędkości ciał poruszających się w przyrodzie
W przyrodzie możemy zaobserwować ruchy odbywające się z różnymi prędkościami, np. dryft kontynentów odbywa się z prędkością ok. $4\ \frac{\text{cm}}{\text{rok}}$, a światło w próżni porusza się z prędkością ok. $300000\frac{\text{km}}{\text{s}}$. Jak widać, różnice prędkości mogą być ogromne.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D16qgGvX3

Zestawienie prędkości poruszających się ciał w przyrodzie

Ćwiczenie 1

Rekord w pływaniu na 100 m stylem dowolnym w 2009 r. należał do Brazylijczyka Césaro Cielo Filho i wynosił 46,91 s. Oblicz prędkość średnią, jaka pozwoliła mu wówczas na ustanowienie rekordu świata i wskaż prawidłową odpowiedź.

- ◯ 2,00 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2,15 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2,17 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2,13 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2,19 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2,07 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2,20 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2,21 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2,10 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Przykład 1

Oblicz średnią prędkość rowerzysty, który podzielił swoją trasę na trzy odcinki. Pierwszy, o długości 10 km, pokonał w 0,5 h, drugi, mający 30 km, przebył w ciągu 2 h. Trzeci odcinek, który miał 5 km, przejechał w 0,5 h. Prędkość wyraź zarówno w $\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$, jak i w $\left[\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right]$. Niezbędne obliczenia wykonaj w zeszycie.

Rozwiązanie:

Dane:

$s_1 = 10\ \mathrm{km}; t_1 = 0{,}5\ \mathrm{h}$

$s_2 = 30\ \mathrm{km}; t_2 = 2\ \mathrm{h}$

$s_3 = 5\ \mathrm{km}; t_3 = 0{,}5\ \mathrm{h}$

Szukane:

$s = ?$

$t = ?$

$v_{\text{śr}} = ?$

Wzory:

$s = s_1 + s_2 + s_3$
$t = t_1 + t_2 + t_3$
$v_{\text{śr}} = \frac{s}{t}$
Obliczenia:
$s = 10\ \text{km} + 30\ \text{km} + 5\ \text{km} = 45\ \text{km}$
$t = 0{,}5\ \text{h} + 2\ \text{h} + 0{,}5\ \text{h} = 3\ \text{h}$
$v_{\text{śr}} = \frac{45\ \text{km}}{3\ \text{h}} = 15\frac{\text{km}}{\text{h}}$
Wyrażenie obliczonej prędkości w $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$:
$15\frac{\text{km}}{\text{h}} = 15\frac{1000\ \text{m}}{3600\ \text{s}} = 15\frac{10\ \text{m}}{36\ \text{s}} = \frac{150\ \text{m}}{36\ \text{s}} = \frac{50\ \text{m}}{12\ \text{s}} = \frac{25\ \text{m}}{6\ \text{s}} = 4\frac{1}{6}\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Odpowiedź: Średnia prędkość rowerzysty wyniosła $15\frac{\text{km}}{\text{h}} = 4\frac{1}{6}\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

2. Wyrażanie prędkości w różnych jednostkach

Wartość prędkości można podawać w różnych jednostkach. Jednostką prędkości w układzie SI jest metr na sekundę $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$. Czasami ze względu na duże wartości prędkości, jakie osiągają np. samochody, wygodniej jest wyrażać prędkość pojazdu w $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Bywa, że chcemy wiedzieć, ile metrów ciało przebywa przez jedną sekundę albo jedną minutę (ślimak przebywa kilka centymetrów w ciągu 1 minuty). W jaki sposób można przeliczyć jedną jednostkę prędkości na inną? Jest na to bardzo prosty sposób.

Przykładowo: dane ciało poruszało się z prędkością o wartości $72\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Jeśli chcemy wyrazić tę wartość w metrach na sekundę, to musimy odpowiedzieć sobie na dwa pytania:
ile metrów przypada na jeden kilometr?
ile sekund zawiera jedna godzina?

Oczywiście, $1\ \text{km} = 1000\ \text{m}$ i $1\ \text{h} = 3600\ \text{s}$.
Gdy zamienimy kilometr na metry, a godzinę – na sekundy, to po wykonaniu obliczeń otrzymamy:

$$72\frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \cdot \frac{1000\ \text{m}}{3600\ \text{s}} = \frac{720\ \text{m}}{36\ \text{s}} = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dzięki zamianie jednostek i prostym obliczeniom otrzymalismy prędkość wyrażoną w jednostkach układu SI, czyli w $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
Podobnie postępujemy, gdy chcemy wyrazić np. $10\frac{\text{m}}{\text{s}}$ w $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Podczas przekształcania jednostek zawsze należy zastanowić się, jaką częścią nowej jednostki jest stara jednostka danej wielkości fizycznej.

$$10\frac{\text{m}}{\text{s}} = 10\frac{\frac{1}{1000}\text{km}}{\frac{1}{3600}\text{h}} = 10\frac{3600}{1000}\frac{\text{km}}{\text{h}} = 10\frac{36}{10}\frac{\text{km}}{\text{h}} = 36\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

W przeliczaniu jednostek pomocna jest poniższa aplikacja.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D16qgGvX3

Przeliczanie jednostek długości i czasu

Ćwiczenie 2

Dopasuj do siebie takie same wartości prędkości wyrażone w różnych jednostkach.

$72\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$	$192\ \frac{\text{cm}}{\text{doba}}$
$15\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$0{,}01\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$8\ \frac{\text{cm}}{\text{h}}$	$20\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$36\ \frac{\text{m}}{\text{h}}$	$54\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$
$540\ 000\ \frac{\text{m}}{\text{h}}$	$0{,}15\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$

3. Wykres zależności wartości prędkości i drogi od czasu

Wielkości fizyczne opisujące zjawiska lub procesy fizyczne wygodniej jest przedstawiać w formie graficznej. Kiedy opisujemy ruch, najczęściej przedstawiamy graficznie zależność

przebytej drogi od czasu $s(t)$, a także sporządzamy wykresy ilustrujące zależność wartości prędkości od czasu $v(t)$.

Polecenie 2

Przebyta droga, czas i prędkość to wielkości ściśle ze sobą związane. Aby się o tym przekonać, zagraj w grę. Spróbuj przetrwać na torze wyścigowym i jednocześnie obserwuj, jak zmieniają się droga i prędkość twojego ruchu.

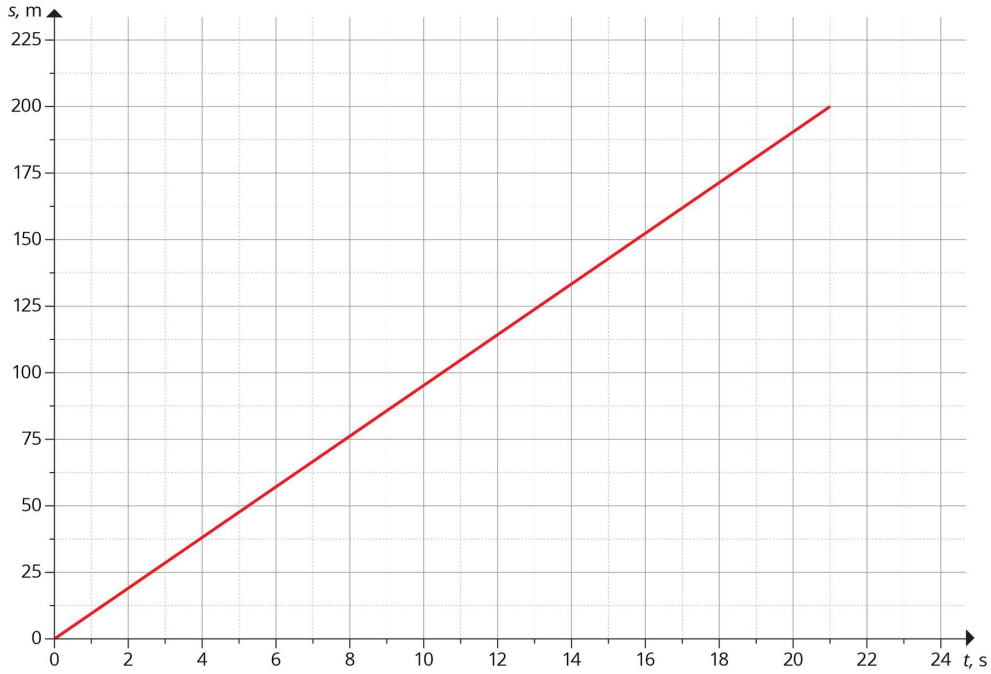
Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D16qgGvX3

Symulator formuły F1

Ćwiczenie 3

Na podstawie poniższego wykresu uzupełnij zdania.

Bieg odbywał się na dystansie [ ] m. Biegacz pokonał swój dystans w czasie [ ] s. Sportowiec w czasie 8 sekund przebył drogę [ ] metrów.



Podsumowanie

1. Jeżeli drogę przebytą przez ciało podzielimy przez czas jej przebycia, to obliczymy średnią wartość prędkości. Oblicza się ją za pomocą wzoru:

$$v_{\text{śr}} = \frac{s}{t},$$

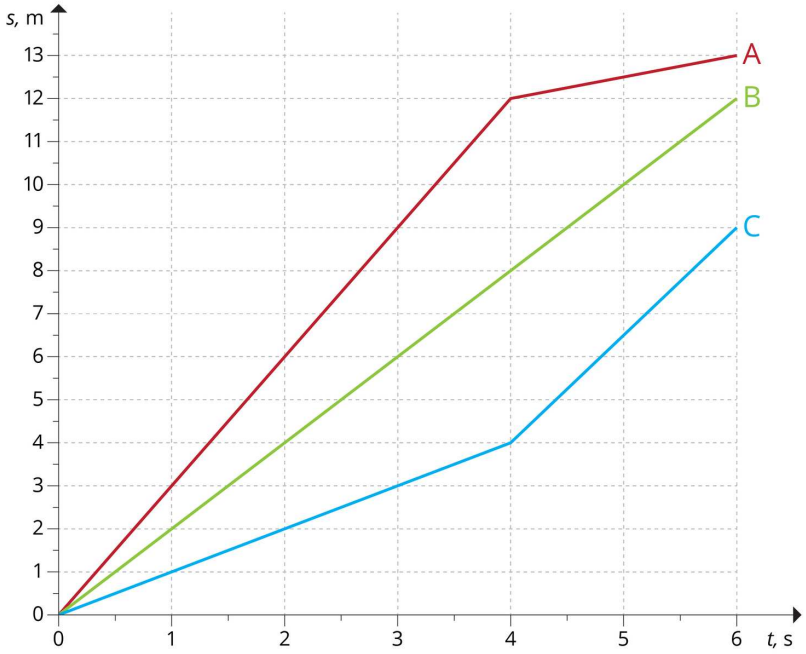
gdzie:
$v_{\text{śr}}\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$ – prędkość średnia;
$s[\text{m}]$ – droga przebyta przez ciało;
$t[\text{s}]$ – czas przebycia drogi (przedział czasu).

1. Prędkość chwilowa to prędkość ciała w danej chwili ruchu (w bardzo krótkim przedziale czasu). Jeśli dokonujemy pomiarów prędkości w długim przedziale czasu, to prędkość średnia zwykle znacznie różni się od prędkości chwilowych. Gdy przedział czasu jest bardzo mały (dąży do zera), to prędkość średnia zbliża się do prędkości chwilowej.
2. Aby przedstawić graficznie zależności pomiędzy wielkościami fizycznymi opisującymi zjawiska lub procesy, posługujemy się wykresami. Wykres zależności drogi od czasu opisujemy jako $s(t)$, a zależność wartości prędkości od czasu – jako $v(t)$. Wykresy niosą wiele interesujących informacji dotyczących przebiegu zjawisk fizycznych. Zawsze, jeśli to możliwe, korzystaj z wykresów!

Praca domowa

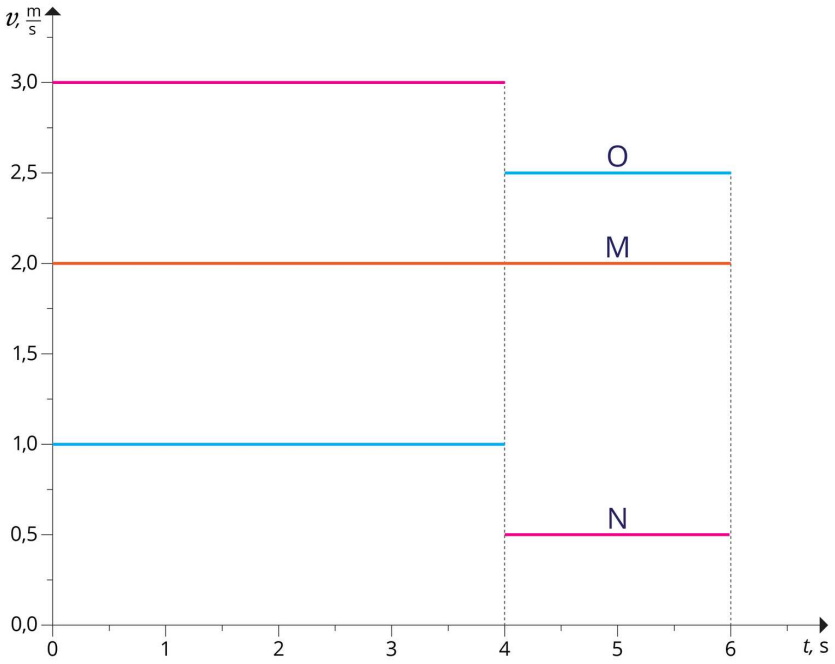
Polecenie 3.1

Na podstawie poniższego wykresu oblicz prędkość trzech ciał na poszczególnych etapach trwania ruchu (w przedziałach 0–4 sekund oraz 4–6 sekund). Jaka jest zależność pomiędzy kątem nachylenia wykresu do osi czasu a wartością prędkości ciał na danym odcinku drogi?



Polecenie 3.2

Na podstawie poniższego wykresu oblicz drogę przebytą przez ciała M, N i O oraz ich średnią prędkość.



Polecenie 3.3

Przelicz wartość prędkości na odpowiednie jednostki:
$340\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \ldots \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{h}}$
$54\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = \ldots \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
$378\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = \ldots \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
$50\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}} = \ldots \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

Zobacz także

- Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności
- Ruch i spoczynek. Względność ruchu

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 4

Ćwiczenie 5

Uzupełnij luki.

Królik przebiegł 100 m w czasie 8 s. Wartość jego prędkości wynosiła [ ] $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Samochód przejechał 2 km w czasie 0,05 h. Jego wartość prędkości wynosiła [ ] $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$.

Samolot myśliwski przeleciał 2000 m w czasie 0,24 min. Jego wartość prędkości wynosiła [ ] $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$.

Wyznaczanie prędkości ruchu na podstawie pomiaru czasu i drogi

Wszystko dookoła nas jest w nieustannym ruchu. Z jaką prędkością mogą przemieszczać się ciała względem wybranego układu odniesienia? Jak wyznaczyć ich prędkość?

Światowe rekordzistki pokonują dystans 400 metrów w 50 sekund – odpowiada to średniej wartości prędkości wynoszącej 29 kilometrów na godzinę

Już potrafisz

- odróżniać drogę od toru ruchu;
- podawać znaczenie pojęć „prędkość średnia” i „prędkość chwilowa”;
- obliczać wartość prędkości ciała;
- wymieniać przykłady jednostek, w których wyrażamy prędkość.

Nauczysz się

- wyznaczać prędkość średnią na podstawie pomiaru czasu i drogi.

Przygotuj przed lekcją:

- taśmę mierniczą;
- stoper lub telefon komórkowy ze stoperem.

Przypomnijmy sobie, czym jest prędkość średnia. Jeżeli drogę podzielimy przez czas jej przebycia, to obliczymy wartość prędkości średniej.

$$\text{średnia wartość prędkości} = \frac{\text{droga przebyta przez ciało}}{\text{czas trwania ruchu}}$$

Jeśli znamy przebytą drogę i czas trwania ruchu, jesteśmy w stanie wyznaczyć średnią wartość prędkości poruszającego się ciała.

Polecenie 1

Obejrzyj poniższy film i oblicz średnią wartość prędkości, z jaką poruszał się zawodnik w biegu na 60 m.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Obliczanie średniej prędkości zawodnika na danym odcinku drogi na podstawie pomiaru czasu

Film przedstawia bieg demonstratora na dystansie 100 metrów na bieżni sportowej. Droga jest znana, a dystans podany w rogu ekranu. W momencie startu zawodnika widz ma za zadanie włączyć stoper i mierzyć czas biegnącego demonstratora. Stoper należy wyłączyć, gdy zawodnik osiągnie metę. Dzięki temu film umożliwia wyznaczenie prędkości biegnącego zawodnika.

Spróbujcie samodzielnie lub w grupach wyznaczyć doświadczalnie wartość prędkości, z jaką porusza się przeciętny człowiek.

Doświadczenie 1

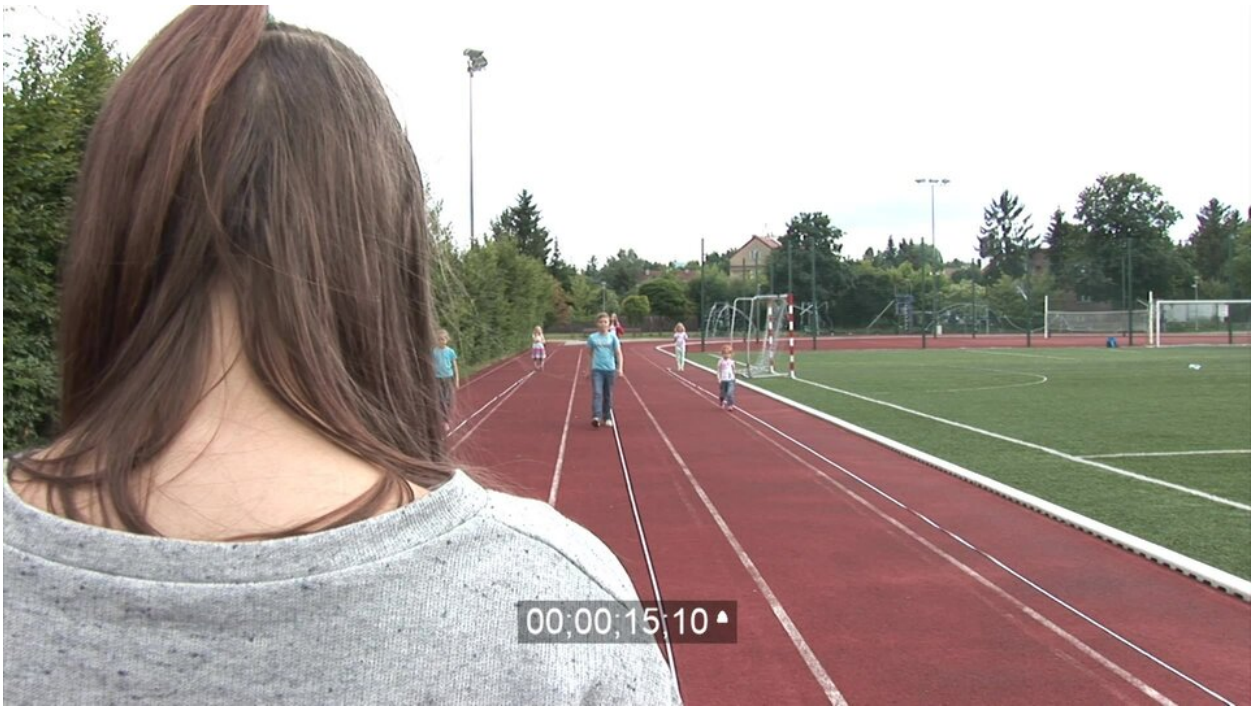
Wyznaczenie prędkości średniej poruszającego się człowieka.

Co będzie potrzebne

- taśma miernicza;
- zegarek, stoper lub telefon komórkowy ze stoperem;
- kreda;
- karta pomiaru.

Instrukcja

- Zastanów się jeszcze przed dokonaniem pomiaru, jakiego wyniku możesz się spodziewać oraz ile kilometrów jesteś w stanie pokonać w ciągu 1-godzinnej pieszej wycieczki (wartość z zakresu od 1 do 10 km/h).
- Zapoznaj się z instrukcją dołączoną do doświadczenia:



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Pomiar prędkości za pomocą taśmy i stopera

Dzieci na podwórku dzielone są na trzyosobowe zespoły. Kamera koncentruje się na pracy jednego trzy osobowego zespołu. Zespół odmierza 30 m odcinek. Na jego końcu i początku ustawiają się uczniowie. Uczeń który ma przejść odcinek stoi obok kolegi na linii (markerze) oznaczającym jego początek. Uczeń na drugim końcu odcinka ma stoper (zbliżenie na stoper). Na znak dany przez ucznia na linii startu, uczeń włącza stoper a jego kolega rozpoczyna marsz. Uczeń osiąga punkt końcowy – jego kolega wyłącza stoper i zapisuje do tabelki w pozycji t_1 wynik. 8a)Wyraźnie widać wartość wpisywanego czasu (zbliżenie). Uczeń na końcu odcinka przekazuje stoper i tabelę pomiarów uczniowi znajdującemu się w punkcie startu. Na znak ręką dany przez kolegę uczeń wraca tą samą drogą jaką przybył (z powrotem) i ponownie dokonywany jest pomiar czasu. Po osiągnięciu końca odcinka kolega wyłącza stoper i zapisuje czas przejścia. Wyraźnie widać (zbliżenie kamery) wartość wpisywanego czasu. Skrócona wersja pomiaru czasu dla dwóch kolejnych osób w zespole (idący drugi uczeń i zapis jego czasu, idący trzeci uczeń i zapis jego czasu przejścia). Za każdym razem zbliżenie na wyznaczone czasy. Uczniowie kolejno pokazują i odczytują zarejestrowane czasy zapisane w tabelce pomiarów.

- Wykonaj odpowiednie obliczenia.

- Porównaj otrzymany wynik z wynikiem przewidywanym (w kilometrach na godzinę) oraz z wynikami uzyskanymi przez koleżanki i kolegów.

Podsumowanie

Człowiek w terenie płaskim porusza się ze średnią prędkością wynoszącą około 5 km/h. Jeśli uzyskany przez ciebie wynik jest bliski tej wartości, to znaczy, że jesteś dobrym piechurem i żadna wycieczka szkolna nie jest dla ciebie przeszkodą.

Podsumowanie

- Jeśli chcemy obliczyć średnią wartość prędkości, musimy znać przebytą drogę i czas potrzebny do jej pokonania. Korzystamy wtedy ze wzoru:

$$\text{średnia wartość prędkości} = \frac{\text{droga}}{\text{czas trwania ruchu}}$$

- Średnia prędkość poruszającego się człowieka w trenie płaskim wynosi około $5\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$, tj. w przybliżeniu $1{,}4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Ciekawostka

Prędkościomierz (szybkościomierz) jest urządzeniem służącym do pomiaru prędkości chwilowej w pojazdach kołowych. Prędkościomierze mogą być: mechaniczne, elektryczne, elektroniczne i oparte na systemach GPS. Prędkościomierze (z wyjątkiem tych działających na podstawie systemów GPS) zliczają iczbę obrotów wykonywanych przez koła poruszającego się pojazdu, dzięki czemu obliczana jest przebyta droga (istotna jest średnica kół – jeżeli ją zmienimy, to licznik będzie pokazywał błędne wartości).

Prędkościomierz w samochodzie

Praca domowa

> **Polecenie 2.1**
>
> Podczas wycieczki rowerowej zmierz czas, w którym udało ci się przejechać odpowiednio długi odcinek drogi bez postojów (nie mniej niż kilka kilometrów). Po powrocie do domu sprawdź na mapie (np. w internecie) długość przebytej drogi i na tej podstawie oblicz wartość średniej prędkości, z jaką się poruszałeś.

> **Zobacz także**
>
> Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:
>
> - Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności
> - Ruch i spoczynek. Względność ruchu

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 1

Wybierz prawidłowe zakończenie zdania. Człowiek, maszerując, przemieszcza się z prędkością o wartości

- ◯ Między 10 a 15 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$
- ◯ Między 1 a 10 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$
- ◯ Między 0,1 a 1 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

Ćwiczenie 2

Wykonaj obliczenia i wybierz poprawną wartość z listy.

Samolot lecący z Londynu do Waszyngtonu pokonuje trasę 5899 km w czasie 7 godzin. Jego prędkość względem Ziemi wynosi [ ] $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

3034 | 234 | 843

Ruch jednostajny prostoliniowy

Często nad głowami widzimy przelatujący po niebie samolot, który pozostawia za sobą smugę – prostą długą linię. Czy wiesz, jak można opisać ten ruch?

Czy na podstawie obserwacji śladu pozostawianego na niebie przez samolot można stwierdzić, jak zmienia się jego prędkość?

Już potrafisz

- uzasadnić, że ruch ciał jest pojęciem względnym;
- odróżniać drogę od toru ruchu;
- podawać znaczenie pojęć „prędkość średnia" i „prędkość chwilowa", odróżniać te wielkości;
- obliczać wartość prędkości i wyrażać ją w różnych jednostkach.

Nauczysz się

- podawać definicję ruchu jednostajnego prostoliniowego;
- przytaczać przykłady ruchu jednostajnego prostoliniowego zaczerpnięte z życia codziennego.

1. Stała prędkość – co to znaczy?

Spróbuj określić reguły rządzące ruchem ciała, które porusza się po linii prostej i ma stałą prędkość. W tym celu przeprowadź doświadczenie.

Doświadczenie 1

Określenie zależności między wielkościami fizycznymi opisującymi ruch prostoliniowy ciał poruzających się ze stałą prędkością.

Co będzie potrzebne

- szklana rurka o długości ok. 1 m i średnicy 1 cm;
- gliceryna (może być woda);
- linijka lub papierowa taśma (o długości 100 cm);
- dwa korki dopasowane do średnicy szklanej rurki;
- stoper.

Instrukcja

1. Szklaną rurkę napełnij cieczą.
2. Pozostaw w rurce niewielki pęcherzyk powietrza.
3. Zamknij oba końce rurki korkami.
4. Przyklej papierową taśmę do ścianki szklanej rurki lub przyłóż do niej linijkę.
5. Odwróć rurkę i obserwuj ruch pęcherzyka powietrza.
6. Na taśmie lub linijce w równych odstępach czasu zaznaczaj położenia pęcherzyka powietrza.

Zależność przebytej drogi od czasu dla pęcherzyka powietrza

$s\ [\mathrm{m}]$										
$t\ [\mathrm{s}]$										
$v\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$										

Podsumowanie

Odcinki drogi, które przebywał poruszający się pęcherzyk, były takie same w równych odstępach czasu.

Zapamiętaj!

W ruchu po linii prostej ciało poruszające się ze stałą prędkością przebywa jednakowe odcinki drogi w równych odstępach czasu. Ruchy ze względu na prędkość, z którą porusza się ciało, dzielimy na jednostajne i zmienne.
ruch jednostajny prostoliniowy

– ruch, którego torem jest linia prosta; a wartość prędkości ciała nie ulega zmianie.

Jeśli ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, prędkość średnia tego ciała równa jest prędkości chwilowej w każdym momencie ruchu.

* Prędkość jest wielkością wektorową. Każdy wektor ma: kierunek, zwrot oraz długość (wartość). Jeśli ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, to każde odstępstwo od toru prostoliniowego spowoduje zmianę kierunku wektora prędkości. Powstały wektor nie jest więc tym samym wektorem co dotychczasowy, mimo że wartość (długość) obu wektorów nie uległa zmianie. Ruch jednostajny prostoliniowy możemy opisać najprościej za pomocą zapisu wektorowego:

$$\overrightarrow{v} = \mathrm{const}$$

Taki zapis oznacza, że prędkość zachowuje stałe: wartość, kierunek i zwrot.

Polecenie 1

Czy jeżdżąc na karuzeli ze stałą prędkością, poruszasz się ruchem jednostajnym prostoliniowym?

> **Wskazówka**
>
> a. Jaki kształt ma tor twojego ruchu?
>
> b. Czy kierunek i zwrot wektora prędkości są zawsze takie same?

Ciekawostka

Jeżeli torem ruchu jest okrąg, to kierunek i zwrot prędkości się zmieniają. Jeżeli jednak wartość prędkości jest stała, to taki ruch nazywać będziemy ruchem jednostajnym po okręgu.

Zauważ, że w ruchu jednostajnym prostoliniowym wartości prędkości średniej i chwilowej są sobie równe.

Zapamiętaj!

Prędkość ciała w ruchu jednostajnym jest równa stosunkowi przebytej do czasu. Prędkość informuje o tym, jaką drogę przebyło ciało w danej jednostce czasu. Prędkość obliczamy za pomocą wzoru::

$$v = \frac{s}{t}$$

gdzie:
$v\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – wartość prędkości ciała;
$s[\mathrm{m}]$ – całkowita droga przebyta przez ciało w czasie t;
$t[\mathrm{s}]$ – czas ruchu ciała.

Polecenie 2

Zabawkowe autko przebyło w czasie 3 sekund drogę o wartości90 cm.

a. Oblicz wartość prędkości autka w $\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$ i w $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

b. Oblicz drogę, jaką przebyłoby autko w czasie 1 minuty, gdyby dalej poruszało się tak, jak w czasie pierwszych 3 sekund swojego ruchu.

Ćwiczenie 1

Zapoznaj się z treścią zadania i uzupełnij puste miejsce.

Spadochroniarz po skoku z samolotu otworzył spadochron na wysokości 1000 m. Od tej chwili opadał ruchem jednostajnym prostoliniowym. Na ziemi wylądował (od momentu otwarcia spadochronu) po czasie 3 minut i 20 sekund.
Oblicz wartość prędkości spadochroniarza w momencie zetknięcia z ziemią.

Wartość prędkości spadochroniarza w momencie zetknięcia z ziemią wynosiła [ ] $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

2. Zależność drogi od czasu w ruchu jednostajnym prostoliniowym

Jeśli ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym od punktu A do punktu B, to droga tego ciała jest równa długości odcinka AB, ponieważ torem ruchu jest linia prosta. Jeżeli szedłeś ze stałą prędkością $4\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ przez dwie godziny, to jaką przebyłeś drogę? Skoro pokonałes drogę równą $4\ \mathrm{km}$ w czasie 1 godziny, to przebyta przez ciebie droga w czasie 2 godzin będzie dwukrotnie dłuższa i wyniesie 8 km.
Czy możesz posłużyć się jakimś wzorem, aby ułatwić sobie obliczenia?

Zapamiętaj!

W ruchu jednostajnym prostoliniowym drogę przebytą przez ciało obliczamy, za pomocą wzoru:

$$s = v \cdot t$$

gdzie:
$s[\mathrm{m}]$ – droga przebyta przez ciało;
$v\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – wartość prędkości ciała;
$t[\mathrm{s}]$ – czas ruchu ciała.

Jeśli znamy długość drogi do przebycia i wartość prędkości, z jaką będziemy jechać, możemy obliczyć czas potrzebny do pokonania tej odległości. W jaki sposób?

Zapamiętaj!

W ruchu jednostajnym prostoliniowym czas ruchu ciała wyznaczamy według wzoru:

$$t = \frac{s}{v}$$

gdzie:
$t[\mathrm{s}]$ – czas trwania ruchu ciała;
$s[\mathrm{m}]$ – droga przebyta przez ciało;
$v\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – wartość prędkości ciała.

Polecenie 3

Jak już wiesz, ruch jest pojęciem względnym. Na rzece, która płynie z prędkością o wartości 2 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ względem brzegów, odbywa się wyścig wioślarzy. Ich łódź może płynąć z prędkością 5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ względem wody. Wyścig odbywa się pomiędzy dwoma mostami odległymi od siebie o 700 m. Oblicz:

a. Czas, po którym drewniana zabawka wrzucona do wody przy jednym z mostów dopłynie do drugiego mostu.

b. Wartość prędkości łodzi względem brzegów podczas płynięcia w dół (z prądem) i w górę rzeki (pod prąd).

c. Czas ruchu łodzi między mostami, gdy płynie ona w dół rzeki i gdy płynie w górę.

Polecenie 4

Wytrawny piechur przemieszcza się w terenie płaskim z prędkością $6\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Oblicz drogę, jaką wędrowiec przebędzie w ciągu 12 godzin od wyjścia, jeżeli zrobi w tym czasie dwie 45-minutowe przerwy w marszu. Czy gdyby wyruszył z Wrocławia, to udałoby mu się dojść w ciągu jednego dnia do leżącej pod Wroclawiem Sobótki? Odległość między miejscowościami odczytaj z mapy samochodowej lub znajdź w internecie.

Polecenie 5

Ile czasu potrzebuje wytrawny rowerzysta, aby przejechać odległość 60 km, jeśli porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym z prędkością $15\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$?

Podsumowanie

- Ruch jednostajny prostoliniowy oznacza, że ciało porusza się ze stałą prędkością po torze będącym linią prostą.
- W ruchu jednostajnym prostoliniowym ciało przebywa jednakowe odcinki drogi w równych odstępach czasu.
- Prędkość zawiera informację o tym, jaką drogę przebyło dane ciało w określonej jednostce czasu. W ruchu jednostajnym prostoliniowym prędkość obliczamy ze wzoru: $v = \frac{s}{t}$, gdzie:
  $v\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – wartość prędkości ciała;
  $s[\mathrm{m}]$ – droga przebyta przez ciało;
  $t[\mathrm{s}]$ – czas ruchu ciała.

Praca domowa

> **Polecenie 6.1**
>
> Podaj trzy przykłady ruchu jednostajnego prostoliniowego, zaczerpnięte z życia codziennego.

> **Polecenie 6.2**
>
> *
> Osada wioślarska płynęła w górę rzeki ruchem jednostajnym prostoliniowym. Odległość między dwoma mostami, wynoszącą 300 m pokonała w czasie 150 s. Ta sama osada w drodze powrotnej przebyła ten sam dystans w czasie 100 s (poruszała się z tą samą prędkością). Oblicz prędkość prądu rzeki.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Prędkość i jej jednostki. Odczytywanie prędkości i drogi z wykresów
- Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 2

Wybierz prawidłowe zdanie.

- ◯ Gdy zmienia się kierunek wektora prędkości a jego wartość jest stała, możemy powiedzieć, że ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.
- ◯ Gdy stały jest kierunek wektora prędkości oraz jego wartość, możemy powiedzieć, że ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.
- ◯ Gdy zmienia się wartość wektora prędkości a jego kierunek jest stały, możemy powiedzieć, że ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

Ćwiczenie 3

Które zdania są prawdziwe a które nie, zakładając, że rowerzysta poruszał się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

	Prawda	Fałsz
W każdej sekundzie trwania ruchu rowerzysta przebędzie taką samą drogę.	◯	◯
W celu obliczenia drogi, jaką przebył rowerzysta, należy przemnożyć wartość jego prędkości przez czas trwania ruchu.	◯	◯
Przebyta droga jest odwrotnie proporcjonalna do czasu trwania ruchu.	◯	◯

Ćwiczenie 4

Torem w ruchu jednostajnym prostoliniowym jest:

- ◯ Dwa odcinki znajdujące się pod kątem prostym.
- ◯ Linia prosta.
- ◯ Linia składająca się z prostych odcinków.
- ◯ Dowolna linia.

Rysowanie i analiza wykresów zależności drogi i prędkości od czasu w ruchu jednostajnym prostoliniowym

Na jednej z poprzednich lekcji odczytywaliście z wykresów prędkość lub przebytą drogę w ruchu jednostajnym. Teraz nauczycie się samodzielnie konstruować takie wykresy. Bedą one służyć do analizowania ruchu jednostajnego lub odróżniania go od innych ruchów.

Wykresy zależności prędkości oraz drogi od czasu są niezbędne przy ustalaniu szczegółów treningu kolarzy

Już potrafisz

- odróżniać drogę od toru ruchu;
- klasyfikować ruchy ze względu na tor i wartość prędkości;
- podawać definicje ruchu jednostajnego i ruchu prostoliniowego;
- obliczać wartość prędkości i wyrażać ją w różnych jednostkach.

Nauczysz się

- rysować (przedstawiać na wykresach) zależności $s(t)$ i $v(t)$ (czyli drogi od czasu i prędkości od czasu) w odniesieniu do ciał poruszających się ruchem jednostajnym prostoliniowym;
- podawać przykłady ruchu ciał poruszających się ruchem jednostajnym prostoliniowym, zaczerpnięte z życia codziennego.

1. Ruch jednostajny prostoliniowy – wykresy

Przypomnijmy, że ruch jednostajny prostoliniowy oznacza, że ciało w każdej sekundzie przebywa odcinki drogi o równej długości (czyli ma stałą prędkość) i porusza się po linii prostej.

Polecenie 1

Poniższa tabela zawiera zależność drogi od czasu dla pewnego ciała. Na podstawie tej tabeli sporządź wykres omawianej zależności.

t, s		2	4	6	8	10	12	14	16
s, m		3	6	9	12	15	18	21	24

Wyjaśnij, dlaczego na wykresie przedstawiony jest ruch jednostajny. Na podstawie wykresu wyznacz wartość prędkości ciała.

Polecenie 2

Dwa zabawkowe samochodziki poruszają się po równoległych torach. W pewnej chwili znajdują się obok siebie. Poniższa tabela przedstawia położenia obu samochodzików mierzone od tej chwili.

Położenie samochodzików mierzone od chwili ich spotkania

t, s		2	4	6	8	10
s_1, m		1	2	3	4	5
s_2, m		2	4	6	8	10

a. Na podstawie danych w tabeli sporządź wykresy (w jednym układzie) zależności drogi od czasu dla obu samochodzików.

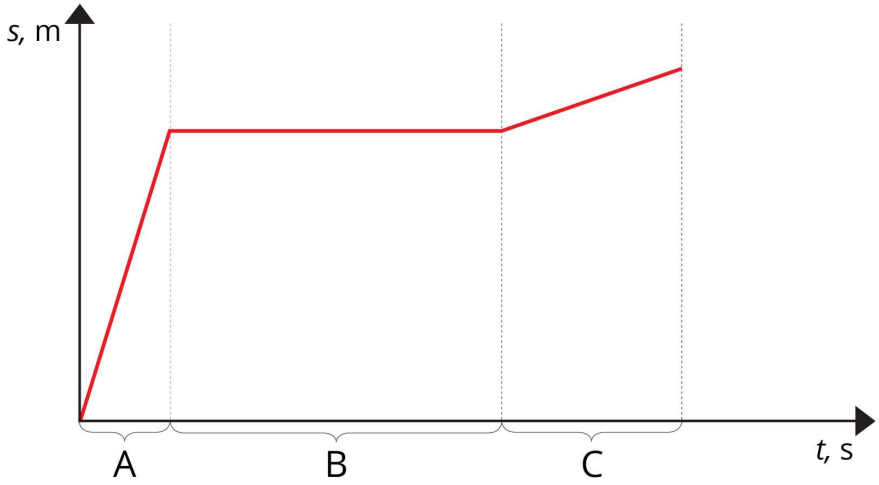
b. Wyjaśnij, dlaczego dane w tabeli i wykres przedstawiają ruch jednostajny.

c. Na podstawie wykresu wyznacz prędkości obu samochodzików.

d. Czy nachylenie wykresów (kąt pomiędzy osią czasu a wykresem) zależą od wartości prędkości ciała? Jeśli tak, to w jaki sposób?

Zapamiętaj!

Jeżeli na wykresie zależności drogi od czasu mamy przedstawiony ruch 2 pojazdów, to dla pojazdu poruszającego się z prędkością o większej wartości nachylenie wykresu $s(t)$ do osi czasu jest większe; wykres jest bardziej stromy.

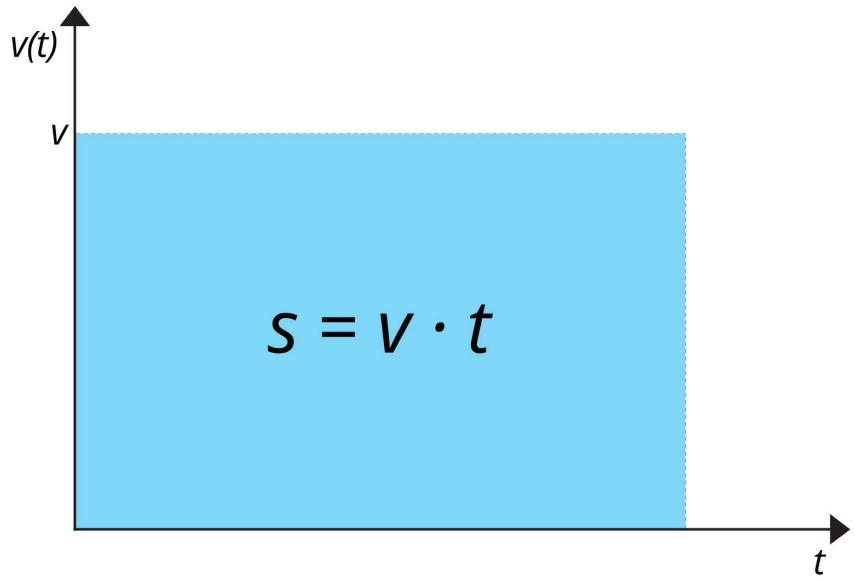


Ćwiczenie 1.1

Na podstawie powyższego wykresu określ, w którym przedziale czasu (A, B czy C) ciało poruszało się z prędkością o największej wartości.

- C
- A
- B

Analiza wykresu zależności prędkości od czasu $v(t)$ prowadzi do kolejnych interesujących wniosków. Na podstawie wykresu możemy wyznaczyć drogę przebytą przez poruszające się ciało. Jak to zrobić? Dla wybranego przedziału czasowego należy obliczyć pole powierzchni prostokąta utworzonego pod wykresem zależności $v(t)$.



Na wykresie $v(t)$ pole powierzchni pod wykresem odpowiada drodze przebytej przez poruszające się ciało

Polecenie 3

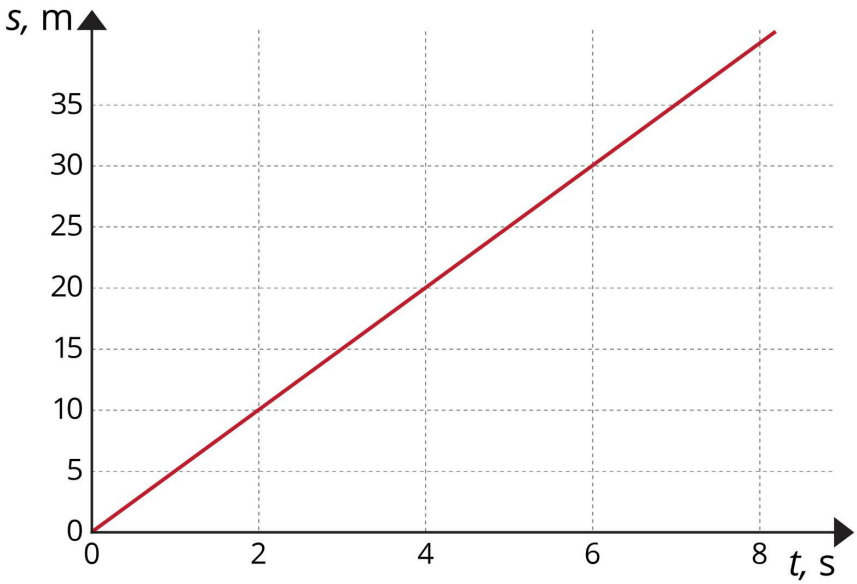
Użyj poniższej aplikacji i na podstawie wykresu zależności prędkości od czasu oblicz drogę.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D11WvCxv4

Za pomocą aplikacji oblicz drogę na podstawie wykresu zależności $v(t)$

Na podstawie wykresu zależności drogi od czasu $s(t)$ możemy obliczyć wartość prędkości przemieszczającego się ciała. W jaki sposób to zrobić? Wystarczy odczytać drogę przebytą

przez ciało i podzielić ją przez czas jego ruchu.



Wyznaczanie prędkości na podstawie wykresu zależności $s(t)$

Ćwiczenie 2.1

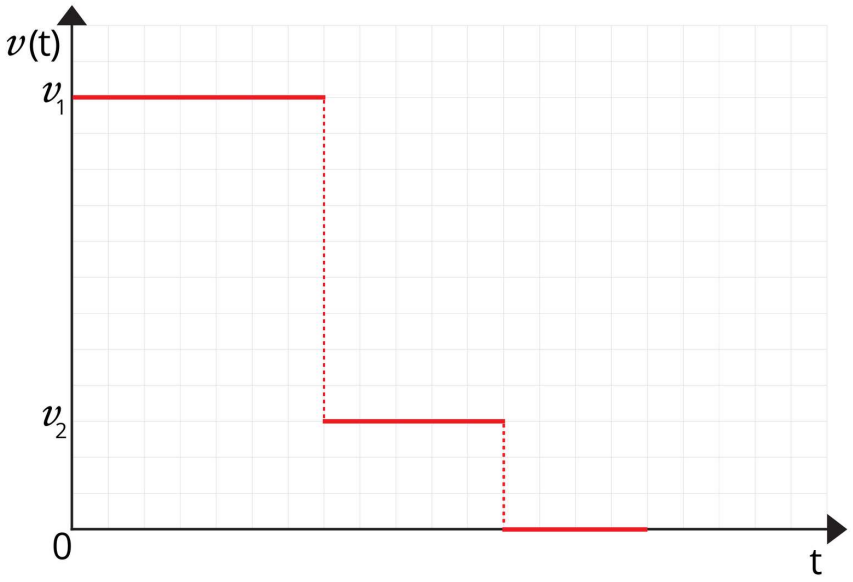
Uzupełnij puste miejsce.

Z powyższego wykresu wynika, że ciało poruszało się z prędkością o wartości

$\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Polecenie 4

Na poniższym wykresie przedstawiono zależność prędkości od czasu $v(t)$ dla ciała poruszającego się ruchem prostoliniowym złożonym, który składa się z trzech etapów. Na poszczególnych etapach prędkość ma stałą wartość. Narysuj wykres zależności drogi od czasu $s(t)$ dla ruchu tego ciała. Uwzględnij wszystkie etapy.
Przyjmij, że 1 kratka na wykresie to 1 sekunda na osi poziomej i 1 metr na sekundę na osi pionowej.



Podsumowanie

- Ruch jednostajny prostoliniowy przedstawiamy graficznie za pomocą wykresów zależności drogi od czasu $s(t)$ oraz prędkości od czasu $v(t)$.
- Wykresy drogi od czasu $s(t)$ i prędkości od czasu $v(t)$ są ze sobą ściśle związane.
- Im większy kąt nachylenia wykresu $s(t)$ do osi czasu, tym wieksza prędkość, z jaką porusza się ciało.
- Jeśli w badanym przedziale czasu wykres zależności $s(t)$ będzie linią poziomą, to odpowiadający mu wykres zależności $v(t)$ będzie przedstawiał prostą leżącą na osi czasu.
- Aby wyznaczyć drogę na podstawie wykresu zależności $v(t)$ dla wybranego przedziału czasowego, należy obliczyć pole powierzchni prostokąta utworzonego pod wykresem $v(t)$.

- Wykres zależności drogi od czasu $s(t)$ pozwala obliczyć prędkość przemieszczającego się ciała. W tym celu należy odczytać z wykresu drogę przebytą przez ciało i podzielić ją przez czas, w którym ta droga została przebyta. Następnie trzeba podzielić odczytaną drogę przez odczytany czas.

Praca domowa

Polecenie 5.1

Narysuj wykres zależności prędkości od czasu ruchu składającego się z trzech kolejnych etapów:

a. Ciało poruszało się z prędkością o wartości 4 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w czasie 10 min.

b. Ciało poruszało się z prędkością o wartości 1,5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w czasie 2 min.

c. Ciało poruszało się z prędkością o wartości 5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w czasie 6 min.

Narysuj odpowiedni wykres zależności drogi od czasu dla tego ruchu.

Polecenie 5.2

Jak będzie wyglądać wykres zależności drogi od czasu, gdy ciało w pierwszych 5 sekundach ruchu przebyło 2 metry, w kolejnych 3 sekundach – 1 metr i w czasie następnych 8 sekund – 6 metrów? Na podstawie wykresu zależności drogi od czasu narysuj wykres prędkości od czasu dla tego ruchu.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

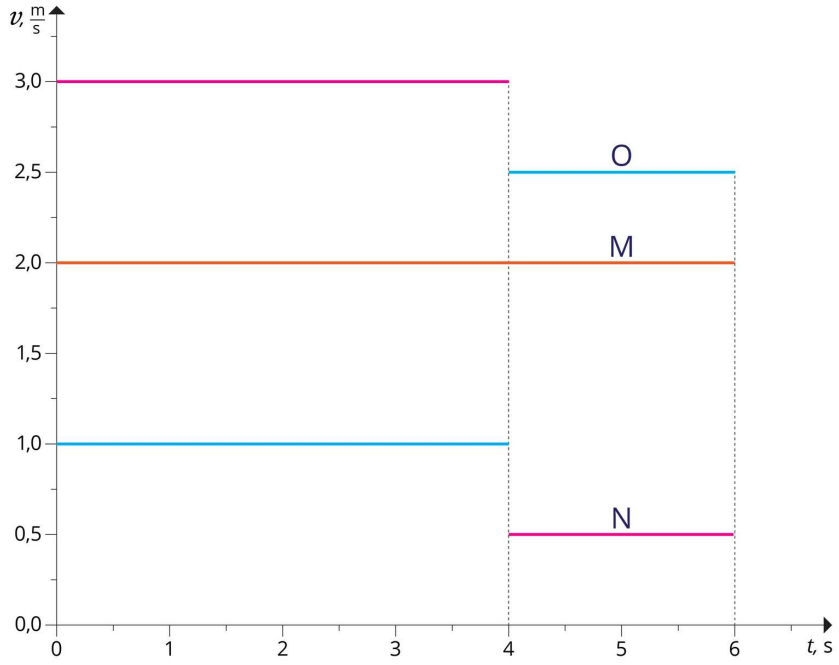
- Ruch jednostajny prostoliniowy

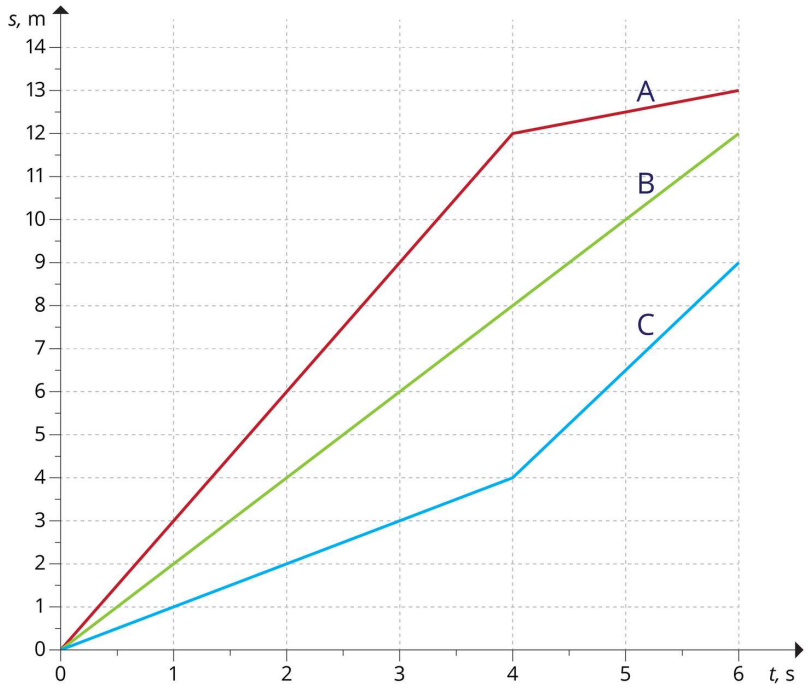
Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 3

Na jednym wykresie narysowano zależność drogi od czasu dla dwóch poruszających się ciał. Które z poniższych zdań jest prawdziwe dla tej sytuacji?

- ◯ Im większy kąt między wykresem zależności drogi od czasu a osią czasu w ruchu jednostajnym prostoliniowym, tym mniejsza jest wartość prędkości w tym ruchu.
- ◯ Im mniejszy kąt między wykresem zależności drogi od czasu a osią czasu w ruchu jednostajnym prostoliniowym, tym mniejsza jest wartość prędkości w tym ruchu.
- ◯ Im mniejszy kąt między wykresem zależności drogi od czasu a osią czasu w ruchu jednostajnym prostoliniowym, tym większa jest wartość prędkości w tym ruchu.





Ćwiczenie 4.1

Połącz w pary wykresy zależności drogi i prędkości od czasu dla tego samego ruchu.

M	B
O	C
N	A

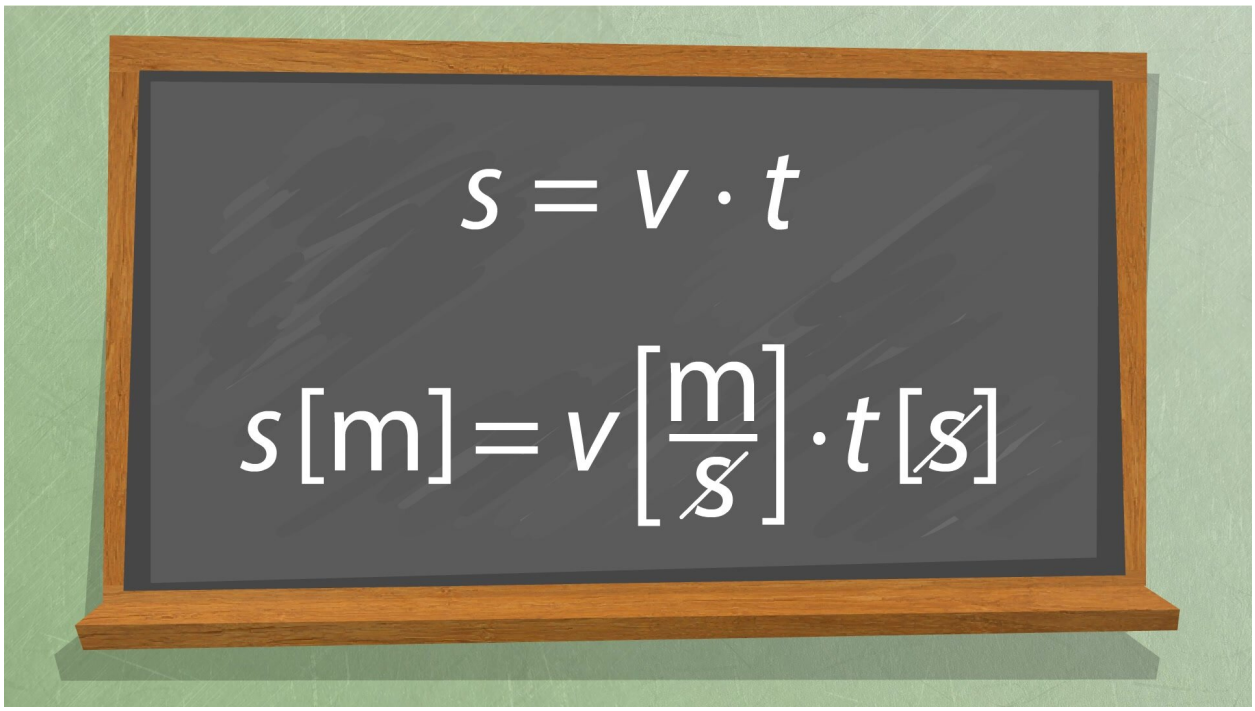
Ćwiczenie 5

Uzupełnij puste miejsce.

Pole powierzchni pod wykresem zależności prędkości od czasu jest równe _____ przebytej przez ciało w tym ruchu.

Rozwiązywanie zadań dotyczących ruchu jednostajnego prostoliniowego

Obliczenia są kluczem do sukcesu w niemal wszystkich dziedzinach nauki i techniki. Bez znajomości konkretnej wartości sił działających na most nie moglibyśmy przewidzieć, czy bezpiecznie dostaniemy się na drugi brzeg rzeki, a bez umiejętności obliczenia prędkości – kiedy osiągniemy wyznaczony cel podróży. Naszą naukę rozpoczniemy od rozwiązywania zadań dotyczących ruchu jednostajnego prostoliniowego.



Zadania związane z ruchem jednostajnym prostoliniowym nie są trudne – zwykle sprowadzają się do jednego działania połączonego ze skracaniem jednostek

Już potrafisz

- klasyfikować ruchy ciał ze względu na ich tor i prędkość;
- opisywać ruch jednostajny prostoliniowy;
- obliczać drogę, prędkość i czas w ruchu jednostajnym prostoliniowym;
- wymieniać przykłady jednostek, w jakich wyrażamy prędkość;
- obliczać wartość prędkości w różnych jednostkach;
- graficznie przedstawiać zależność przebytej drogi od czasu $s(t)$ i prędkości od czasu $v(t)$ w ruchu jednostajnym;
- graficznie przedstawiać drogę przebytą przez ciało poruszające się ruchem jednostajnym – jako pole powierzchni pod wykresem zależności prędkości od czasu.

Nauczysz się

- rozwiązywać zadania dotyczące ruchu jednostajnego prostoliniowego.

Podczas rozwiązywania zadań z fizyki ważne jest, aby dokonać poprawnej analizy zjawiska, zdefiniować związane z nim wielkości fizyczne i skorzystać z poprawnych wzorów. Jak to wszystko zapamiętać? Trzeba śledzić przykłady i rozwiązywać zadania!

Polecenie 1

W ciągu 2 minut samochód przejechał ruchem jednostajnym 4 km. Oblicz prędkość samochodu. Wynik podaj w kilometrach na godzinę.

> **Wskazówka**
>
> Zapisz odpowiednią zależność (wzór) dla takiego ruchu. Zobacz, które wielkości znasz z treści zadania, a które musisz obliczyć. Zapisz dane i szukane, a następnie wykonaj potrzebne obliczenia.

Polecenie 2

Oblicz drogę przebytą przez pociąg w ciągu 5 sekund, jeżeli jechał on z prędkością 36 km/h. Wynik podaj w metrach.

Polecenie 3

Oblicz, ile czasu zajęło rowerzyście przejechanie 12 km. Rowerzysta poruszał się z prędkością 15 m/s.

Podsumowanie

- Drogę s w ruchujednostajnym prostoliniowym obliczamy za pomocą wzoru: $s = v \cdot t$.
- Wzór na prędkość w ruchu jednostajnym prostoliniowym: $v = \frac{s}{t}$
- Wzór na czas w ruchu jednostajnym prostoliniowym:
  $t = \frac{s}{v}$

- W zapamiętaniu powyższych wzorów pomoże ci film, który pokazuje, jak można je wyprowadzić.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak przekształcać wzory?

Jak przekształcać wzory?

Praca domowa

Polecenie 4.1

Oblicz drogę, którą w ciągu 5 sekund przebyło ciało poruszające się ze stałą prędkością 30 m/s.

Polecenie 4.2

Oblicz średnią wartość prędkości, jaką miało ciało, które przebyło drogę o długości 40 km w czasie 30 min. Wynik podaj w metrach na sekundę z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Polecenie 4.3

Oblicz, ile czasu potrzeba do tego, aby samochód poruszający się ze stałą prędkością 80 km/h przebył drogę 123 km.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Ruch jednostajny prostoliniowy

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 1

Który zestaw wzorów jest prawidłowy?

- $s = \frac{v}{t};\ v = s \cdot t;\ t = \frac{v}{s}$
- $v = \frac{s}{t};\ t = \frac{v}{s};\ s = v \cdot t;$
- $s = v \cdot t;\ t = \frac{s}{v};\ v = \frac{s}{t}$

Ćwiczenie 2

Uzupełnij puste miejsce.

Motocyklista przejechał drogę wynosząca 168 km w czasie 80 min. Oznacza to, że wartość średniej prędkości wynosiła [ ] $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Ruch zmienny prostoliniowy. Przyspieszenie. Prędkość średnia i chwilowa

Na co dzień raczej rzadko mamy do czynienia z jazdą ze stałą prędkością. Dużo częściej spotykasz sytuacje, w których jedziesz coraz szybciej (np. podczas ruszania) lub coraz wolniej (np. podczas hamowania). Podczas tej lekcji będziemy opisywać ruch odbywający się po linii prostej, ale ze zmienną prędkością.

Kula przebijająca opakowanie jogurtu porusza się z malejącą prędkością

Już potrafisz

- odróżniać drogę od toru ruchu;
- klasyfikować ruchy ze względu na tor i wartość prędkości;
- podawać definicje ruchu jednostajnego i ruchu prostoliniowego;
- obliczać wartość prędkości i wyrażać ją w różnych jednostkach;
- obliczać wartość wielkości opisujących ruch jednostajny: drogę, prędkość oraz czas;
- sporządzać wykresy zależności drogi od czasu $s(t)$ i prędkości od czasu $v(t)$ dla ruchu jednostajnego prostoliniowego;
- uzasadniać, dlaczego prędkość jest wielkością wektorową.

Nauczysz się

- podawać definicję ruchu zmiennego;
- odróżniać ruch przyspieszony od opóźnionego;
- podawać definicję przyspieszenia i obliczać jego wartość.

1. Co to jest ruch zmienny?

Znasz już pojęcie ruchu jednostajnego prostoliniowego. Prędkość w tym ruchu jest stała. W życiu codziennym masz jednak częściej do czynienia z sytuacją, w której zmianie ulegają zarówno wartość samej prędkości, jak i kierunek ruchu ciała. Nasze rozważania podczas tej lekcji ograniczymy do analizy ruchów, w których torem jest linia prosta, a prędkość będzie się zmieniać – rosnąć lub maleć.

ruch zmienny

– ruch, w którym dochodzi do zmian wartości prędkości.

ruchy przyspieszony

– ruch, w trakcie którego prędkość ciała rośnie.

ruch opóźniony

– ruch, w trakcie którego prędkość ciała maleje.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/Df9pgJhuh

Czym charakteryzuje się ruch zmienny?

Polecenie 1

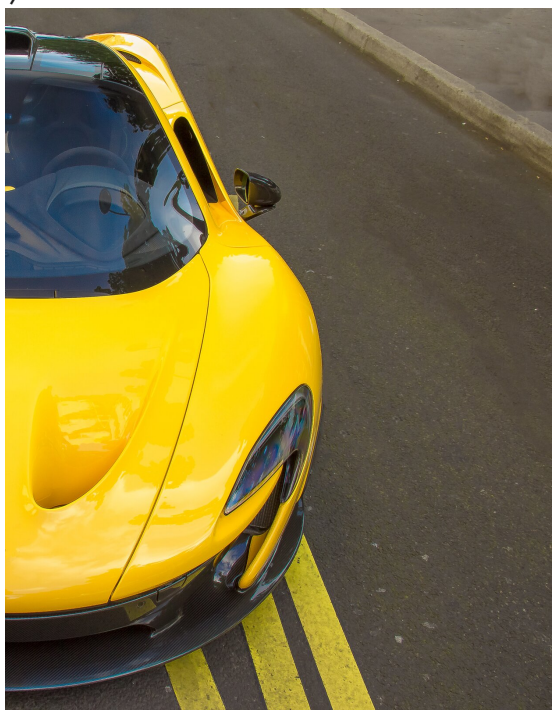
Podaj po trzy przykłady ruchu przyspieszonego i opóźnionego, które możesz zaobserwować w otaczającym cię świecie.

Wskazówka

Posłuż się definicjami ruchu przyspieszonego i opóźnionego.

2. Przyspieszenie

W Stanach Zjednoczonych Ameryki, a ostatnio również w Polsce, popularne są wyścigi samochodowe na dystansie ¼ mili, tj. 402,336 m. Kiedy samochody mijają metę, często jadą z prędkością ponad 200 km/h.



Najlepsze samochody sportowe przebywają dystans ¼ mili w czasie krótszym niż 10 s

Wyścigu na ¼ mili nie musi koniecznie wygrać samochód o największej prędkości maksymalnej; zwycięży ten, który w najkrótszym czasie osiągnie największą prędkość.

> **przyspieszenie**
>
> – wielkość fizyczna opisująca zmianę wartości prędkości ciała w jednostce czasu.
>
> $$\text{przyspieszenie} = \frac{\text{zmiana wartości prędkości}}{\text{przedział czasu}}$$
>
> $$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Podczas zmiany prędkości mamy do czynienia z dwiema wartościami: początkową i końcową. Przykładowo: samochód jedzie z prędkością 20 m/s, kierowca przyspiesza i samochód osiąga prędkość 30 m/s. Zmiana prędkości zawsze będzie obliczana jako różnica wartości końcowej i początkowej. W tym przypadku zmiana prędkości Δv = 30 m/s – 20 m/s = 10 m/s. Zmiana jest dodatnia, co oznacza, że wartość prędkości wzrosła, czyli przyspieszenie ciała jest dodatnie.

> **Zapamiętaj!**

W fizyce do oznaczania zmian wielkości fizycznych stosuje się grecką literkę Δ (delta), odpowiadającą polskiej literze D. Przykładowo: zmianę prędkości (przyrost lub spadek) oznaczymy jako Δv. Natomiast Δt to przedział czasu, w którym następuje zmiana prędkości.

*Przyspieszenie jako wielkość wektorowa

W jakich jednostkach wyrażamy przyspieszenie? Jeżeli jednostką zmiany prędkości jest $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, a jednostką czasu – sekunda, to na podstawie wzoru na przyspieszenie:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

otrzymujemy:

$$\frac{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot \frac{1}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Z naszych obliczeń wynika, że jednostką przyspieszenia jest $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (metr na sekundę kwadrat).

Zapamiętaj!

Przyspieszenie jeden metr na sekundę do kwadratu ($1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$) informuje nas o tym, że prędkość ciała wzrosła o jeden metr na sekundę w czasie jednej sekundy. Jeżeli przyspieszenie wynosi $3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, prędkość wzrasta o $3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w ciągu każdej sekundy.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak obliczyć przyspieszenie?

Animacja przedstawiająca wzór na przyspieszenie. Najpierw wzór słowny. Potem wzór, który zawiera oznaczenia literowe. Pojawia się legenda. Potem opisane w jakich jednostkach liczy się przyspieszenie.

Przykład 1

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak obliczyć wartość przyspieszenia pociągu osobowego?

Prezentowany jest animowany pociąg osobowy w centrum ekranu. Nad pociągiem zegar do odliczania czasu (stylizowany na peronowy, starego typu wskazówkowy). Na lokomotywie widoczny duży prędkościomierz w km/h. Pociąg rusza. Z przodu lokomotywy pojawia się poziomy wektor prędkości narastający stosownie do prędkości aktualnej. Zegar zaczyna odliczać czas w chwili ruszenia (liczy szybciej niż normalny upływ czasu). Prędkościomierz na lokomotywie płynnie zmienia wskazania od zera do 72 km/h. Zegar zatrzymuje się na 40 sekundach. Prędkościomierz na lokomotywie pokazuje wtedy 72 km/h. Wektor prędkości lokomotywy ma odpowiednią długość, która już nie narasta. Po lewej stronie ekranu wyświetlone zostają dane zadania, zgodnie treścią lektora.

Przykład 2

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak obliczyć wartość przyspieszenia, które pocisk uzyskał w lufie karabinu?

Prezentowana jest krótka scenka filmowa ze strzelnicy. Zawodnik strzela z karabinu w postawie stojącej. Widać moment oddania strzału. Scenka z 2 znika, animowany grafika przedstawiająca przekrój karabinu (schematyczny), lufa (w przekroju) reszta symbolicznie. Obok karabinu zegar cyfrowy mogący pokazywać dziesięciotysięczne części sekundy. Na początku lufy pocisk, słychać strzał, pocisk rusza do przodu pojawia się narastający wektor prędkości pocisku bez opisu. Z chwilą strzału rusza zegar. Gdy pocisk wylatuje z lufy stopklatka. Na rysunku pojawiają się dane: wektor prędkości pocisku opisany v = 800 m/s, zegar pokazuje czas 0,001 s. Po lewej stronie ekranu pokazują się dane do zadania, oraz wartość szukana.

Przykład 3

Kiedy podczas wyścigu samochód przejeżdżał przez końcowy punkt kontrolny, jechał z prędkością 211 km/h. Czas przejazdu od startu wyniósł 11,2 s. Oblicz wartość przyspieszenia samochodu.

Rozwiązanie:

Analiza zadania – zjawisko: ruch przyspieszony

Definicja przyspieszenia:

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Wymagane wielkości:

Δv i $\Delta \mathrm{t}$

$\Delta v = v_{\mathrm{k}} - v_{\mathrm{p}}$

Dane:

$v_p = 0 \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

$v_k = 211 \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

$\Delta t = 11{,}2\ \mathrm{s}$

Szukane:

przyspieszenie a

Obliczenia:

$\Delta v = v_{\mathrm{k}} - v_{\mathrm{p}} = (211 - 0) \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 211 \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 211 \cdot \frac{1000}{3600} \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 58{,}6 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$\Delta t = 11{,}2\ \mathrm{s}$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{58{,}1}{11{,}2} \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 5{,}2 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Odpowiedź:

Przyspieszenie samochodu w czasie wyścigu wynosiło około $5{,}2 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

opóźnienie

– przyspieszenie o wartości ujemnej. Pojawia się, gdy ciało zmniejsza prędkość swojego ruchu (hamuje).

Obliczmy wspólnie wartość przyspieszenia ciała, które zmniejsza wartość swojej prędkości z 30 do 20 m/s. Zmiana prędkości zawsze będzie obliczana jako różnica wartości końcowej i początkowej. W tym przypadku v = 20 m/s – 30 m/s = –10 m/s. Widzimy, że zmiana jest ujemna, co oznacza, że wartość prędkości zmalała. Wynika z tego również, że wartość przyspieszenia ciała $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ jest ujemna.

Przykład 4

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak obliczyć opóźnienie ciała?

Prezentowana jest statyczny rysunek samochodu „zapierającego" się kołami w asfalt, na kolejnym ekranie samochód ożywa – porusza się po poziomej drodze pozostając w centrum ekranu. Nad samochodem pojawia się zegar do odliczania czasu. Na samochodzie „z wierzchu" (na jego boku) widoczny duży prędkościomierz w km/h (pokazuje 72 km/h). Rusza zegar, samochód zwalnia prędkościomierz na boku samochodu pokazuje aktualną, coraz mniejszą prędkość (zwalnianie jednostajne). Gdy zegar pokazuje 10 s samochód staje, prędkościomierz pokazuje 0 km/h. Stop klatka. Wyświetlony zostaje ekran z rysunkiem zatrzymanego samochodu i wskazaniami obu „zegarów". Po lewej stronie ekranu pokazują się: Dane: vpoczątkowa = 72, vkońcowa = 0, t = 10 s. Szukane: a. Obraz samochodu znika robiąc miejsce na ekranie, dane uzupełniają się: Dane: vpoczątkowa = 72 = 20 m/s, vkońcowa = 0 = 0 m/s, t = 10 s. Szukane: a. W wolnym miejscu ekranu pojawia się v = vkońcowa - vpoczątkowa = 0 –20 = –20. Na wolnym miejscu ekranu pojawia się a = =(-20 m/s)/(10 s)=-2 m/s^2 Na dole ekranu pojawia się odpowiedź.

Polecenie 2

Ile wynosi przyspieszenie ciała, gdy jego prędkość zmalała o 20 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w czasie 5 sekund?

Uzupełnienie: Spróbuj odpowiedzieć na pytanie

Polecenie 3

Cząstka wleciała do przyspieszacza (akceleratora) z prędkością 1000 m/s, która po czasie $5 \cdot 10^{-4}$s zwiększyła się do 8000 m/s. Oblicz przyspieszenie, z jakim cząstka poruszała się w akceleratorze.

3. Prędkość chwilowa i średnia

W ruchu jednostajnym wartość prędkości jest stała i w związku z tym prędkość chwilowa i średnia są sobie równe. Gdy wartość prędkości się zmienia, obie wielkości będą się od siebie różniły. Prędkość chwilowa będzie np. coraz większa – im większe przyspieszenie, tym większa prędkość. A co się stanie z wartością prędkości średniej?

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Prędkość chwilowa i średnia w ruchu zmiennym

Na tablicy pojawia się wzór s=V*t, V=const. Pojawia się wykres V = V(t) = const. Na osi odciętych (czasu) pojawia się dowolnie wybrany punkt t (w okolicach ¾ długości osi). Od punktu t kreślona jest w górę pionowa linia przerywana aż do linii wykresu. Następnie pole powstałego prostokąta jest wypełniane kolorem/cieniowaniem przesuwającym się od osi rzędnych do pionowej linii odniesienia. Na zakolorowanym prostokącie pojawia się litera s. Obszar pod wykresem wypełnia się kolorem do znacznika t.

Średnia prędkość wyraża się wzorem $v = \frac{s}{t}$, gdzie s jest drogą przebytą w czasie t. Jeżeli prędkość chwilowa ciała rośnie, wzrasta również droga przebyta w danym czasie. Jak obliczać prędkość średnią lub chwilową? Tym problemem zajmiemy się na następnych lekcjach.

> **Polecenie 4**
>
> Jak obliczyć całkowitą drogę przebytą przez ciało w pewnym czasie t, gdy wykres zależności prędkości od czasu jest linią prostą nachyloną pod pewnym kątem do osi czasu i rozpoczyna się na początku układu współrzędnych?

Podsumowanie

- Ruch, w którym dochodzi do zmian prędkości, nazywamy ruchem zmiennym.
- Jeśli podczas ruchu prędkość ciała rośnie, to mówimy, że jest to ruch przyspieszony, a jeśli ta prędkość maleje – jest to ruch opóźniony.
- Wielkość fizyczną opisującą zmianę prędkości ciała w jednostce czasu nazywamy przyspieszeniem. Obliczamy je ze wzoru:
  $\text{przyspieszenie} = \frac{\text{zmiana prędkości}}{\text{przedział czasu}}$.
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- W fizyce do oznaczania zmian wielkości fizycznych stosuje się grecką literkę Δ. Przykładowo: zmianę prędkości (przyrost lub spadek) oznaczymy jako Δv. Natomiast zmiana czasu to Δt.

- Zmiana prędkości $\Delta v = v_{\mathrm{k}} - v_{\mathrm{p}}$= prędkość końcowa – prędkość początkowa. Zmiana wartości prędkości jest dodatnia w ruchu przyspieszonym, a ujemna – w ruchu opóźnionym.
- Przyspieszenie o wartości jednego metra na sekundę kwadrat ($1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$) informuje nas o tym, że prędkość ciała wzrosła o jeden metr na sekundę w czasie jednej sekundy.
- Opóźnienie to przyspieszenie o wartości ujemnej. Pojawia się, gdy ciało zmniejsza prędkość swojego ruchu (hamuje).
- W ruchu zmiennym prędkość chwilowa różni się od prędkości średniej ciała.

Praca domowa

Polecenie 5.1

Podaj po trzy przykłady ruchu opóźnionego oraz ruchu przyspieszonego.

Polecenie 5.2

Oblicz przyspieszenie ciała, którego prędkość zmieniła się w czasie 2 sekund o 15 m/s.

Zobacz także

- Prędkość i jej jednostki. Odczytywanie prędkości i drogi z wykresów

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 1

Zaznacz wszystkie prawidłowe zakończenia poniższego zdania.
Przyspieszenie o wartości $4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ informuje nas o tym, że:

- [ ] ciało zmieniło wartość swojej prędkości o $2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w czasie 0,5 s.
- [ ] ciało zmieniło wartość swojej prędkości o $1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w czasie 4 s.
- [ ] ciało zmieniło wartość swojej prędkości o $8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w czasie 2 s.
- [ ] ciało zmieniło wartość swojej prędkości o $4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w czasie 4 s.

Ćwiczenie 2

Samochód wyścigowy zwiększył wartość swojej prędkości ze 130 do 230 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ w czasie 4 sekund. Oblicz przyspieszenie tego samochodu. Wpisz prawidłową odpowiedź z dokładnością do 2 miejsc po przecinku.

Samochód miał przyspieszenie równe [ ] $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy

Wielu kierowców decydując się na zakup samochodu, zwraca uwagę na to, w jakim czasie wybrany przez nich model osiąga prędkość 100 km/h. Ważne jest dla nich, aby czas osiągnięcia tej prędkości był jak najkrótszy. Samochód porusza się wówczas ruchem przyspieszonym.

„Mocniejszy" samochód pozwala na uzyskanie określonej prędkości w krótszym czasie – mówi się wówczas, że samochód taki ma lepsze przyspieszenie

Już potrafisz

- podawać definicję ruchu jako zmianę położenia względem wybranego układu odniesienia;
- klasyfikować ruchy ze względu na tor (prostoliniowe i krzywoliniowe) oraz wartość prędkości (jednostajne i zmienne);
- odróżniać prędkość średnią od chwilowej;
- obliczać prędkość i wyrażać ją w różnych jednostkach;
- podawać definicje przyspieszenia oraz ruchu przyspieszonego i opóźnionego;
- obliczać przyspieszenie, gdy prędkość rośnie lub maleje.

Nauczysz się

- badać ruch jednostajnie przyspieszony;
- podawać definicję ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego;
- rozpoznawać proporcjonalność prostą na podstawie tabeli.

1. Ruch przyspieszony

Szczególnym przypadkiem ruchu zmiennego jest ruch przyspieszony. Cechą charakterystyczną tego ruchu jest wzrost prędkości poruszającego się ciała w pewnym przedziale czasu. Wówczas torem ruchu mogą być zarówno linia prosta, jak i krzywa.
Uzupełnienie: Ruch zmienny

W jakich sytuacjach rośnie prędkość ciała? Dzieje się tak zawsze, gdy ciała rozpoczynają swój ruch lub kontynuują go ze wzrastającą prędkością.

Prędkość startu Boeinga 737 wynosi około 290 km/h

Zmiany opisywane są wówczas wielkością fizyczną, którą już znasz – przyspieszeniem.

> **Polecenie 1**
>
> Podaj trzy przykłady ruchu zmiennego i trzy przykłady ruchu przyspieszonego – inne niż te wykorzystane podczas lekcji.

2. Ruch jednostajnie przyspieszony

Gdy torem ruchu ciała jest linia prosta, a przyrost prędkości jest jednakowy w każdej sekundzie tego ruchu, to ruch taki nazywamy ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym.

> **ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy**

> – ruch, w którym prędkość wzrasta o stałą wartość w jednakowych odstępach czasu (np. co sekundę), a torem ruchu jest linia prosta.

Doświadczenie 1

Czas mierzymy podobnie jak drogę, tj. od początku ruchu ciała. Ponieważ odcinki przebytej drogi mierzone są co sekundę, kolejne wartości czasu powinny wynosić: 1 s, 2 s, 3 s itd.
Δs jest różnicą dróg pomiędzy kolejnymi położeniami ciała odczytanymi z tabeli powyżej.
Czas mierzony jest co 1 s, a więc wielkość Δt wynosi zawsze 1 s.
Prędkość średnią poruszającego się ciała obliczamy jako iloraz różnicy drogi i czasu (1 s).
Zmiany prędkości średniej obliczymy jako różnicę jej kolejnych wartości. Jeśli natomiast podzielimy je przez przedział czasu, wynoszący 1 s, uzyskamy wartość przyspieszenia walca (wózka) staczającego się po równi.

Problem badawczy

Czy ruch walca lub wózka staczającego się po równi pochyłej jest ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym?

Hipoteza

Walec stacza się po równi pochyłej ruchem jednostajnie przyspieszonym.

Co będzie potrzebne

- równia pochyła (metalowa rynna) o długości 1,6 m;
- metalowy walec lub wózek;
- stoper;
- linijka lub taśma miernicza;
- papierowa taśma.

Instrukcja

1. Umieść równię pochyłą na stole laboratoryjnym (kąt nachylenia podstawy: 15°, długość równi: minimum 1,6 m).
2. Przyklej papierową taśmę wzdłuż równi pochyłej.
3. Umieść walec na samej górze równi i pozwól mu się toczyć.
4. W równych odstępach czasu (co 1 s) zaznaczaj walca (wózka) na papierowej taśmie.
5. Zmierz długość odcinków drogi przebytej przez ciało (zaznaczonych na papierowej taśmie).
6. Wyniki umieść w tabeli pomiarów.

Ruch walca (wózka) na równi pochyłej

$s[\mathrm{m}]$				
$t[\mathrm{s}]$				
$\Delta s[\mathrm{m}]$				
$\Delta t[\mathrm{s}]$				
$v_{\text{śr}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$				
$\Delta v_{\text{śr}}\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$				
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]$				

Podsumowanie

Wyniki pomiarów pozwalają wyciągnąć wniosek, że przyspieszenie, z jakim poruszał się walec (wózek), jest stałe, tzn. nie ulegało zmianom podczas ruchu ciała. Ruch walca (wózka) jest ruchem prostoliniowym jednostajnie przyspieszonym.

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

gdzie: v_k – wartość prędkości końcowej;
v_0– wartość prędkości początkowej.

Jeśli przyjmiemy, że zanim ciało rozpocznie ruch, znajduje się w spoczynku ($v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$), to po przekształceniu powyższego wzoru otrzymamy:
$v_k = a \cdot \Delta t$.

Zapamiętaj!

Prędkość końcową, jaką ciało mające prędkość początkową v_o osiągnęło w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym, możemy obliczyć z zależności:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_k - v_o}{\Delta t}$$

$$v_k - v_o = a \cdot \Delta t$$

$$v_k = a \cdot \Delta t + v_o$$

Jeśli prędkość początkowa $v_o = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, prędkość końcową w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym obliczamy za pomocą wzoru:

$$v_k = a \cdot \Delta t$$

gdzie:

$v_0\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – wartość prędkości początkowej ciała;
$v_k\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – wartość prędkości końcowej ciała ;
$a\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]$ – przyspieszenie ciała;
Δt – przedział czasu, w jakim badano ruch ciała (czyli przedział, w którym nastąpiła zmiana prędkości od 0 do v_k).

Polecenie 2

Oblicz prędkość, jaką uzyska ciało po 6 sekundach od ruszenia z miejsca, jeżeli jego przyspieszenie wynosi 3 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Zapamiętaj!

Cechą charakterystyczną ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego jest stały wzrost prędkości poruszającego się ciała o stałą wartość w jednakowych odstępach czasu.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Zależność prędkości od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym

Animacja pokazująca startującego do lotu ptaka wodnego. Wyświetlona zostaje tabela zawierająca dane, które zostają uzupełnione w trakcie wypowiedzi lektora.

Polecenie 3

Podaj trzy przykłady ruchu jednostajnie przyspieszonego zaczerpnięte z życia codziennego.

Podsumowanie

- Ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym nazywamy taki ruch, w którym przyspieszenie jest stałe. Oznacza to, że prędkość wzrasta o stałą wartość w jednakowych odstępach czasu (np. co sekundę), a torem ruchu jest linia prosta.
- Prędkość końcową, jaką ciało mające prędkość początkową $v_o = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ osiągnęło w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym, możemy wyznaczyć ze wzoru: $v_\mathrm{k} = a \bullet \Delta t$, gdzie:
  $v_k \left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – prędkość końcowa ciała;
  $a \left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]$ – przyśpieszenie ciała;
  Δt – przedział czasu, w którym ciało poruszało się z podanym przyspieszeniem.

- Cechą charakterystyczną ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego jest stały wzrost prędkości poruszającego się ciała o stałą wartość w jednakowych odstępach czasu.

Praca domowa

Polecenie 4.1

W ciągu 15 sekund od rozpoczęcia ruchu ciało osiągnęło prędkość 6 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Oblicz wartość przyspieszenia tego ciała.

Polecenie 4.2

* Oblicz czas, po którym samochód poruszający się od startu z przyspieszeniem $2{,}5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ osiągnie prędkość 100 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$.

Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Ruch zmienny prostoliniowy. Przyspieszenie. Prędkość średnia i chwilowa

Słowniczek

ruch jednostajnie przyspieszony

– ruch, w którym prędkość wzrasta o stałą wartość w jednakowych odstępach czasu (np. co sekundę); wartość przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym jest stała.

ruch przyspieszony

– ruch, w którym w pewnym przedziale czasu obserwujemy wzrost prędkości poruszającego się ciała. Wartość przyspieszenia w ruchu przyspieszonym może się zmieniać.

Zadania podsumowujące

Ćwiczenie 1

Przeczytaj poniższe zdania i wybierz prawdziwe.

	Prawda	Fałsz
Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy to taki ruch, którego torem ruchu jest linia prosta, a stałemu wzrostowi ulega wartość prędkości.	◯	◯
Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy to taki ruch, którego torem jest linia prosta, a wartość prędkości jest stała.	◯	◯
Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy to taki ruch, którego torem jest linia prosta, a droga przebyta przez ciało w równych przedziałach czasu jest taka sama.	◯	◯
Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy to taki ruch, w którym ciało porusza się po linii prostej, a wartość przyspieszenia jest stała.	◯	◯

Ćwiczenie 2

Uzupełnij puste miejsca, wybierając brakujące elementy z listy.

W ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym wektor przyspieszenia [ ].

zmienia jednostajnie swoją wartość | zmienia jednostajnie swój kierunek | jest stały

Rysowanie i analiza wykresów zależności drogi i prędkości od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym

Graficzna ilustracja zależności między wielkościami fizycznymi, które wpływają na przebieg zjawiska fizycznego, pozwala na uproszczenie jego opisu, ułatwia ich odczyt i obliczenie szukanych wartości. Korzystaj z wykresów, kiedy to tylko możliwe!

Jedyną siłą napędową skoczka podczas najazdu jest siła grawitacji, ale wystarczy ona, by nadać mu przyspieszenie. By dokładniej opisać ten ruch, trzeba się posłużyć odpowiednim wykresem

Już potrafisz

- podawać definicję ruchu jako zmianę położenia względem wybranego układu odniesienia;
- klasyfikować ruchy ze względu na tor (prostoliniowe i krzywoliniowe) oraz wartość prędkości (jednostajne i zmienne);
- odróżniać prędkość średnią od chwilowej;
- obliczać prędkość i wyrażać ją w różnych jednostkach;
- podawać definicje przyspieszenia oraz ruchu przyspieszonego i opóźnionego;
- obliczać przyspieszenie, gdy prędkość rośnie lub maleje;
- obliczać zmiany prędkości podczas ruchu jednostajnie przyspieszonego.

Nauczysz się

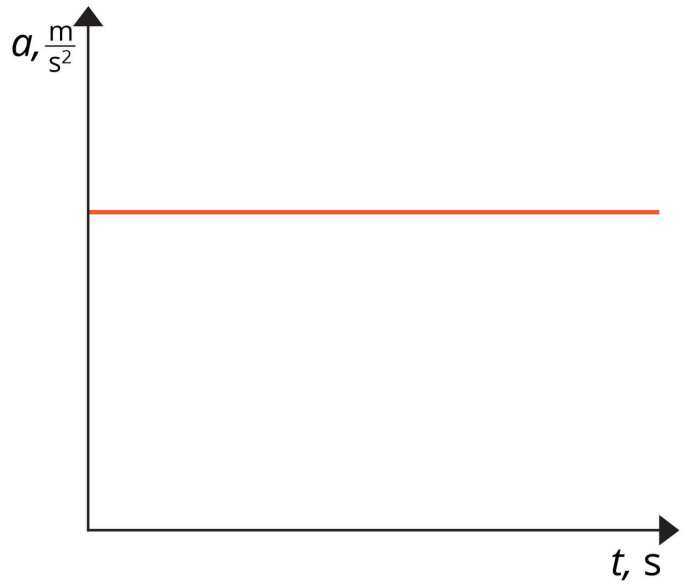
- obliczać drogę przebytą przez ciało w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym;

- sporządzać wykresy zależności drogi od czasu, przyspieszenia od czasu i prędkości od czasu dla ciał poruszających się ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym;
- odczytywać wykresy i obliczać na ich podstawie wartości drogi, przyspieszenia i prędkości.

1. Zależność przyspieszenia od czasu

W ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym wartość przyspieszenia jest stała.

* W ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym wektor przyspieszenia jest stały.



Wykres zależności przyspieszenia od czasu dla ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego

Zapamiętaj!

Wykresem zależności przyspieszenia od czasu jest linia prosta równoległa do osi czasu. Obrazuje ona to, że w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym przyspieszenie jest stałe.

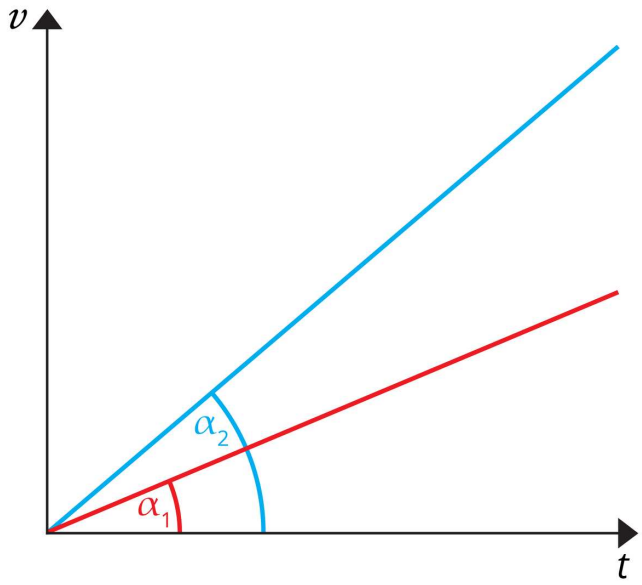
2. Zależność prędkości od czasu

Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy odbywa się ze stałym przyspieszeniem.

Oznacza to, że w równych ostępach czasu obserwujemy określony, zawsze jednakowy przyrost prędkości poruszającego się ciała. Prędkość końcową obliczamy za pomocą wzoru:

$$v_k = v_0 + a \cdot t$$

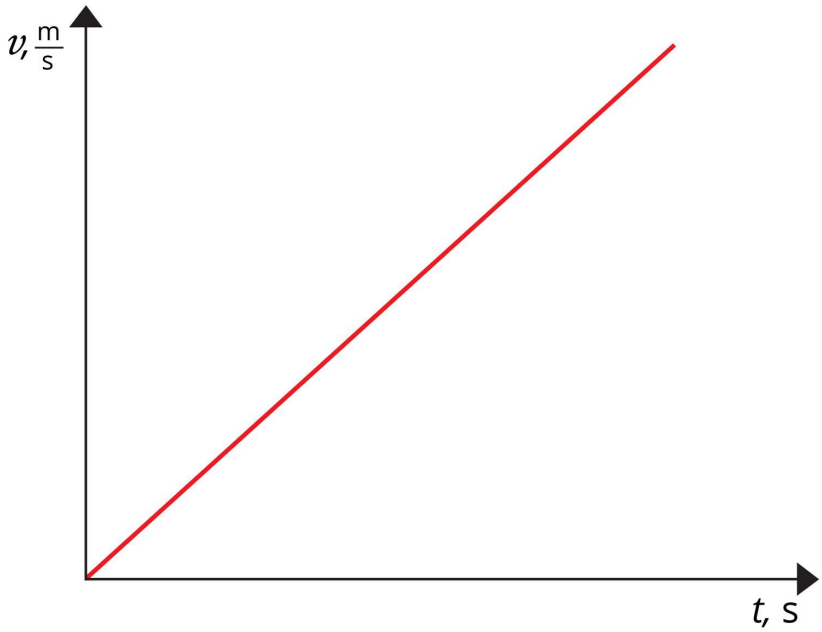
gdzie: v_k – prędkość końcowa; v_0 – prędkość początkowa; a – przyspieszenie; t – czas. Zależność v(t) ruchu możemy przedstawić graficznie. Poniżej przedstawiono te zależności dla $v_0 = 0$. Dla wartości prędkości początkowej różnej od zera wykresy można skonstruować przy użyciu znajdującej się niżej aplikacji.



W ruchu prostoliniowym ze stałym przyspieszeniem wartość prędkości ciała rośnie liniowo

Im większa jest wartość przyspieszenia (szybszy przyrost prędkości), tym kąt nachylenia wykresu do osi czasu jest większy.

Jeśli ciało rozpoczyna ruch ze stanu spoczynku, to prędkość początkowa tego ciała wynosi $0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.



Wykres zależności wartości prędkości poruszającego się ciała *v(t)* dla prędkości początkowej $v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Polecenie 1

Za pomocą aplikacji odczytaj wartości prędkości ciał w ruchu jednostajnym prostoliniowym, jeśli:

a. $a = 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, $v_0 = 5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w 1., 5. i 10. s ruchu;

b. $a = 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, $v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w 1., 5. i 10. s ruchu;

c. $a = 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, $v_0 = 2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w 3., 4. i 5. s ruchu;

d. $a = 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, $v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w 3., 4. i 5. s ruchu;

e. $a = 5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, $v_0 = 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w 3., 5. i 7. s ruchu;

f. $a = 5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, $v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ w 3., 5. i 7. s ruchu.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DWs59aarC

Konstruktor wykresów *v(t)* dla ruchu jednostajnie przyspieszonego

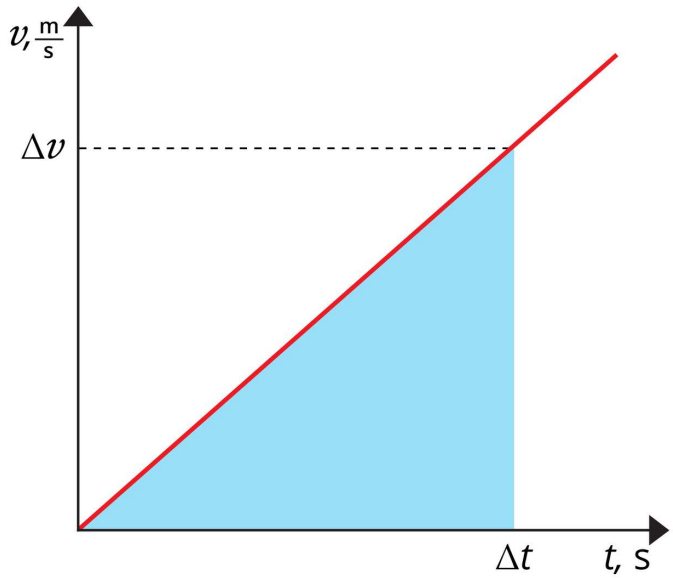
Polecenie 2

Narysuj w zeszycie wykres zależności prędkości od czasu dla ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego. Przyjmij, że prędkość początkowa v_0 = 1 m/s. Rozważ kilka wybranych wartości przyspieszenia.

3. Droga w ruchu jednostajnie przyspieszonym

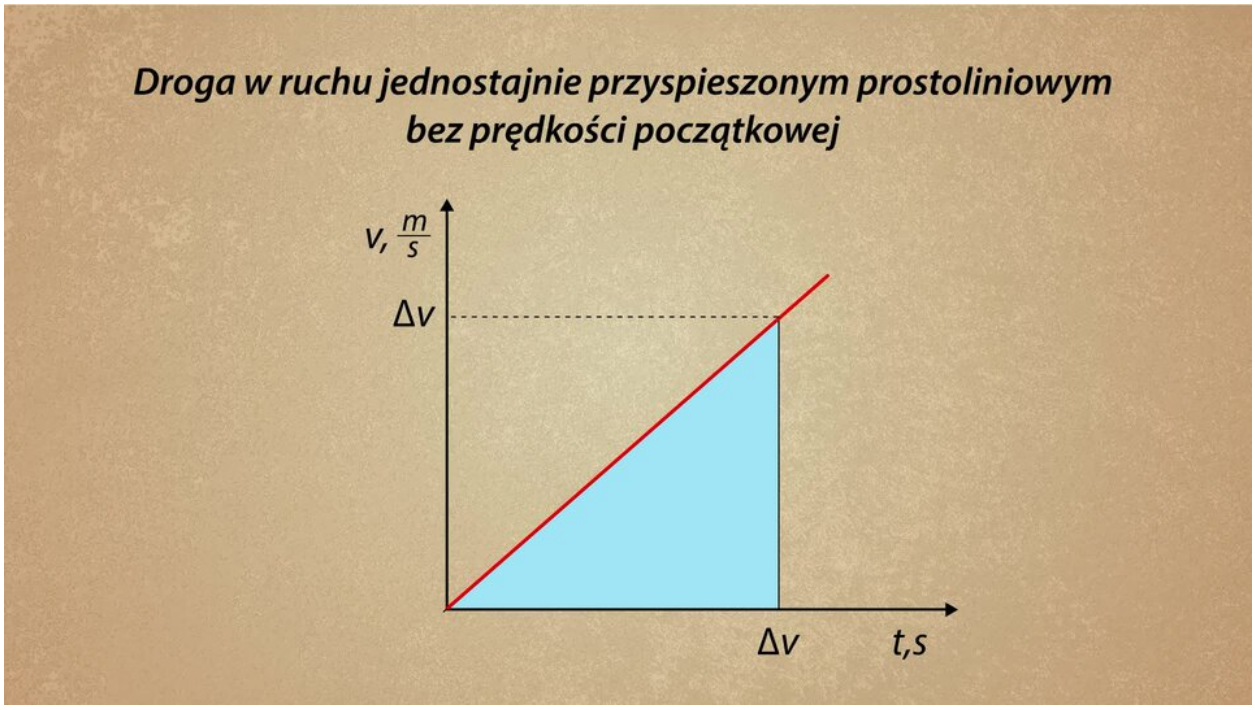
Jeśli znamy pole powierzchni figury znajdującej się pod wykresem zależności *v(t)*, możemy obliczyć drogę, którą przebyło ciało w pewnym przedziale czasowym.

Gdy ciało rozpoczęło ruch ze stanu spoczynku ($v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$), to obszar pod wykresem odpowiada polu powierzchni trójkąta.



Droga w ruchu jednostajnym przyspieszonym bez prędkości początkowej

Na poniższej animacji zobaczysz, jak wyznaczać drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak obliczyć drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym?

Animacja przedstawia wyprowadzenie wzóru na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym bez prędkości początkowej. Wyświetlony zostaje wykres, a nastepnie pod nim wzór. Nastepnie wzór ozstaje uzupełniony i omówiony przez lektora.

Zapamiętaj!

Jeśli ciało poruszające się ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym rozpoczynało ruch ze stanu spoczynku ($v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$), drogę oblicza się za pomocą wzoru:
$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$
gdzie: $s[\mathrm{m}]$ – droga; $a\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]$ – przyspieszenie; $t[\mathrm{s}]$ – czas ruchu ciała.

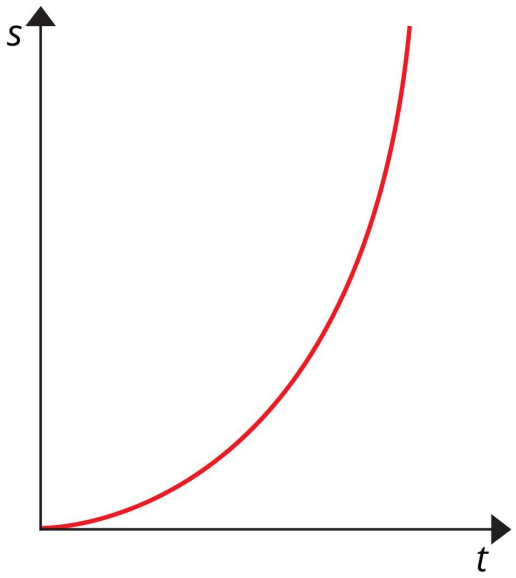
Polecenie 3

Jaką drogę przebędzie ciało w ciągu 8 sekund, jeśli jego prędkość początkowa była równa zeru, a przyspieszenie wyniosło $3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$? Dokonaj obliczeń, a wynik potwierdź za pomocą aplikacji.

W ruchu jednostajnym prostoliniowym wykres zależności drogi od czasu jest linią prostą nachyloną pod pewnym kątem do osi czasu. Czy tak samo jest w ruchu jednostajnie przyspieszonym?

W ruchu jednostajnym prostoliniowym ciało w równych odstępach czasu ciało pokonuje takie same odcinki drogi – prędkość jego stała. Natomiast w ruchu jednostajnie przyspieszonym prędkość ciała w tych samych przedziałach czasu rośnie, a więc musi wzrastać także długość kolejnych odcinków drogi pokonywanej przez to ciało. Wykres zależności drogi od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym bez

prędkości początkowej nie jest już linią prostą. Krzywa, która tworzy ten wykres, to część paraboli, tj. wykresu funkcji kwadratowej $y = a \cdot x^2$.



Droga w ruchu jednostajnie przyspieszonym jest kwadratową funkcją czasu

Skonstruujmy wykres zależności *s(t)* dla ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak zbudować wykres zależności drogi od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym?

Prezentowany jest filmik przedstawiający stratującego do lotu ptaka wodnego. Wyświetlony zostaje wzór. Wzór odjeżdża na górę ekranu a pod wzorem pojawia się tabela. Tabela

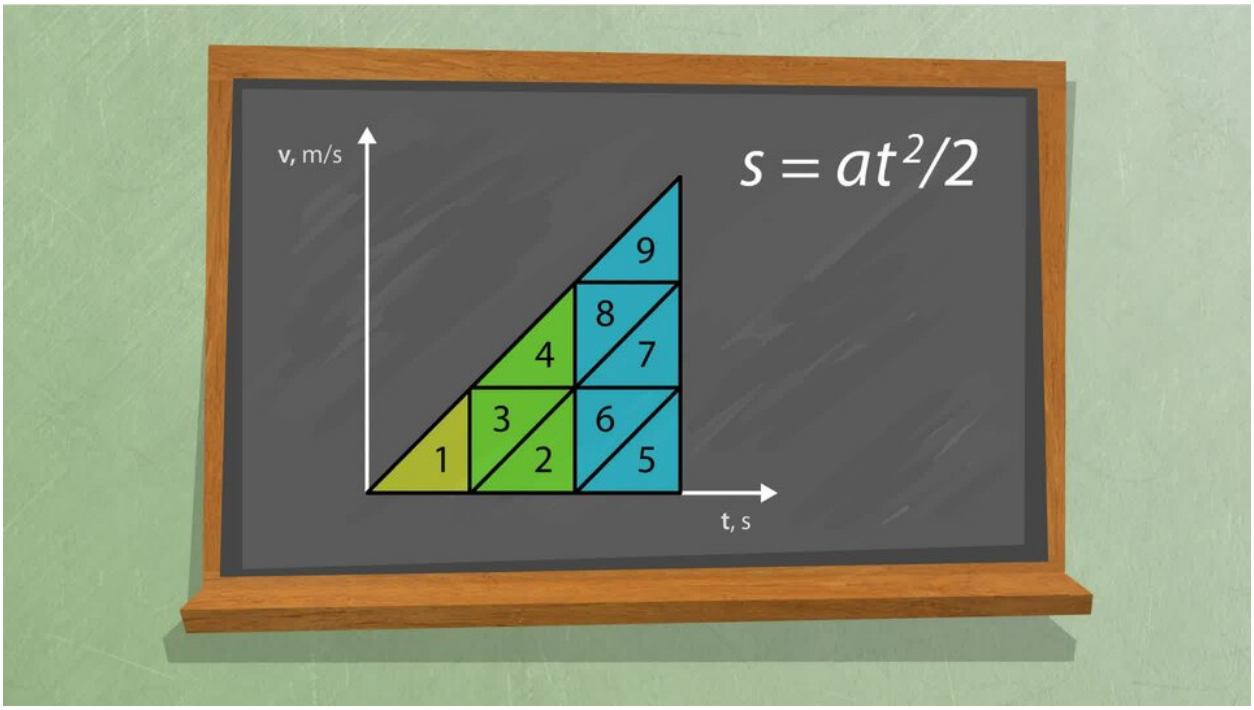
zmniejsza się i przesuwa na lewą stronę ekranu a po prawej pojawia się wykres. Wykres znika, tabela się powiększa dla lepszej czytelności. Obok tabeli pojawiają się wyliczenia.

Animacja wykazała również, że obliczone długości odcinków pokonywanych w kolejnych sekundach mają się do siebie tak, jak następujące po sobie liczby nieparzyste.

Polecenie 4

Wykonaj pomiary ponownie, ale wybierz różne kąty. Otrzymane wyniki porównaj z wielkościami otrzymanymi w pierwszym doświadczeniu.

Ciekawostka



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Droga a kolejne liczby nieparzyste

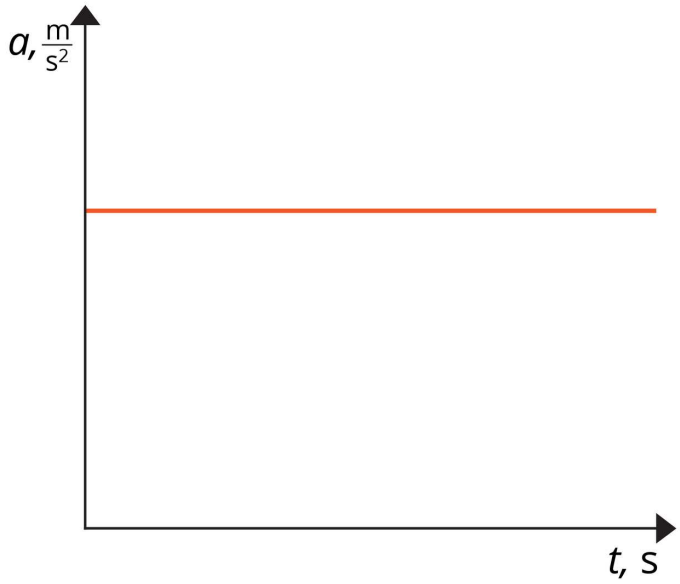
Pojawia się wzór s=at^2/2, grafika wykresu z osiami: pionową V, m/s i poziomą t,s. Na wykresie trójkąt. Obszar trójkąta zostaje zacieniowany (odsłanianie od dołu). Dalej zaciemniają się kolejne obszary w kształcie trójkątów.

Zapamiętaj!

W ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym przyrosty przebytej drogi w kolejnych sekundach ruchu mają się do siebie tak, jak następujące po sobie liczby nieparzyste.

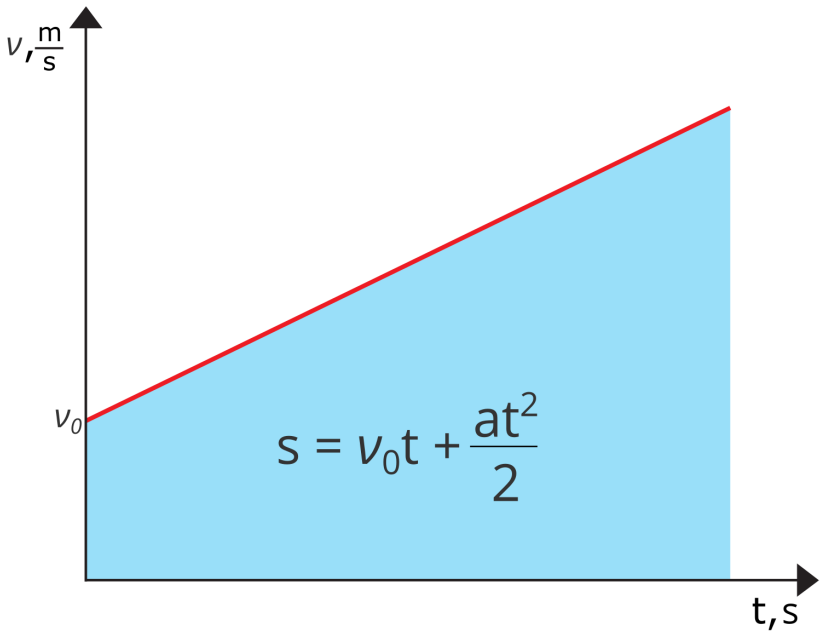
Podsumowanie

- Wykresem zależności przyspieszenia od czasu jest linia prosta równoległa do osi czasu. Jest tak, ponieważ w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym wartość przyspieszenia jest stała.



Wykres zależności przyspieszenia od czasu dla ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego

- Pole powierzchni zawarte pod wykresem zależności prędkości od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym jest równe drodze, którą przebyło ciało w określonym czasie.



Znajomość pola powierzchni zawartej pod wykresem *v(t)* pozwala obliczyć drogę, jaką przebyło ciało

- Jeśli ciało przed rozpoczęciem ruchu znajdowało się w stanie spoczynku ($v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$) i porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym, drogę oblicza się za pomocą wzoru:
  $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$
  gdzie: $s[\mathrm{m}]$ – droga; $a\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]$ – przyspieszenie; $t<$spandata-specifier-type$=]$ – czas ruchu ciała.[
  \ukryj-opis
  R1HBZOah2ukBr

- W ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym przyrosty przebytej drogi w kolejnych sekundach ruchu mają się do siebie tak, jak następujące po sobie liczby nieparzyste.

Praca domowa

> **Polecenie 5.1**
>
> Narysuj wykres zależności drogi od czasu dla ciała poruszającego się ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym z przyspieszeniem 2 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ w przedziale czasu od 0 do 10 s. Przyjmij, że wartość prędkości początkowej wynosiła $v_\mathrm{o} = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

> **Polecenie 5.2**
>
> Narysuj wykres zależności prędkości od czasu dla ciała poruszającego się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem 10 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ w przedziale czasu od 0 do 8 s. Na podstawie otrzymanego wykresu oblicz drogę przebytą przez to ciało w przedziale czasu od 2 do 5 s.

Polecenie 5.3

* Narysuj wykres zależności wartości prędkości od czasu dla ciała, którego prędkość początkowa wynosiła 2 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Poruszało się ono jeszcze przez 10 sekund z przyspieszeniem o wartości 2 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

a. Wiesz, że pole pod wykresem *v(t)* jest równe drodze przebytej przez ciało. Zaznacz na wykresie drogę, jaką przebyłoby ciało, gdyby jego prędkość była równa prędkości początkowej równej $2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, oraz drogę, jaką przebyło ono dzięki wzrostowi wartości prędkości.

b. Na następnej lekcji przedstaw sposób na obliczanie drogi w ruchu jednostajnie przyspieszonym, jeżeli wartość prędkości początkowej jest różna od zera. Wskazówka: jaki kształt ma pole pod wykresem? Jak obliczyć pole powierzchni tej figury geometrycznej?

Zadania

Ćwiczenie 1

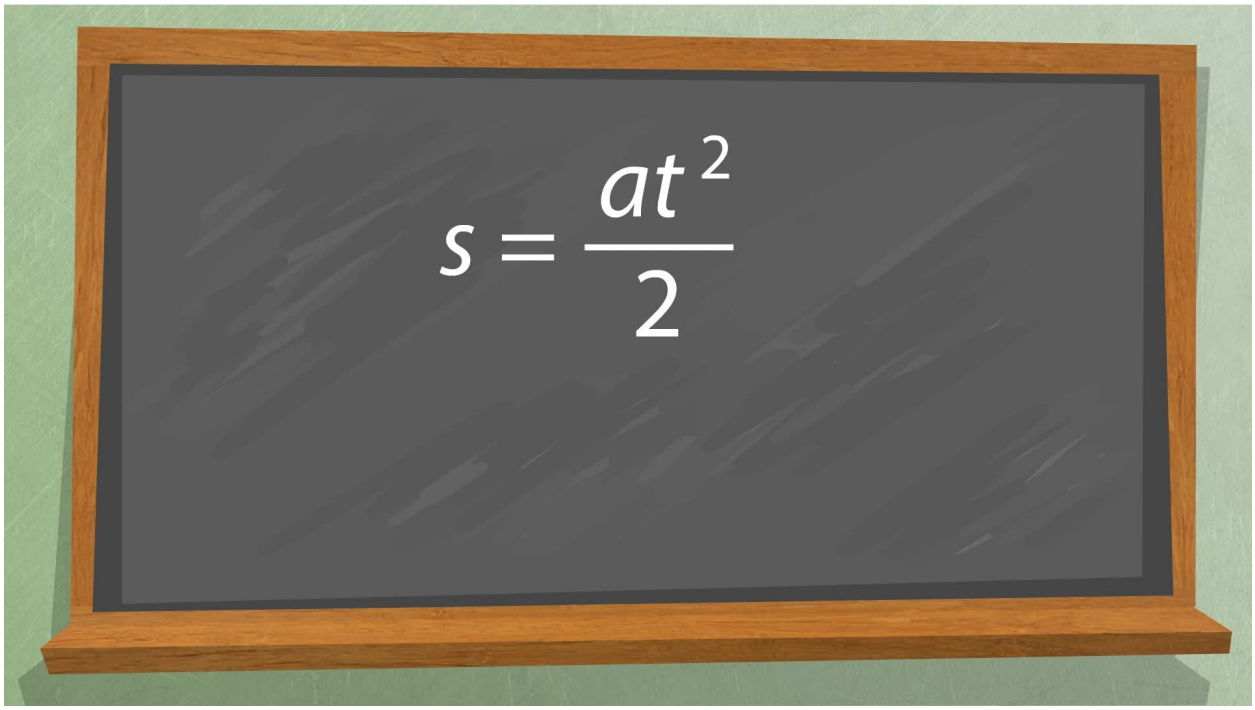
Ćwiczenie 2

Uzupełnij zdanie tak, aby było prawdziwe.

Odcinki drogi przebyte w równych odcinkach czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym bez prędkości początkowej mają się jak kolejne liczby [ ].

Rozwiązywanie zadań dotyczących ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego

Rozwiązywanie problemów z fizyki jest niczym innym jak liczbowym opisem zjawisk otaczającego nas świata. Wyznaczamy konkretne wartości wielkości fizycznych mających wpływ na nasze życie – temperatury, ciśnienia, prędkości, przyspieszenia i wielu innych, których nie sposób w tym miejscu przytoczyć. Dzięki obliczeniom możemy przewidzieć, jak wysoko wzniesie się samolot lub jak głęboko zanurzy się łódź podwodna. Obliczenia i rozwiązywanie problemów są podstawą funkcjonowania cywilizacji technicznej stworzonej przez człowieka. Rozwiązujmy więc zadania...



Już potrafisz

- obliczać przyspieszenie, prędkość i drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym;
- tworzyć wykresy zależności: przyspieszenia od czasu a(t), prędkości od czasu v(t) i drogi od czasu s(t) w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym.

Nauczysz się

- rozwiązywać zadania dotyczące ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego.

1. Wykorzystanie wzoru na drogę i przyspieszenie

Czasem, rozwiązując zadanie, możemy po prostu wstawić w miejsce ogólnych symboli odpowiadające im wartości. Na przykład obliczając drogę przebytą ruchem jednostajnie przyspieszonym przez ciało poruszające się przez 10 sekund z przyspieszeniem a = 2 m/s^2, korzystamy z odpowiedniej zależności:

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot (10\ \mathrm{s})^2}{2} = \frac{2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 100\ \mathrm{s}^2}{2} = \frac{200\ \mathrm{m}}{2} = 100\ \mathrm{m}$$

Jak powinniśmy postąpić w przypadku, gdy nie znamy przyspieszenia? Polecenie zawarte w tym zadaniu brzmi: oblicz drogę przebytą przez ciało w ciągu 10 sekund, jeżeli w tym czasie wartość jego prędkości wzrosła od zera do 20 m/s?

Jeśli zapiszemy zależność drogi od czasu tak jak poprzednio: $s = \frac{a \cdot t^2}{2}$, to widzimy, że nieznana jest nam wartość przyspieszenia ciała. Czy jednak na pewno? Przecież znamy definicję przyspieszenia: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Czytając jeszcze raz treść zadania, dochodzimy do wniosku, że znamy zmianę wartości prędkości (równą wartości prędkości końcowej, ponieważ prędkość początkowa była równa zero) i czas, w jakim ta zmiana nastąpiła. Obliczamy:

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{20\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 0}{10\ \mathrm{s}} = \frac{20\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{10\ \mathrm{s}} = 2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2},$$

a następnie wykorzystujemy obliczoną wartość przyspieszenia do obliczenia przebytej drogi. Warto podkreślić, że aby obliczyć zmianę wartości prędkości, odejmujemy (zawsze!) od wartości końcowej wartość początkową.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak wyznaczyć drogę i przyspieszenie w ruchu jednostajnie przyspieszonym

W przypadku prostoliniowego ruchu jednostajnie przyspieszonego, w którym ciało nie miało prędkości początkowej, to znaczy spoczywało w chwili t = 0, posługujemy się dwoma podstawowymi wzorami. Znajomość tych wzorów jest wystarczająca do rozwiązywania problemów związanych z ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym. Przykładowo, gdy chcemy obliczyć przyspieszenie. znając przebytą drogę, np. przez rowerzystę, który poruszał się przez pewien czas t, wystarczy przekształcić wzór na drogę: Mnożymy wzór obustronnie przez 2. Następnie dzielimy obustronnie przez t2 i w rezultacie otrzymujemy: Zamieniamy równanie stronami, by otrzymać bardziej elegancką postać: I mamy gotowy wzór na wartość przyspieszenia. Możemy jeszcze dodatkowo sprawdzić, czy otrzymamy prawidłowe jednostki. W miejsce symboli wstawiamy odpowiednie jednostki miary i dostajemy m/s2.

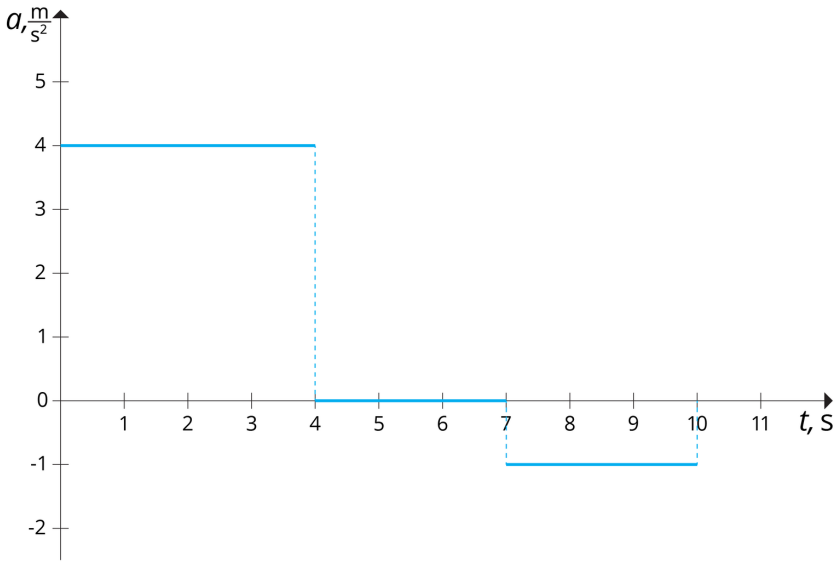
Polecenie 1

Samochód wjeżdżający na drogę szybkiego ruchu musi uzyskać prędkość 90 km/h. Przyjmując, że prędkość początkowa była równa zero, a długość pasa rozbiegowego wynosi 150 m, oblicz minimalne przyspieszenie, z jakim musi poruszać się samochód.

> **Wskazówka**
>
> Pamiętaj o przeliczeniu jednostek na jednostki podstawowe układu SI.

Polecenie 2

*Na podstawie wykresu zależności przyspieszenia od czasu nazwij rodzaje ruchów, którymi poruszało się ciało, oraz oblicz odpowiadające im prędkości początkowe i końcowe.



2. Obliczanie czasu trwania ruchu przyspieszonego

Znając przebytą drogę przez ciało i przyspieszenie, z jakim się poruszało, jesteśmy w stanie obliczyć czas trwania ruchu. Zobacz, jak można to zrobić.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak obliczyć czas trwania ruchu w ruchu jednostajnie przyspieszonym?

Na tablicy pojawiają się wzory oraz działania na nich, o kótych mówi lektor. Czyli: s=at^2/2 pomnożone obustronnie przez 2 co daje 2*s=at^2 podzielone obustronnie przez a.
W rezultacie otrzymujemy 2s/a=t^2. Następnie obustronnie pierwiastkujemy to równanie co daje nam t=pierwiastek z 2s/a.

> **Polecenie 3**
>
> Oblicz czas potrzebny do tego, aby samochód mający podczas ruchu stałe przyspieszenie 3 m/s^2 przebył drogę 1,5 km.

> **Polecenie 4**
>
> Jeden z uczniów ułożył następujące zadanie: pociąg wyruszył ze stacji i przejechał 80 km ze stałym przyspieszeniem wynoszącym $1\frac{m}{s^2}$. Na podstawie tych informacji oblicz czas podróży i wartość prędkości końcowej. Przeanalizuj wyniki i treść zadania, a potem napisz, dlaczego zadanie z takimi założeniami nie ma odzwierciedlenia w rzeczywistości.

> **Polecenie 5**
>
> Kierowca Formuły 1 zauważył zakręt i rozpoczął hamowanie przy szybkości $288\frac{km}{h}$. Przed wejściem w zakręt, po przebyciu odległości s = 120 m, licznik prędkościomierza bolidu wskazywał $144\frac{km}{h}$. Zakładając, że ruch bolidu był ruchem jednostajnie opóźnionym, oblicz:
>
> a. przyspieszenie bolidu;
>
> b. czas, w którym bolid zmniejszył swoją prędkość.

3. Jak obliczyć drogę, nie znając przyspieszenia?

Czasami w przypadku obliczeń znamy jedynie prędkość końcową ciała i czas trwania ruchu. Jak wobec tego obliczyć drogę? Sprawdźmy to wspólnie.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Jak obliczyć drogę, nie znając przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym?

Zdarzają się przypadki, gdy chcemy obliczyć prędkość końcową ciała lub nie znamy przyspieszenia, a znamy właśnie prędkość końcową. Wówczas możemy podstawić wzór na przyspieszenie do wzoru na drogę. Tym sposobem bez problemu jesteśmy w stanie obliczyć: drogę, znając tylko wartość prędkości końcowej i czas trwania ruchu; wartość prędkości końcowej, znając przebytą drogę oraz czas trwania ruchu; czas trwania ruchu, znając drogę i prędkość końcową.

Polecenie 6

Oblicz, jaką prędkość w ciągu 10 s osiągnie pojazd poruszający się ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym po przebyciu drogi równej 200 m?

Wskazówka: oblicz najpierw przyspieszenie pojazdu (znasz czas i drogę).

Polecenie 7

Samochód ruszył ze skrzyżowania i ruchem jednostajnie przyspieszonym przebył drogę 1000 m w czasie 100 s. Oblicz przyspieszenie pojazdu i wyraź jego prędkość końcową w $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Sporządź wykresy zależności prędkości od czasu v(t), przyspieszenia od czasu a(t) i drogi od czasu s(t) dla tego ruchu.

Podsumowanie

Wzory wykorzystywane do rozwiązywania zadań dotyczących ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego

Wzór	Opis
$s = \frac{at^2}{2}$	Droga przebyta przez ciało rozpoczynające ruch ze stanu spoczynku (prędkość początkowa $v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$)
$a = \frac{v_k - v_0}{t}$	Przyspieszenie

Wzór	Opis
$v_k = a \cdot t$ $v_k = \frac{2 \cdot s}{t}$	Prędkość końcowa ($v_0 = 0 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$) w ruchu przyspieszonym
$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$ $t = \frac{v_k}{a}$	Czas przebycia danej drogi lub czas osiągnięcia danej prędkości (jeśli znane jest przyspieszenie). Prędkość początkowa $v_0 = 0 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Praca domowa

Polecenie 8.1

Uzupełnij tabelę dotyczącą prędkości i przebytej drogi w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym.

Praca domowa

Czas t [s]		1	4	10	20
Prędkość $v \left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$		4	.....	.....	.....
Droga s $[\mathrm{m}]$		2	32	.....	.....

Polecenie 8.2

Oblicz końcową prędkość samochodu, który ruszył z miejsca i w czasie 20 s przebył drogę równą 100 m.

Polecenie 8.3

Pocisk przeciwpancerny porusza się w lufie armaty z przyspieszeniem $a = 8 \cdot 10^4 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ przez czas 0,01 s. Oblicz długość lufy i prędkość pocisku na końcu lufy.

Zadania

Ćwiczenie 1

Który zestaw zależności opisujących ruch jednostajnie przyspieszony zawiera tylko prawdziwe zależności?

- $s = \frac{v_k}{t};\ v_k = s \cdot t;\ t = \frac{v}{s}$
- $v_k = \frac{s}{t};\ s = v_k \cdot t;\ s = \frac{v_k \cdot t}{2}$
- $t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}};\ s = \frac{v_k \cdot t}{2};\ s = \frac{a \cdot t^2}{2}$

Ćwiczenie 2

Uzupełnij puste miejsce.

Samochód, który w czasie 10 s osiągnął wartość prędkości równą 18 m/s przejechał drogę równą [ ] m.

Ruchy jednostajny prostoliniowy i jednostajnie przyspieszony prostoliniowy w zadaniach

Rzeczywisty ruch ciał w naszym otoczeniu jest ruchem zmiennym, w którym prędkość może zmieniać się w dowolny sposób. Czasem ruch zmienny przechodzi w ruch jednostajny prostoliniowy. Czy istnieje sposób opisu ruchu ciała poruszającego się w tak skomplikowany sposób?

Obliczanie drogi hamowania – jednego z najważniejszych parametrów każdego pojazdu – to równanie ruchu jednostajnie zmiennego (opóźnionego)

Już potrafisz

- podawać definicję ruchu jako zmianę położenia względem wybranego układu odniesienia;
- klasyfikować ruchy ze względu na tor (prostoliniowe i krzywoliniowe) oraz wartość prędkości (jednostajne i zmienne);
- odróżniać prędkość średnią od chwilowej;
- obliczać prędkość i wyrażać ją w różnych jednostkach;
- podawać definicje przyspieszenia oraz ruchu przyspieszonego i opóźnionego;
- obliczać przyspieszenie, gdy wartość prędkości rośnie lub maleje;
- obliczać zmiany prędkości podczas ruchu jednostajnie przyspieszonego
- obliczać drogę przebytą przez ciało w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym;
- sporządzać wykresy zależności drogi od czasu, przyspieszenia od czasu i prędkości od czasu dla ciał poruszających się ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym;
- odczytywać z wykresów wartość drogi, przyspieszenia i prędkości.

Nauczysz się

- rozwiązywać zadania związane z ruchem prostoliniowym: jednostajnym, jednostajnie przyspieszonym i jednostajnie opóźnionym.

Przykład 1

Przykład 1

Motocyklista przez jedną minutę poruszał się z prędkością $72\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Na widok czerwonego światła rozpoczął hamowanie. Od momentu rozpoczęcia hamowania do chwili, w której się motocyklista zatrzymał, minęło 10 s. Oblicz przyspieszenie motocyklisty podczas hamowania. Sporządź wykres zależności prędkości od czasu. Oblicz drogę przebytą przez motocyklistę.

Rozwiązanie:
Analiza zadania
Zjawisko: ruch jednostajny (przez minutę) i jednostajnie opóźniony (przez 10 sekund)
Zależność przebytej drogi od czasu w ruchu jednostajnym prostoliniowym: $s = v \cdot t$
Wzór na przyspieszenie: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
Zależność przebytej drogi od czasu i przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym: $s = \frac{a \cdot t^2}{2}$
Wartość prędkości w ruchu jednostajnym jest jednocześnie wartością prędkości początkowej, gdy ruch staje się opóźniony: $v = v_o$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_k - v_0}{t_2}$$

$S = s_1 + s_2$ (suma dróg przebytych ruchem jednostajnym i jednostajnie opóźnionym)

$s_1 = v_1 \cdot t_1; s_2 = \frac{a \cdot t_2^2}{2}$

Dane:

$$v_1 = 72\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

$$v_1 = v_o = 72\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

$$v_k = 0$$

$$t_1 = 1\ \mathrm{min} = 60\ \mathrm{s}$$

$$t_2 = 10\ \mathrm{s}$$

Szukane:

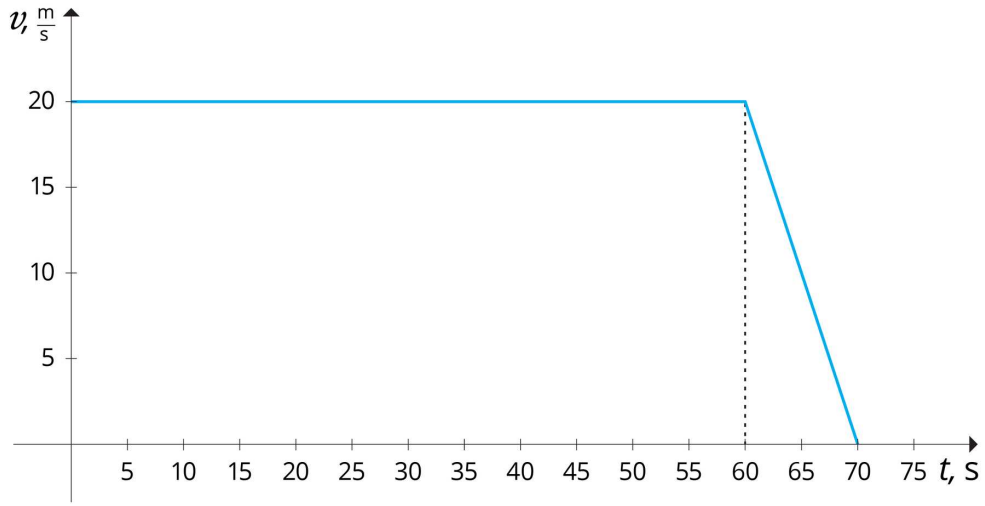
a = ?

S = ?

Obliczenia:

$$v_o = 72\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 72 \cdot \frac{1000\ \mathrm{m}}{3600\ \mathrm{s}} = 72 \cdot \frac{10}{36}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 2 \cdot 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 20\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$v_k = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$



$$\Delta v = v_k - v_o = (0 - 20)\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = -20\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$t_2 = \Delta t = 10\ \mathrm{s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-20}{10}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = -2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$s_1 = v_1 \cdot t_1 = 20\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 60\ \mathrm{s} = 1200\ \mathrm{m}$$

$$s_2 = \frac{a \cdot {t_2}^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot 2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 100\ \mathrm{s}^2 = 100\ \mathrm{m}$$

Na wykresie sporządzonym w celu zilustrowania ruchu motocyklisty, droga przebyta ruchem opóźnionym jest równa polu trójkąta, którego podstawa $t_2 = 10$ s, a wysokość: $v_o = 20\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Z tego wynika, że pole, czyli droga, ma wartość 100 m.

Jeżeli popatrzysz dokładnie na wykres, to zauważysz, że wysokość trójkąta to tak naprawdę zmiana prędkości $\Delta v = a \cdot t_2$. Przekształcając wzór na pole trójkąta, otrzymasz: $S = \frac{1}{2}a \cdot t_2 \cdot t_2 = \frac{1}{2}at^2,$ a zatem taką samą zależność drogi od czasu jak dla ruchu jednostajnie przyspieszonego oraz dla ruchu opóźnionego (w którym końcowa prędkość jest równa zero), będziemy się posługiwać w gimnazjum.

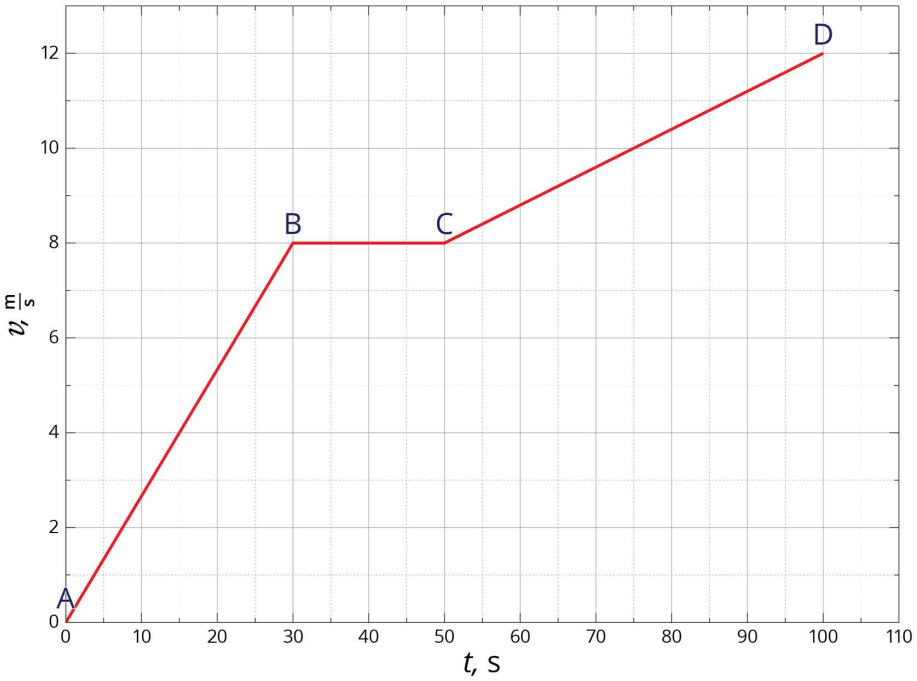
$$S = s_1 + s_2 = 1200\ \mathrm{m} + 100\ \mathrm{m} = 1300\ \mathrm{m}$$

Odpowiedź:
Motocyklista hamował z przyspieszeniem $-2\frac{m}{s^2}$, a droga, którą przebył, wynosiła 1300 m.

Przykład 2

Przykład 2

Na wykresie przedstawiono zależność prędkości od czasu. Jakim ruchem poruszało się ciało?



Zastanówmy się teraz, czym różni się ruch w przedziałach czasu AB, BC i CD.

W pierwszym przedziale prędkość rośnie wraz z czasem. Oznacza to, że ten ruch jest ruchem jednostajnie przyspieszonym. Jeśli do wzoru podstawimy współrzędne punktu B, obliczymy przyspieszenie. Uzyskamy wtedy wynik ok. $0{,}27\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Kolejny przedział (BC) wykazuje brak zmian prędkości. Oznacza to, że ciało poruszało się ruchem jednostajnym, a przyspieszenie ciała w tym przedziale wynosiło 0 $\mathrm{m/s^2}$.
Ostatni przedział CD, podobnie jak AB, jest ruchem przyspieszonym. Przyspieszenie w tym ruchu wynosi:

$$a = \frac{v_k - v_p}{t_k - t_p}$$

gdzie: v_k – prędkość w punkcie D; v_p – prędkość w punkcie C; t_k – czas odpowiadający punktowi D; t_p – czas odpowiadający punktowi C.
Po wstawieniu do wzoru otrzymujemy rozwiązanie: a = 0,08 m/s^2.

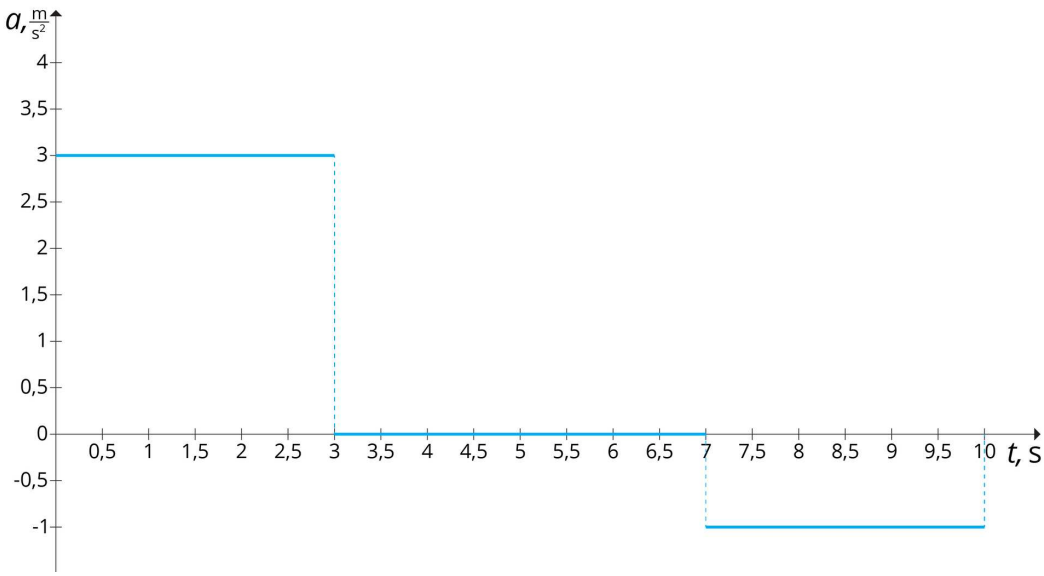
Polecenia

Polecenie 1

Narysuj wykres zależności prędkości od czasu dla następującej sytuacji: Rowerzysta ruszył z miejsca i poruszał się z przyspieszeniem 4 m/s^2 w czasie 5 s. Następnie zwiększył przyspieszenie do 6 m/s^2 i poruszał się takim ruchem przez 3 s. W ostatnim etapie osiągnął zamierzoną prędkość i poruszał się z nią przez 10 s.

Polecenie 2

Narysuj wykres zależności prędkości od czasu dla ruchu pojazdu poruszającego się po linii prostej z przyspieszeniem, którego zmiany w czasie przedstawia poniższy wykres. Przyjmij, że przed rozpoczęciem ruchu samochód stał w miejscu.



Polecenie 3

Strzelec wyborowy oddał strzał do tarczy oddalonej o 800 m. Pocisk poruszał się ruchem jednostajnym prostoliniowym i trafił w tarczę po upływie 1 sekundy. Oblicz przyspieszenie, jakie uzyskał pocisk w lufie karabinu o długości 620 mm.

Podsumowanie

- Wykresy pozwalają na graficzne przedstawienie zależności między wielkościami fizycznymi opisującymi ruchy zmienny i jednostajnie prostoliniowy.
- W każdym ruchu złożonym można wyróżnić fazy reprezentujące znany nam rodzaj ruchu.

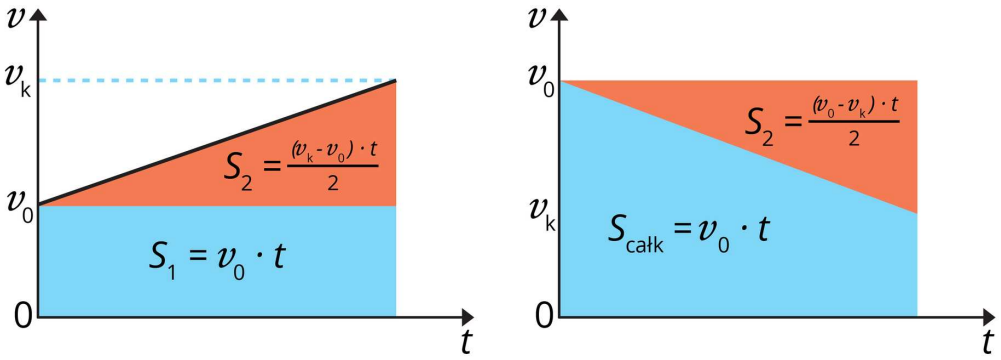
Praca domowa

Polecenie 4.1

Łyżworolkarz przemieszczał się ruchem jednostajnym prostoliniowym z prędkością $10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. W trakcie ruchu wyprzedził rowerzystę, który w tej samej chwili ruszył z miejsca i zaczął poruszać się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem $2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Oblicz drogę, jaką musi przejechać rowerzysta, aby dogonić łyżworolkarza, i czas, który jest na to potrzebny.

Polecenie 4.2

(Tego zadania nie czytaj i nie rozwiązuj, jeżeli nie chcesz się wyróżnić na następnej lekcji). Na podstawie analizy ruchu jednostajnie przyspieszonego lub jednostajnie opóźnionego, obliczaliśmy przebytą drogę w sytuacjach, w których albo ciało ruszało z punktu startu (czyli prędkość początkowa wynosiła zero), albo zatrzymywało się na końcu ruchu opóźnionego (czyli prędkość końcowa wynosiła zero). Samochód (tak jak w jednym z powyższych przykładów) może jednak jechać ze stałą prędkością, a następnie zwalniać. Może być też tak, że prędkość początkowa pojazdu jest różna od zera i pojazd ten przyspiesza. Jak wtedy obliczymy przebytą drogę? Poniżej widzisz dwa wykresy odpowiadające opisanym sytuacjom. Podane wzory pozwalają obliczyć pola powierzchni. Skorzystaj też z definicji przyspieszenia $a = \frac{v_k - v_p}{t}$.



Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- Rozwiązywanie zadań dotyczących ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego
- Ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy

Zadanie podsumowujące

Ćwiczenie 1

Podsumowanie wiadomości z kinematyki

W tym dziale zapoznaliśmy cię z pojęciem względności ruchu i podstawowymi wielkościami opisującymi ruch, takimi jak: tor ruchu, droga, prędkość, przyspieszenie. Podaliśmy klasyfikację ruchów; z uwagi na kształt toru są to ruchy prostoliniowe i krzywoliniowe, a ze względu na zależność prędkości od czasu – ruch jednostajny i ruch zmienny. Pokazaliśmy, jak opisuje się najprostsze typy ruchów prostoliniowych: jednostajnego i jednostajnie zmiennego. Możemy je opisywać słownie, za pomocą wzorów matematycznych albo graficznie, czyli za pomocą wykresów. Zdobyłeś również kolejną umiejętność doświadczalną – potrafisz wyznaczać prędkość na podstawie pomiaru drogi i czasu trwania ruchu.

Ruch to jedno z najczęściej występujących zjawisk w przyrodzie, a przy tym stosunkowo łatwe do opisania za pomocą równań – warto wiedzieć, jak się nimi posługiwać

1. Ruch jest względny

1. Ruch i spoczynek są pojęciami względnymi. Można jednocześnie być w ruchu względem jednego ciała i w spoczynku względem innego. Pasażerowie jadącego pociągu są w spoczynku względem siebie i jednocześnie poruszają się względem drzew za oknem.
2. Ruch polega na zmianie położenia ciała względem wybranego układu odniesienia, np. samochodu względem słupa latarni, Księżyca względem Ziemi itp. Zmiana ta zachodzi w czasie.

2. Układ odniesienia

1. Układ odniesienia to dowolnie wybrane ciało lub ciała, względem których określamy zmiany położenia badanego ciała. Dla ruchów w pobliżu powierzchni Ziemi najczęściej wybieranym układem odniesienia są Ziemia lub jakiś punkt na jej powierzchni trwale z nia związany.
2. Szczegółowy opis ruchu za pomocą zależności matematycznych wymaga powiązania go z układem odniesienia i układem współrzędnych.

3. Wielkości opisujące ruch

Podstawowe wielkości fizyczne opisujące ruch to:

a. tor ruchu, czyli ślad zakreślony przez poruszające się ciało;
b. droga – długość toru;
c. prędkość;
d. przyspieszenie.

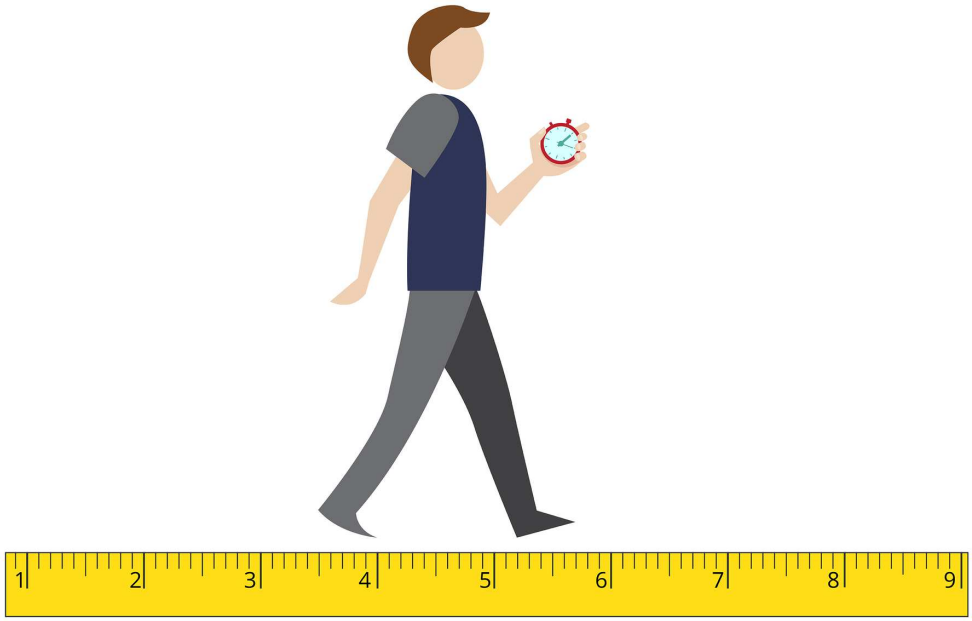
Jednostką drogi (s) w układzie SI jest metr.

4. Prędkość

1. Prędkość to wielkość fizyczna, która informuje nas, jaką drogę przebywa ciało w danej jednostce czasu.
2. Jednostką prędkości w układzie SI jest metr na sekundę $\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$. W życiu codziennym częściej posługujemy się jednostką taką jak kilometr na godzinę $\left[\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right]$. Jednostki te możemy przeliczać – korzystamy wtedy z zależności: $1\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = \frac{1000\ \mathrm{m}}{3600\ \mathrm{s}} = \frac{10\ \mathrm{m}}{36\ \mathrm{s}} = 0{,}277\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
   $1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \frac{0{,}001}{\frac{1}{3600}}\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 3{,}6\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
3. W fizyce wyróżniamy prędkość średnią i chwilową.
4. **Prędkość średnią** obliczamy za pomocą wzoru:
   $v_{\text{śr}} = \frac{s}{t}$
   gdzie:
   $v_{\text{śr}}\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – prędkość średnia;
   $\mathrm{s}\ [\mathrm{m}]$– droga przebyta przez ciało;
   $t[\mathrm{s}]$ – czas trwania ruchu.

5. **Prędkość chwilowa** to prędkość ciała w danym momencie ruchu. Prędkość chwilową wskazują prędkościomierze, np. samochodowe.

5. Wyznaczanie prędkości



Aby wyznaczyć prędkość jakiegoś ciała, należy zmierzyć dwie wielkości:

- drogę przebytą przez to ciało (za pomocą przyrządu do pomiaru odległości);
- przedział czasu, w którym ta droga została przebyta (mierzymy go stoperem).

Prędkość średnią obliczamy ze wzoru:

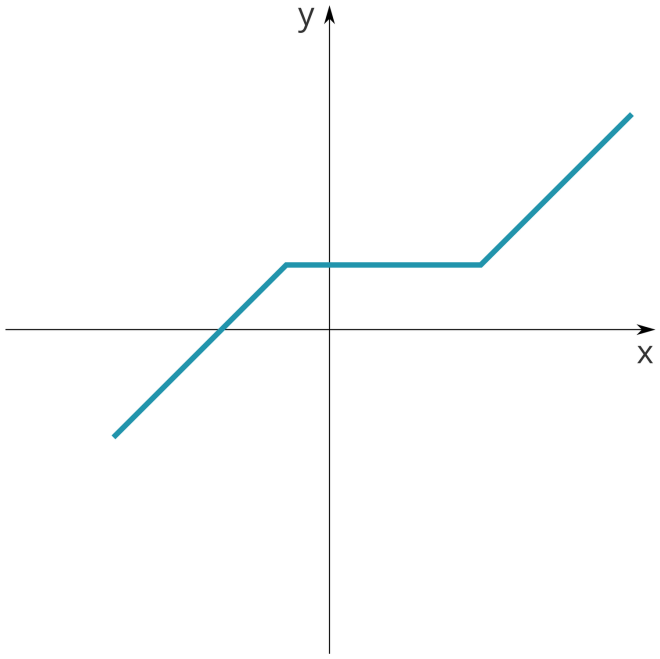
$$\text{prędkość średnia} = \frac{\text{droga}}{\text{czas trwania ruchu}}$$

Piechur maszerujący po płaskim terenie porusza się z prędkością około $1{,}4\ \text{m/s} \approx 5\ \text{km/h}$.

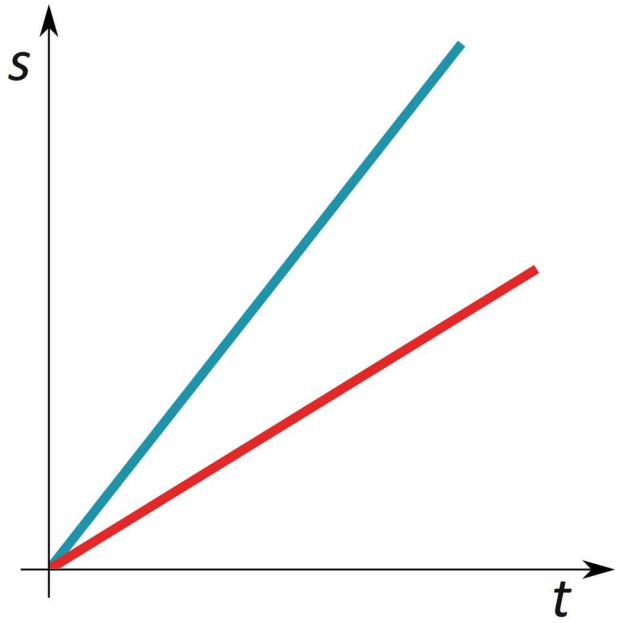
6. Ruch jednostajny prostoliniowy

1. Ruch prostoliniowy to ruch, którego torem jest linia prosta.
2. Ruch jednostajny to ruch, w którym ciało porusza się ze stałą prędkością.
3. W ruchu jednostajnym prostoliniowym ciało w przebywa jednakowe odcinki drogi w równych odstępach czasu.
4. W ruchu jednostajnym prostoliniowym prędkość średnia i chwilowa są sobie równe.
5. Droga przebyta przez ciało w ruchu jednostajnym jest wprost proporcjonalna do czasu trwania ruchu. Obliczamy ją ze wzoru:
   $s = v \cdot t$
   gdzie:
   v $\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$ – wartość prędkości ciała;
   $s[\mathrm{m}]$ – droga przebyta przez ciało;
   $t[\mathrm{s}]$ – czas ruchu ciała.

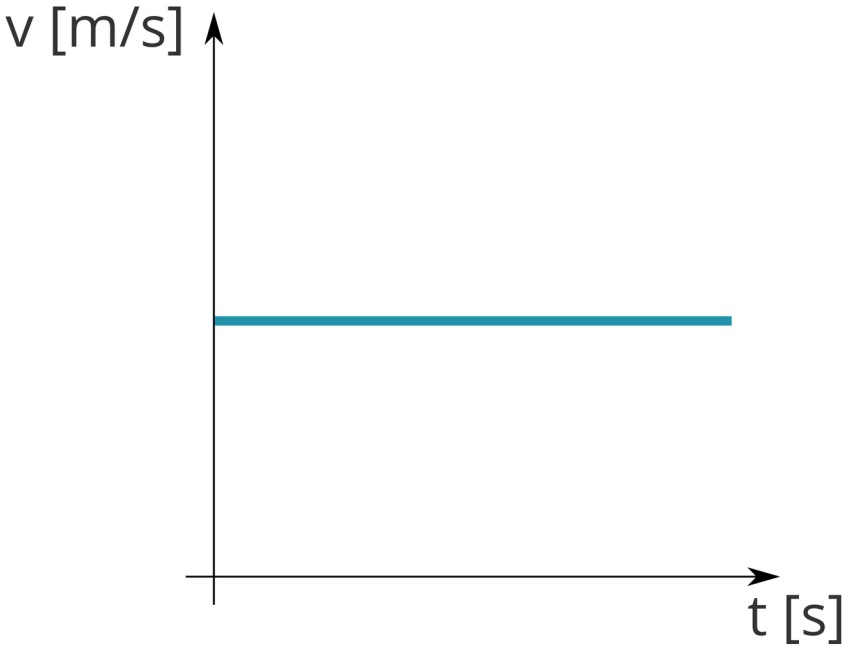
7. Wykresy zależności drogi i prędkości od czasu w ruchu jednostajnym



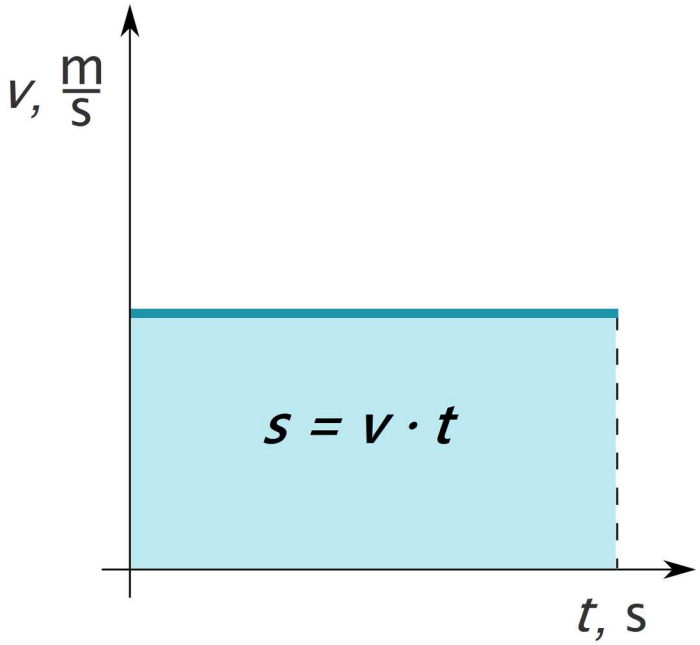
Wykres to graficzny sposób przedstawienia zależności między wielkościami fizycznymi.
Wykres zależności **drogi od czasu** opisujemy symbolem *s*(t).
W ruchu jednostajnym wykresem *s*(t) jest prosta, nachylona lub równoległa do osi czasu.



Wykresem zależności prędkości od czasu, opisywanym symbolem *v*(t), w tym ruchu jest prosta równoległa do osi czasu.



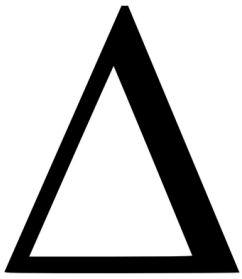
Pole prostokąta pod wykresem *v*(t) jest liczbowo równe przebytej drodze.



8. Ruch zmienny

1. **Ruch zmienny** to taki, w którym zmienia się wartość prędkości.
2. Może on być:
    a. **przyspieszony** – jeśli w jego trakcie prędkość ciała rośnie (rozpędzanie się, przyspieszanie);
    b. **opóźniony** – jeśli prędkość ciała maleje (hamowanie, zwalnianie).
3. W ruchu zmiennym prędkość chwilowa różni się od prędkości średniej.

9. Symbol Δ (delta) i jego znaczenie w fizyce



1. Grecką literę Δ (delta) stosuje się we wzorach fizycznych do oznaczania zmian (przyrostów, ubytków, różnic) wielkości fizycznych. Ta litera oznacza zmianę, ale tylko w towarzystwie symbolu wielkości fizycznej. Przez zmianę rozumie się na ogół różnicę między wartością danej wielkości na końcu obserwacji i na początku obserwacji.
2. Ta różnica może mieć wartość dodatnią, ujemną lub równą zero. Na określenie zmian różnych wielkości używa takich określeń jak np. odstęp lub przedział czasu, zmiana

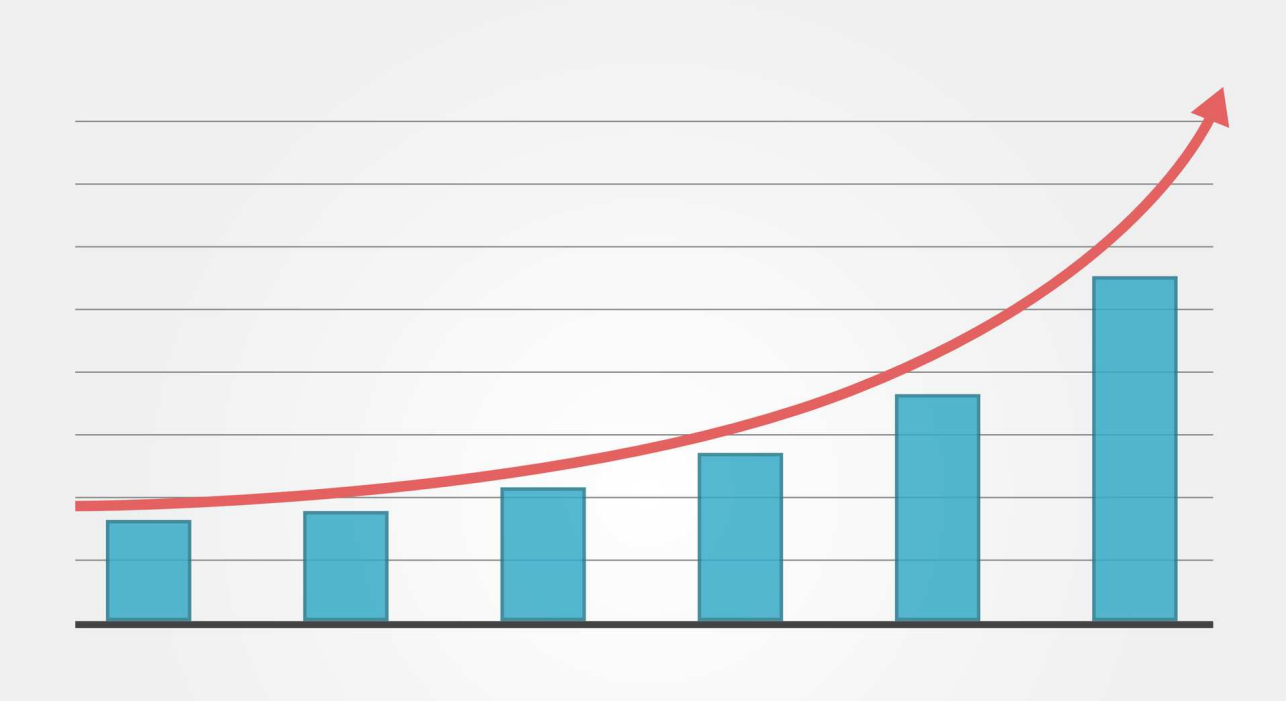
wysokości, różnica temperatur.

3. Przykładowo: Δv oznacza zmianę (przyrost lub spadek) wartości prędkości, Δt – przedział czasu, ΔT – różnicę temperatur, Δh – zmianę wysokości itd.
4. Zmiana prędkości: $\Delta v = v_k - v_p$to różnica między wartością prędkości końcowej i początkowej. Zmiana ta jest dodatnia w ruchu przyspieszonym, a ujemna – w ruchu opóźnionym.

10. Przyspieszenie

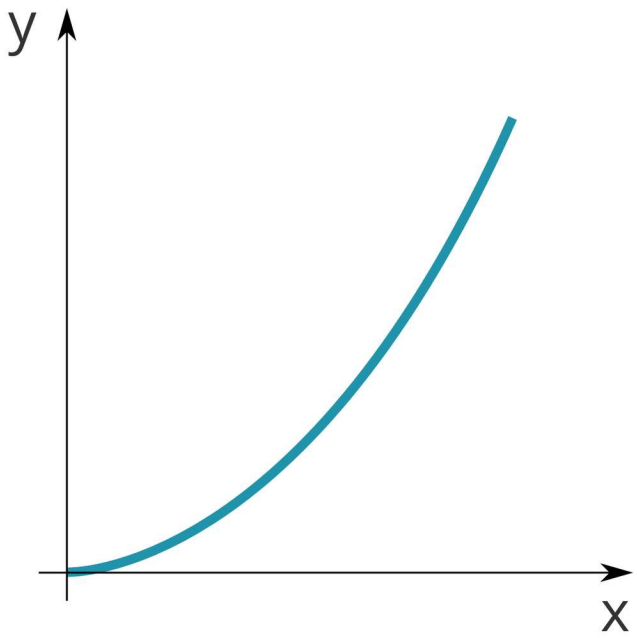
1. Przyspieszenie to wielkość fizyczna, która mówi nam, ile wynosi **zmiana prędkości** ciała w jednostce czasu.
2. Przyspieszenie obliczamy ze wzoru:
   $\text{przyspieszenie} = \frac{\text{zmiana prędkości}}{\text{przedział czasu}}$
   $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
   gdzie:
   Δv – zmiana (przyrost lub spadek) wartości prędkości;
   Δt – przedział czasu, w którym nastąpiła ta zmiana.
3. Jednostką przyspieszenia w układzie SI jest $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$.
4. Przyspieszenie o wartości np. $2\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ informuje nas, że prędkość ciała zmienia się co sekundę o $2\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

11. Ruch przyspieszony w sposób jednostajny

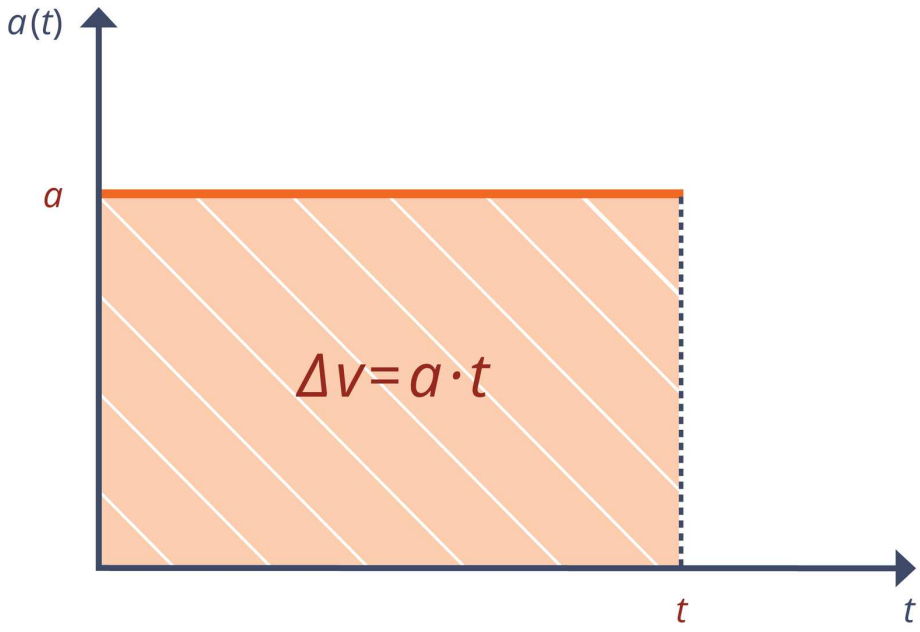


1. Ruchem jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym (przyspieszonym w sposób jednostajny) nazywamy taki ruch, w którym przyspieszenie jest stałe, co oznacza, że prędkość rośnie o jednakową wartość w równych odstępach czasu (np. co 1 sekundę), a torem ruchu jest linia prosta.
2. Prędkość końcową, jaką osiągnęło ciało w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym z prędkością początkową $v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, możemy obliczyć za pomocą wzoru:
   $v_k = a \cdot \Delta t$
   gdzie:
   $v_k \left[\frac{m}{s}\right]$ – prędkość końcowa ciała.
3. Gdy przed rozpoczęciem ruchu ciało znajdowało się w spoczynku ($v_0 = 0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$), drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym prostoliniowym obliczamy za pomocą wzoru:
   $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$
   gdzie:
   $s[\mathrm{m}]$ – droga;
   $a\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]$ – przyspieszenie;
   $t[\mathrm{s}]$ – czas ruchu ciała.

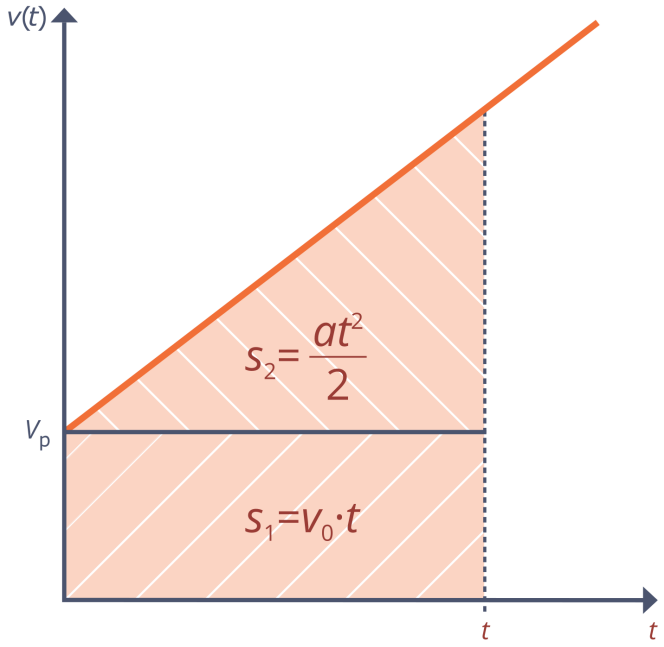
12. Wykresy w ruchu jednostajnie przyspieszonym



1. Wykresem zależności **przyspieszenia od czasu** $a(t)$ jest prosta równoległa do osi czasu. Zaznaczone pole jest równe zmianie wartości prędkości.



2. Wykresem zależności **prędkości od czasu** $v(t)$ w ruchu jednostajnie przyspieszonym jest prosta nachylona do osi czasu.



3. Pole figury pod wykresem zależności prędkości od czasu odpowiada wartości drogi przebytej przez ciało.

13. Zadania

Polecenie 1

Oblicz czas podróży z Zielonej Góry do Gorzowa Wielkopolskiego, jeśli pojazd porusza się ze średnią prędkością o wartości 80 km/h, a odległość miedzy tymi miastami wynosi 100 km. Odpowiedź podaj w godzinach i minutach.

Polecenie 2

Poniższa tabelka zawiera dane dotyczące podróży rowerzysty. Na ich podstawie sporządź wykres zależności drogi od czasu.

Tabela zależności drogi od czasu

t [s]		5	10	15	20	25	30
s [m]		20	40	60	80	100	120

Wyjaśnij, dlaczego na wykresie został przedstawiony ruch jednostajny. Na podstawie wykresu wyznacz prędkość rowerzysty.

Polecenie 3

W ciągu pół minuty pociąg zwiększył swoją prędkość z 18 do 36 km/h. Oblicz przyspieszenie pociągu.

Polecenie 4

W reklamie samochodu napisano, że prędkość 100 km/h osiąga on w ciągu 6 sekund. O ile metrów na sekundę rośnie prędkość tego samochodu w ciągu jednej sekundy?

Polecenie 5

W rozkładzie jazdy autobusów napisano, że pewien autobus wyjeżdża z Wrocławia o 6.45, a przyjeżdża do Paryża o 23.45. Oblicz prędkość średnią autobusu na trasie Wrocław – Paryż. Odległość między tymi miastami wynosi 1 300 km, a oba miasta leżą w tej samej strefie czasowej. Czy wynik obliczeń oznacza, że autobus cały czas jechał z taką samą prędkością?

Polecenie 6

* Kierowca samochodu jadącego z prędkością 72 km/h zauważył przeszkodę i zaczął gwałtownie hamować. Średnie opóźnienie pojazdu w tym ruchu wynosiło 5 m/s^2. Oblicz czas hamowania do momentu zatrzymania się samochodu. W jakiej najmniejszej odległości musiałaby znajdować się przeszkoda, żeby pojazd zdążył się przed nią zatrzymać?

Polecenie 7

Uzasadnij, że pies biegnący z maksymalną prędkością 54 km/h nie może dogonić zająca, który porusza się z prędkością 18 m/s.

> **Wskazówka**
>
> Pamiętaj o zamianie jednostek.

Polecenie 8

Ziemia porusza się wokół Słońca z prędkością około 30 km/s. Oblicz drogę przebytą przez Ziemię w ciągu godziny.

14. Test

Ćwiczenie 1

Pojęcie prędkości średniej można stosować przy opisie ruchu:

- ◯ tylko przyspieszonego.
- ◯ dowolnego.
- ◯ tylko krzywoliniowego.
- ◯ tylko jednostajnie zmiennego.
- ◯ tylko prostoliniowego.
- ◯ tylko jednostajnego.

Ćwiczenie 2

Połącz części zdań, tak aby utworzyły wypowiedź poprawną z punktu widzenia fizyki.

Ruch	zajmuje się opisem ruchu.
Tor	jest linią zakreśloną przez poruszające się ciało.
Kinematyka	torem ruchu jest linia prosta.
W ruchu prostoliniowym	to zmiana położenia ciała.
Prędkość	jest równa ilorazowi drogi i czasu, w którym ta droga została przebyta.

Ćwiczenie 3

Dwa samochody jadą obok siebie z jednakowymi prędkościami.
Pasażerowie tych samochodów są względem siebie:

- ◯ w ruchu; są w ruchu również względem słupków drogowych
- ◯ w spoczynku, a względem słupków drogowych w ruchu
- ◯ w ruchu, a względem słupków drogowych w spoczynku
- ◯ w spoczynku; są w spoczynku również względem słupków drogowych

Ćwiczenie 4

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania przygotuj kartkę papieru i przybory do pisania. Może przydać się również kalkulator.

Tramwaj poruszający się z prędkością 5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ zaczął przyspieszać, a jego przyspieszenie wynosiło 0,5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Po upływie 4 sekund jego prędkość wynosiła:

- ◯ 10 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 7 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 2 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 8 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 9 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ◯ 20 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Tabela zależności $s(t)$ dla pojazdu P_1 i zależności $v(t)$ dla pojazdu P_2

Tabela zależności

P_1	t [s]		1	2	3		P_2	t [s]		1	2	3
	s [m]		2	4	6			v [m/s]		2	4	6

Ćwiczenie 5.1

W tabelach zapisano wartości drogi i prędkości dla różnych czasów dla pojazdów P_1 i P_2. Jakim ruchem poruszają się te pojazdy?

- ◯ Pojazd P_1 porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym, a pojazd P_2 – jednostajnym.
- ◯ Obydwa poruszają się ruchem jednostajnie przyspieszonym.
- ◯ Pojazd P_1 porusza się ruchem jednostajnym, a pojazd P_2 – jednostajnie przyspieszonym.
- ◯ Obydwa poruszają się ruchem jednostajnym.

Ćwiczenie 6

Ćwiczenie 7

Na trasie biegu długodystansowego ustawione są w równych odstępach (odległościach) punkty kontrolne. Trener rejestrował przedziały czasu, w których zawodnik przebywał kolejne odległości między punktami kontrolnymi: 10 s, 8 s, 7 s, 7 s, 7 s, 7 s, 10 s, 13 s, 16 s.
Z pomiarów tych wynika, że zawodnik poruszał się:

- ◯ cały czas ruchem opóźnionym.
- ◯ najpierw ruchem przyspieszonym, a następnie opóźnionym.
- ◯ początkowo ruchem opóźnionym, potem jednostajnym, a następnie przyspieszonym.
- ◯ początkowo ruchem przyspieszonym, potem jednostajnym, a następnie opóźnionym.
- ◯ cały czas z jednakową prędkością.
- ◯ cały czas ruchem przyspieszonym.

Ćwiczenie 8

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania przygotuj kartkę papieru i przybory do pisania. Może przydać się również kalkulator.

Podczas silnego uderzenia piłka tenisowa uzyskuje przyspieszenie 8000 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Oblicz prędkość piłki po upływie 0,01 s od momentu uderzenia, zakładając, że piłka ma stałe przyspieszenie.

- [ ] 8 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- [ ] Nie można obliczyć prędkości tej piłki – jest zbyt mało danych.
- [ ] 288 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
- [ ] 28,8 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
- [ ] 800 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- [ ] 2880 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
- [ ] 80 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Ćwiczenie 9

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania przygotuj kartkę papieru i przybory do pisania. Może przydać się również kalkulator.

Ile czasu potrzebuje startujący do lotu ptak, aby rozpędzić się do prędkości 36 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, jeśli jego przyspieszenie wynosi 1,5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$?

- ◯ 54 s
- ◯ 0,04 s
- ◯ 24 s

Ćwiczenie 10

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania przygotuj kartkę papieru i przybory do pisania. Może przydać się również kalkulator.

Dwaj koledzy rywalizują o jak najkrótszy czas pokonania dystansu 50 m.
Adam biegnie ten dystans ze stałą szybkością 5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.
Bolek startuje z miejsca i biegnie ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem 1 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.
Oblicz czas przebycia dystansu 50 m przez każdego z chłopców i wskaż prawidłową odpowiedź.

- ◯ Najkrótszy czas uzyskał Adam.
- ◯ Bolek miał czas krótszy o sekundę niż Adam.
- ◯ Adam miał czas o sekundę krótszy niż Bolek.
- ◯ Adam i Bolek uzyskali taki sam czas.

Sprawdzian wiadomości

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania przygotuj kartkę papieru i przybory do pisania. Może przydać się również kalkulator.

Które z poniższych twierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
$10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 100\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$	◯	◯
$54\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 15\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$	◯	◯
Do opisu ruchu zawsze potrzebny jest układ odniesienia.	◯	◯
$20\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 72\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$	◯	◯
Prędkość średnia i chwilowa zawsze są sobie równe.	◯	◯
Biegnący maratończyk jest w ruchu dla każdego obserwatora.	◯	◯
Tor ruchu jest zawsze linią prostą.	◯	◯
W ruchu prostoliniowym jednostajnie przyspieszonym w jednakowych odstępach czasu wartość prędkości zmienia się o taką samą wartość.	◯	◯
$72\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 20\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$	◯	◯

Ćwiczenie 3

Siedzący na Księżycu Pan Twardowski jest:

- [ ] w spoczynku względem powierzchni Ziemi.
- [ ] w spoczynku względem Księżyca.
- [ ] w ruchu względem Słońca.
- [ ] w ruchu względem Księżyca.

Ćwiczenie 4

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania przygotuj kartkę papieru i przybory do pisania. Może przydać się również kalkulator.

Narciarz zjeżdżający „na krechę” porusza się ze stałym przyspieszeniem o wartości 2,5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.
O ile przyrasta wartość prędkości narciarza w pierwszej i w czwartej sekundzie ruchu?

- ◯ W pierwszej sekundzie prędkość przyrasta o 2,5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, a w czwartej o 5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.
- ◯ Wartość prędkości narciarza nie zmienia się, ponieważ porusza się on ze stałym przyspieszeniem.
- ◯ W pierwszej sekundzie prędkość przyrasta o 2,5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, a w czwartej o 10 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.
- ◯ W pierwszej sekundzie prędkość przyrasta o 1,25 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, a w czwartej o 20 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.
- ◯ Zarówno w pierwszej, jak i w czwartej sekundzie prędkość przyrasta o 2,5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

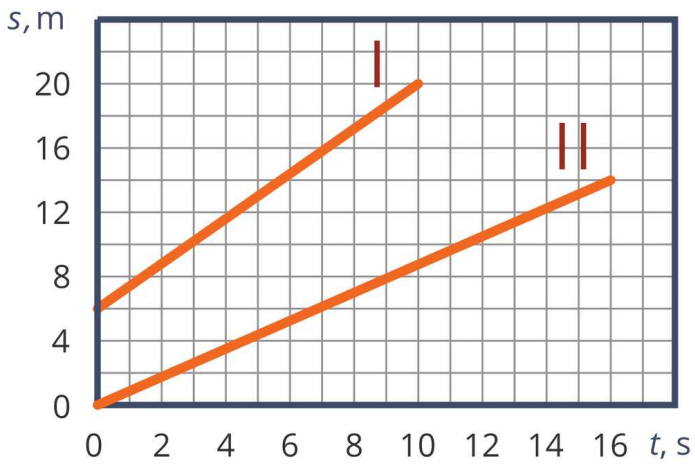
Polecenie 1

Traktor w ciągu 6 minut przebył drogę 720 m. W jakim czasie przebędzie on drogę 10,8 km, jeżeli będzie się poruszał ze stałą prędkością? Wynik podaj w godzinach i minutach.

Polecenie 2

Wykresy I i II przedstawiają zależność drogi od czasu.

a. Nazwij ruch, jakim poruszało się ciało I oraz ciało II.

b. Wymień różnice w ruchu ciała I i ciała II.

c. Oblicz prędkości tych ciał.