

Zoriana Maksymowycz
Maria Biłyk
Liana Warenycia

НОВА
УКРАЇНСЬКА
ШКОЛА

Fizyka

PODRĘCZNIK

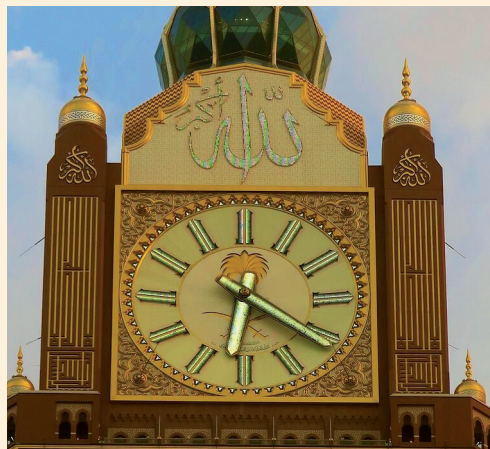
7^{kl}



академія

NAJWIĘKSZY ZEGAR NA ŚWIECIE

Odtąd największym zegarem na świecie nie będzie Big Ben, ale zegar w Mekce. Nowe dzieło sztuki technicznej może oglądać jednocześnie 10 milionów ludzi, a samo urządzenie znajduje się na wysokości 425 m. Tarcza ma wymiary 45 na 43 m, długość wskazówki minutowej wynosi 22 m, a wskazówka godzinowa ma 17 m.



NAJBARDZIEJ TAJEMNICZNY ZEGAREK

W 1783 roku francuski zegarmistrz Abraham-Louis Breguet nazwał swój wynalazek «Queen Marie Antoinette» «Królowa Maria-Antonina». Zegarek posiadał naciąg automatyczny – mechanizm samonakręcający, wieczny kalendarz, stoper, termometr i wskaźnik rezerwy chodu. Tylną obudowę wykonano z kryształu górskiego, dzięki czemu można było obserwować pracę jego mechanizmu. Wykonanie zegarka zajęło dużo czasu, więc Maria Antonina nigdy go nie zobaczyła.



GNOMON – PIERWSZY ZEGAR SŁONECZNY

Gnomon został wynaleziony w 1100 roku p. n. e. Był to pionowy obelisk z narysowaną na ziemi skalą. Czas wyznaczano, biorąc pod uwagę długość powstałego cienia. Zmiany jego długości i kierunku wskazywały również na ruch Słońca i Ziemi.



PIERWSZY BUDZIK PLATOŃSKI

Budzik składał się z dwóch naczyń umieszczonych na różnych wysokościach. Do górnego wlewano wodę, stamtąd spływała ona do dolnego naczynia i wypierała z niego powietrze, które przez rurkę dochodziło do fletu i on zaczynał wydawać dźwięki.



PIERWSZY ZEGAREK KIESZONKOWY

Zegar ten został wykonany przez niemieckiego zegarmistrza Petera Henleina w 1504 roku z połączanego mosiądzu w kształcie jajka, dlatego też nazwano go «Jajkiem Norymberskim». Miał tylko jedną wskazówkę i pokazywał przybliżony czas.



BUDZIK OGNIOWY

Do świecy po obu stronach przymocowywano metalowe szpilki, które spadały w wyniku wypalenia i stopienia wosku. Ich uderzenie w metalowy kielich świecznika sygnalizowało nadejście pewnego czasu.



Zoriana Maksymowycz
Maria Biłyk
Liana Warenycia

Fizyka

PODRĘCZNIK

dla klasy **7**

ogólnokształcących szkół średnich
z polskim językiem nauczania

ZALECANY PRZEZ
Ministerstwo Oświaty i Nauki Ukrainy

Київ
a | Видавничий центр «Академія»
2024

УДК 37.016:53(075.3)
М17

Друкується за виданням:

Фізика : підруч. для 7 кл. закл. заг. серед. освіти /
Зоряна Максимович, Марія Білик, Ліана Варениця
та ін. — Київ : ВЦ «Академія», 2024. — 192 с. : іл.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

(наказ Міністерства освіти і науки України від 05.02.2024 № 124)

Видано за державні кошти. Продаж заборонено

Авторський колектив:

З. Максимович, М. Білик, Л. Варениця, Г. Коваль,
О. Микитеєк, М. Ординович, В. Шевців

Науковий консультант: О. Бовгира, кандидат фізико-математичних наук

Експерт: О. Паска, фізик, кандидат економічних наук

Максимович З.

М17 Фізика : підруч. для 7 кл. з навч. польською мовою закл.
заг. серед. освіти / Зоряна Максимович, Марія Білик, Ліана
Варениця та ін. ; пер. Ганна Мельник, Віолети Ільчук. —
Київ : ВЦ «Академія», 2024. — 192 с. : іл.

ISBN 978-966-580-726-1 (польськ.)

Підручник розроблено за модельною навчальною
програмою «Фізика. 7—9 класи» для закладів загальної
середньої освіти (авт. Максимович З. Ю., Білик М. М.,
Варениця Л. В., Коваль Г. С., Микитеєк О. М., Ордино-
вич М. Б., Созанський А. В., Шевців В. Ф.).

УДК 37.016:53(075.3)

© Максимович З., Білик М., Варениця Л.,
Коваль Г., Микитеєк О., Ординович М.,
Шевців В., 2024

© Мельник Г., Ільчук В., переклад
польською мовою, 2024

© Штогрин В., дизайн книжки, 2024

ISBN 978-966-580-726-1 (польськ.)

ISBN 978-966-580-723-0 (укр.)

Drogi siódmoklasisto i droga siódmoklasistko

Zaczynasz uczyć się fizyki — jednej z najważniejszych i najstarszych nauk o przyrodzie. Jej twórcami są znani na całym świecie naukowcy, wśród których jest wielu Ukraińców. Dziś ona jest podstawą rozwoju nauki i techniki.

Fizyka jest fundamentem wielu zawodów w różnych dziedzinach działalności człowieka. Wiedza z fizyki pozwala wyjaśnić zjawiska naturalne, przewidywać je; zrozumieć, jak działają różne urządzenia oraz konstruować nowe.

Fizyka, jak każda inna nauka, opiera się na faktach naukowych. Dlatego też, ucząc się jej, będziesz samodzielnie prowadzić obserwacje, wykonywać doświadczenia w szkole i w domu, uczyć się dokonywać pomiarów za pomocą przyrządów, obliczać wartości wielkości fizycznych za pomocą wzorów, analizować wykresy i samodzielnie je sporządzać, rozwiązywać zadania fizyczne.

Fizyka nauczy Cię spostrzegawczości, sprytu i zaradności, rozwiązywania zagadek i znajdowania sposobów rozwiązywania problemowych sytuacji życiowych. Po jej opanowaniu poczujesz się jako osoba wykształcona i będziesz w stanie znaleźć odpowiedzi na tysiące pytań «Dlaczego?». Pomoże Ci w tym nasz podręcznik.

W celu lepszego opanowania treści podręcznika materiał w nim został podzielony na rozdziały i paragrafy, które zawierają sytuacje życiowe, fakty historyczne, informacje o różnych zjawiskach fizycznych, procesach, prawach; przykłady zastosowania wiedzy fizycznej w życiu codziennym, zadania do przeprowadzenia eksperymentów w szkole i w domu, przykłady rozwiązywania zadań.

Aby ułatwić postrzeganie zjawisk i praw fizycznych, zrozumienie działania przyrządów i urządzeń, oferujemy materiały wideo stworzone przez zespoły studentów/studentek-eksperymentatorów.

Dostęp do materiałów wideo i zadań do samokontroli można uzyskać za pomocą kodów QR i linków. Paragrafy, do których opracowano materiały wideo, oznaczone są ikoną «Skanuj».

Dla wygody korzystania z materiałów podręcznika zaproponowano rubryki z oznaczeniami umownymi.

Oznaczenia umowne



Motywacja



Dowiedz się o...



Zastanów się i odpowiedz



Zapamiętaj



Sprawdź się



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...



Słowniczek terminów fizycznych
(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)



Skanuj

Mamy nadzieję, że nasz podręcznik będzie Twoim niezawodnym przyjacielem i przewodnikiem w badaniu skomplikowanej, ale bardzo interesującej i fascynującej nauki — fizyki.

*Z poważaniem
Zespół Autorski*

INSTRUKCJA ZASAD BEZPIECZEŃSTWA

podczas zajęć lekcyjnych w pracowni fizycznej

1. Ogólne wymagania bezpieczeństwa

- 1.1. Uczniowie/uczennice mogą przebywać na terenie pracowni (laboratorium) fizycznej wyłącznie w obecności nauczyciela/nauczycielki fizyki lub asystenta laboratoryjnego.
- 1.2. Bądź uważny i zdyscyplinowany, postępuj zgodnie z instrukcjami nauczyciela.
- 1.3. Nie rozpoczynaj pracy bez zgody nauczyciela.
- 1.4. Umieszczaj materiały, przyrządy w miejscu pracy tak, aby zapobiec ich upadkowi lub przewróceniu.

2. Wymagania bezpieczeństwa przed rozpoczęciem pracy

- 2.1. Zapoznaj się z opisem pracy i zastanów się nad kolejnością jej wykonywania.
- 2.2. Usuń z miejsca pracy wszelkie zbędne przedmioty.
- 2.3. Sprawdź dostępność urządzeń i materiałów niezbędnych do wykonania pracy oraz ich przydatność do użytku.
- 2.4. Bądź uważny i zdyscyplinowany, nie rozpoczynaj pracy bez zgody nauczyciela/nauczycielki.
- 2.5. Nie opuszczaj miejsca pracy bez zezwolenia nauczyciela/nauczycielki.

3. Wymagania bezpieczeństwa podczas pracy

- 3.1. Nie przemieszczaj się bez potrzeby z jednego miejsca pracy do drugiego.
- 3.2. Przestrzegaj zasad korzystania z przyrządów pomiarowych. Podczas przeprowadzania doświadczeń nie dopuszczaj do granicznych obciążeń przyrządów pomiarowych. Używaj przyrządów wyłącznie zgodnie z ich przeznaczeniem.
- 3.3. Zachowuj szczególną ostrożność podczas pracy z przyrządami ze szkła. Używaj zlewek i kolb o zaokrąglonych brzegach. Sprawdź, czy nie ma pęknięć na próbówce, zlewce. Nie dopuszczaj do mechanicznych uszkodzeń naczyń ze szkła. Opuszczaj ciała stałe do zlewki (szklanki) powoli na mocnej nici tak, aby nie uszkodzić dna.

- 3.4. W przypadku uszkodzenia szklanego naczynia nie zbieraj stłuczonego szkła gołymi rękami. Użyj szczotki i szufelki.
- 3.5. Nie badaj na smak cieczy, których używasz w doświadczeniach, nie dopuszczaj do ich rozlania na stół.
- 3.6. Zachowuj ostrożność podczas pracy z materiałami sypkimi. Nie pozwól, aby dostały się do oczu.
- 3.7. Używając ostrych przedmiotów (igła, szpilka), unikaj uszkodzenia dłoni lub innych części ciała. Nie używaj drewnianych (plastikowych) linijek ze złamanymi końcówkami.
- 3.8. Podczas korzystania z wag przestrzegaj zasad ważenia.
- 3.9. Nie dopuszczaj do upadku ciał (klocków) i ciężarków podczas ważenia ich na dynamometrze.
- 3.10. Monitoruj i sprawdzaj wszelkie mocowania w przyrządach i urządzeniach. Nie dotykaj (zwłaszcza z rozpuszczonymi włosami) obrotowych części maszyn i nie pochylaj się nad nimi.
- 3.11. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy z urządzeniami ekranowymi.

4. Wymagania bezpieczeństwa po zakończeniu pracy

- 4.1. Poinformuj nauczyciela/nauczycielkę o zakończeniu pracy..
- 4.2. Zdemontuj sprzęt.
- 4.3. Złóż sprzęt tak, jak został złożony przed rozpoczęciem pracy.
- 4.4. Posprzątaj swoje miejsce pracy. W razie potrzeby wytrzyj stół czystą ściereczką.
- 4.5. Nie opuszczaj miejsca pracy bez zgody nauczyciela.

5. Wymagania bezpieczeństwa w sytuacjach awaryjnych

- 5.1. W przypadku skaleczenia rąk lub innych części ciała natychmiast przerwij pracę i poinformuj o tym nauczyciela/nauczycielkę..
- 5.2. W przypadku stwierdzenia uszkodzenia urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem, natychmiast wyłącz źródło zasilania i poinformuj o tym nauczyciela/nauczycielkę.
- 5.3. Nie usuwaj samodzielnie usterek w obwodach elektrycznych, sprzęcie elektrycznym.
- 5.4. W przypadku niespodziewanego powstania pożaru należy natychmiast powiadomić o tym nauczyciela/nauczycielkę.
- 5.5. W sytuacjach awaryjnych należy ściśle stosować się do poleceń nauczyciela/nauczycielki.

A composite image featuring a night sky with a large, glowing planet on the right, a bright comet streaking across the upper left, and a dense forest of evergreen trees reflected in a calm body of water in the foreground. The scene is illuminated by a warm, golden light from the horizon, creating a serene and cosmic atmosphere.

Fizyka i astronomia — nauki o przyrodzie

§ 1. Fizyka i astronomia jako nauki przyrodnicze. Twórcy nauki fizycznej



Dowiesz się o...

- ▶ fizyce i astronomii jako naukach przyrodniczych;
- ▶ twórcach nauki fizycznej.

1. Krótko o fizyce i astronomii

Fizyka (z grec. *physis* — «natura») — to nauka o przyrodzie. A co to jest przyroda? To wszystko co nas otacza: od najmniejszych (niewidocznych dla ludzkiego oka) cząstek elementarnych po gigantyczne obiekty kosmiczne (planety, gwiazdy, galaktyki itp.).

Ale nie tylko fizyka bada przyrodę. Razem z nią zajmuje się tym wiele innych nauk. **Astronomia** bada Układ Słoneczny, gwiazdy, galaktyki, kosmos. **Chemia** — substancje, cząsteczki, atomy, jony. **Biologia** — przyrodę żywą: świat zwierzęcy i roślinny. **Geografia** — kontynenty, zasoby wodne, klimat, kopaliny użyteczne itp.

W starożytności wszystkie nauki były połączone w całość — przyrodzownictwo, które opierało się na zebranych informacjach, obserwacjach, praktycznym doświadczeniu ludzi. Ze względu na konieczność prowadzenia rachuby czasu i orientacji w czasie w ciągu doby i roku, tworzenia komfortowych warunków życia, oswojania nowych terytoriów powstała pierwsza z nauk przyrodniczych — astronomia.

Najprostsze badania astronomiczne i obserwacje ciał niebieskich sprzyjały powstaniu kalendarzy i zegarów.

2. Jak powstawała fizyka

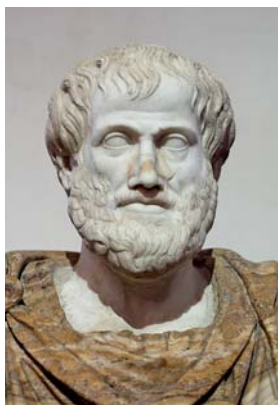
Wraz z rozwojem wiedzy naukowej ogólna nauka o przyrodzie stopniowo podzieliła się na kilka niezależnych: fizykę, chemię, biologię, geografę i inne.

Pierwsze próby wyjaśnienia tajemniczych zjawisk na niebie badacze starożytnego Egiptu i starożytnej Grecji podjęli ponad 4000 lat p.n.e. Starogrecki uczyony **Arystoteles** wraz ze swoimi poprzednikami badał ruch mechaniczny w oparciu o astronomię. On dzielił ten ruch na dwie kategorie: ruch ciał niebieskich i ruch zwykłych przedmiotów ziemskich. W jego pismach po raz pierwszy pojawiło się słowo «fizyka».

Z czasem jeszcze jeden starogrecki uczyony **Archimedes** swoimi odkryciami utorował drogę do rozwoju fizyki. Maszyny proste ułatwiające pracę, budowanie statków z uwzględnieniem warunków żeglugi, pomiar objętości ciał o nieregularnych kształtach, właściwości promieni słonecznych odbitych od lustrzanej powierzchni — to efekty jego pracy, które ludzkość wykorzystuje do dzisiaj.

Fizyka stała się odrębną nauką w XVII wieku, gdy wiedza naukowa zaczęła opierać się na badaniach i eksperymentach. Wybitny angielski uczyony **Izaak Newton**, uogólnił całą dotychczasową wiedzę o ruchu ciał, stworzył teorię naukową. Wprowadził pojęcia takie jak «siła» i «masa», sformułował podstawowe prawa ruchu, prawo powszechnego ciążenia, wytłumaczył ruch ciał niebieskich.

Znaczący wkład w rozwój nauki wnieśli także ukraińscy naukowcy. Ze wszystkimi ich osiągnięciami zapoznamy się podczas nauki fizyki.



Arystoteles



Archimedes



Izaak Newton



Sprawdź się

Rozpoznaj nieprawdziwe informacje

Tylko fizyka bada przyrodę. Astronomia bada Układ Słoneczny. Termin «fizyka» został wprowadzony przez Izaaka Newtona. Maszyny proste wynalezione przez Archimedesego pomogły Egipcjanom w budowie piramid. Arystoteles badał ruch mechaniczny już 4000 lat p.n.e. Takie pojęcia jak «masa» i «siła» wprowadził do fizyki Archimedes.



§ 2. Metody badania przyrody. Ciała fizyczne i zjawiska fizyczne



Dowiedz się o...

- ▶ ciałach fizycznych;
- ▶ zjawiskach fizycznych;
- ▶ źródłach wiedzy fizycznej.

1. Ciała fizyczne

Świat, w którym żyjemy, jest ciekawy, różnobarwny, pełen dźwięków, zapachów, przedmiotów, ruchu, wydarzeń. Przedstawiciele/przedstawicielki różnych zawodów opisują go na swój sposób: malarze/malarki — farbami, pisarze/pisarki — słowami, kompozytorzy/kompozytorki — nutami, a naukowcy — za pomocą wzorów i praw.

Fizyka ma swoje terminy o ściśle zdefiniowanym znaczeniu, które są nazywane **pojęciami fizycznymi**.

Otacza nas ogromna ilość różnorodnych przedmiotów — ciał fizycznych (długopis, podręcznik, telefon, komputer, kot, kwiaty, gwiazdy, Słońce, Księżyc, ryby itp.).

Ciało fizyczne to dowolny przedmiot przyrody ożywionej i nieożywionej.

Wszystkie ciała mają swoją wielkość, kształt i zbudowane są z różnych substancji.



Zastanów się i odpowiedz

Rozpatrz ciała fizyczne (rys.2.1). W czym są podobne, a czym się różnią?

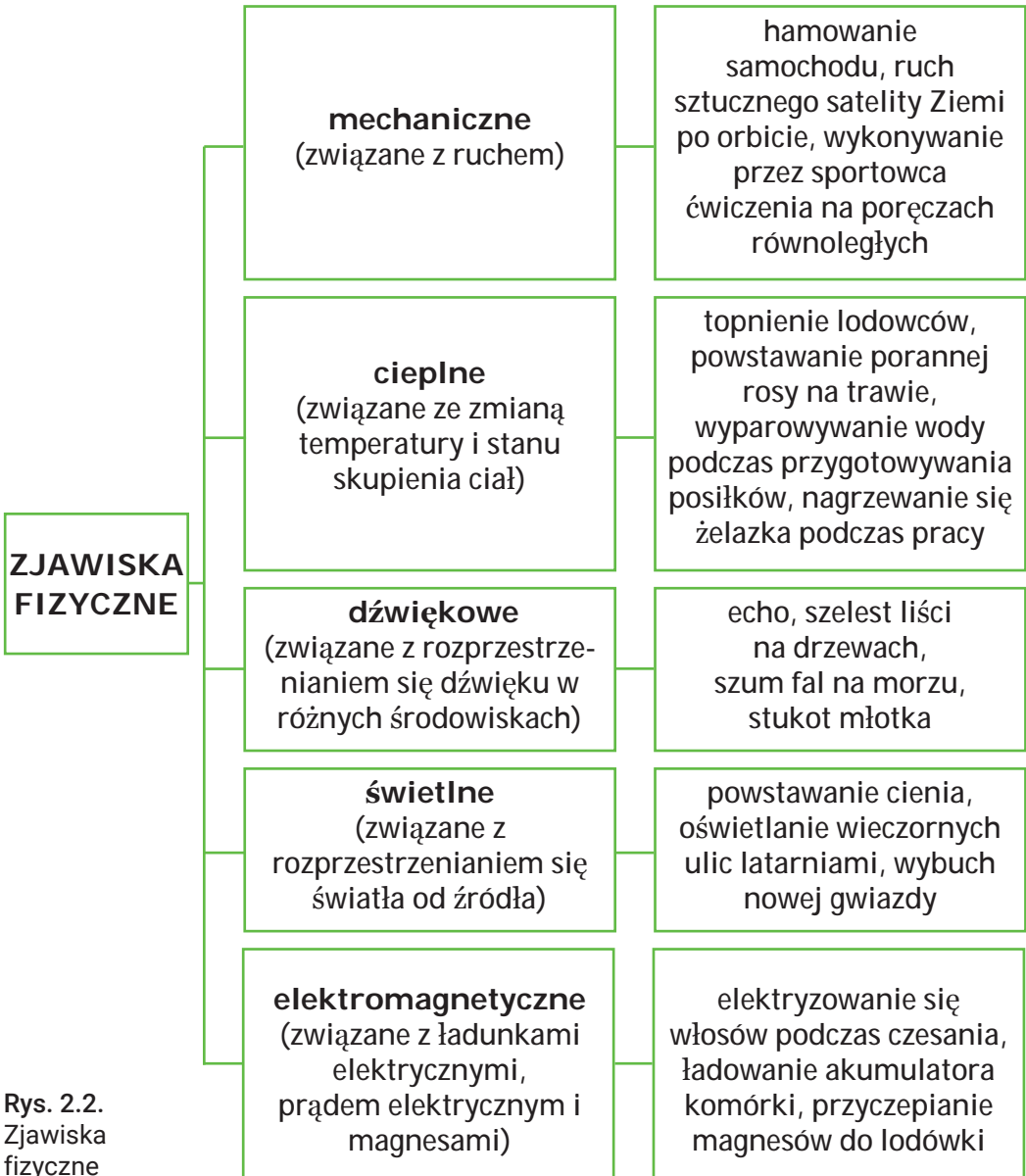


Rys. 2.1.
Ciała fizyczne

2. Zjawiska fizyczne

Zjawisko fizyczne to proces lub zdarzenie zachodzące w przyrodzie, które można opisać i zbadać za pomocą praw i zasad fizyki.

Zjawiska fizyczne dzielą się na mechaniczne, cieplne, dźwiękowe, świetlne, elektromagnetyczne (rys.2.2). Niektóre z nich mogą mieć cechy kilku rodzajów. Na przykład błyskawica jednocześnie jest zjawiskiem świetlnym i elektromagnetycznym.

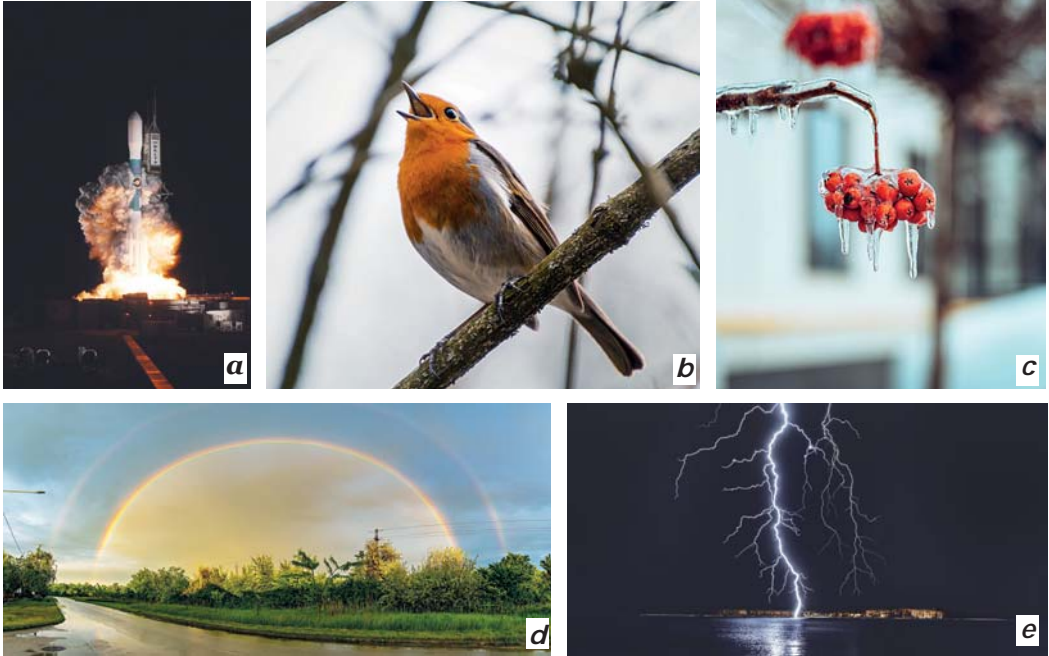


Rys. 2.2.
Zjawiska fizyczne



Zastanów się i odpowiedz

Rozpatrz rys.2.3. Jakie rodzaje zjawisk fizycznych przedstawiono na zdjęciach?



Rys. 2.3. Zjawiska fizyczne

3. Obserwacja, eksperyment — źródła wiedzy fizycznej

Wszystkie zjawiska fizyczne zachodzące w przyrodzie człowiek odbiera za pomocą narządów zmysłu i przyrządów, które rozszerzają jego możliwości (okulary, mikroskop, teleskop, lupa, peryskop, aparaty słuchowe, książki pisane alfabetem Braille'a itp.).

Wiemy, że gorące przedmioty mogą spowodować oparzenie skóry, dlatego nie wolno je dotykać gołymi rękami. Upuszczony z rąk przedmiot spadnie na ziemię, a nie poleci do góry. Wszystkie przyrządy grzewcze ustawia się na podłodze, a nie pod sufitem. Podczas gołoległości można doznać urazu, jeśli nie posypie się drogę piaskiem. Przed samochodem, który się porusza, nie wolno przebiegać, ponieważ on nie zatrzyma się natychmiast. Jak doszliśmy do takich wniosków? Na podstawie obserwacji i własnego doświadczenia.

Obserwacja to postrzeganie i notowanie danych o zjawiskach fizycznych w celu ich dalszej analizy.

Aby wyjaśnić zjawiska fizyczne, obserwacje nie wystarczą. Konieczne jest przeprowadzanie doświadczeń (eksperymentów): wyznaczenie określonego celu, dokonanie pomiarów za pomocą przyrządów fizycznych, analiza wyników i wyciągnięcie wniosków.

Eksperyment to specjalnie zorganizowana obserwacja zjawiska fizycznego w określonym celu.

Zastanów się i odpowiedz

Na którym zdjęciu przedstawiono proces obserwacji (rys. 2.4)?



Rys.2.4. Źródła wiedzy fizycznej

Zapamiętaj

Ciało fizyczne to dowolny przedmiot przyrody ożywionej i nieożywionej.

Zjawisko fizyczne to proces lub zdarzenie zachodzące w przyrodzie, które można opisać i zbadać za pomocą praw i zasad fizyki.

Obserwacja to postrzeganie i notowanie danych o zjawiskach fizycznych w celu ich dalszej analizy.

Eksperyment to specjalnie zorganizowana obserwacja zjawiska fizycznego w określonym celu.

 **Sprawdź się**

1. Przeczytaj fragment wiersza T. Szewczenki «Sadek wiśniowy koło chatki». Wybierz z tekstu ciała fizyczne, zjawiska fizyczne i nazwij je. Wskaż, do jakiego rodzaju należą te zjawiska fizyczne.

*Садок вишневий коло хати,
Хрущі над вишнями гудуть,
Плугатарі з плугами йдуть,
Співають ідучи дівчата,
А матері вечерять ждуть.
Сім'я вечерея коло хати,
Вечірня зіронька встає.
Дочка вечерять подає...*

2. Wybierz z podanej listy zjawiska optyczne i mechaniczne: śpiew skowronka, migotanie gwiazd, lot piłki, błyskawica, grzmot, mrok, wrzenie wody.

3. Podaj z własnego doświadczenia przykłady obserwacji i eksperymentów.



Słowniczek terminów fizycznych
(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Przyroda	Nature
Fizyka	Physics
Astronomia	Astronomy
Ciało fizyczne	Physical body
Zjawiska fizyczne	Physical phenomena
Obserwacja	Observation
Eksperyment	Experiment

§ 3. Mikro-, makro- i megaświat. Rozwój poglądów o budowie Układu Słonecznego. Rola astronomii w poznawaniu ciał megaświata



Dowiedz się o...

- ▶ Wszechświecie;
- ▶ obiektach, które należą do mikro-, makro- i megaświata;
- ▶ budowie Układu Słonecznego;
- ▶ badaniach Układu Słonecznego i megaświata.

1. Wszechświat i jego objekty

Jeśli spojrzysz na nocne niebo, to na jego czarnym aksamicie zobaczysz, jak migocą i mieniają się tysiące ogników. W rzeczywistości niektóre z nich są planetami, jak i nasza Ziemia. Inne — to gwiazdy oddalone są od nas o miliardy kilometrów. Wśród nich jest Słońce, które zapewnia Ziemi światło i ciepło. Wszystkie te objekty i otaczająca je przestrzeń kosmiczna tworzą **Wszechświat**.

Objekty Wszechświata umownie możemy podzielić na mikro-, makro- i megaświat.

Cząstki, których wielkość nie przekracza mikrona (jedna milionowa część metra), są obiektami **mikroświata**. To są molekuły, atomy, cząstki elementarne, neutrony. Mikroświat jest obiektem badań fizyki kwantowej, atomowej i jądrowej, z którymi zapoznasz się w starszych klasach.

Objekty dostępne do badań i aktywnego wpływu cywilizacji ludzkiej, należą do makroświata. Ludzie, otaczające ich przedmioty, Ziemia, inne planety są elementami **makroświata**. Makroświat bada fizyka klasyczna.

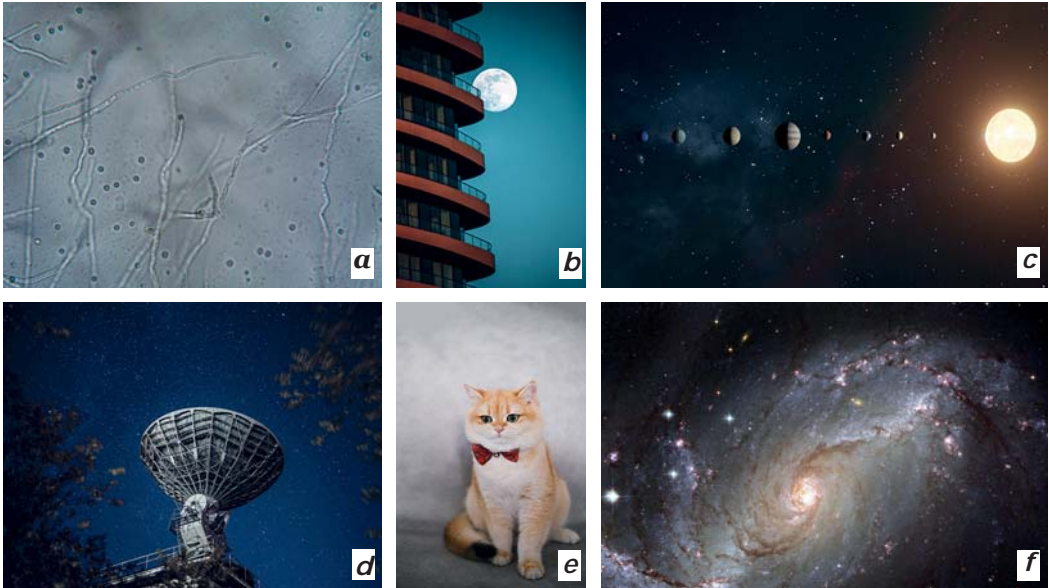
Jeżeli wielkości obiektów i odległości do nich stanowią miliardy kilometrów, a zmiany zachodzą tak powoli, że okres życia jednego człowieka jest mgnieniem w porównaniu z miliardami lat istnienia gwiazd, to takie objekty są elementami **megaświata**. To jest Słońce, gwiazdy, gromady gwiazd, galaktyki. Budowę i ewolucję megaświata bada kosmologia.



Zastanów się i odpowiedz

Rozpatrz objekty Wszechświata (rys. 3.1) i ustal, które z nich są obiektami:

1) tylko mikroświata; 2) tylko makroświata; 3) tylko megaświata; 4) makro- i megaświata.



Rys. 3.1. Obiekty Wszechświata

2. Rozwój poglądów o budowie Układu Słonecznego

Większość starożytnych astronomów i filozofów sądziła, że centrum Wszechświata jest Ziemia i że ona jest nieruchoma. Wokół Ziemi obracają się wszystkie ciała niebieskie: Słońce, Księżyc, planety i gwiazdy. Ale wśród badaczy byli również tacy, którzy stawiali hipotezę, według której Ziemia się porusza. Mowa o następcach starogreckiego uczonego Pitagorasa – pitagorejczykach. A starogrecki astronom **Arystarch z Samos** jeszcze w IV–III wieku p.n.e. wypowiadał się o tym, że Ziemia i wszystkie planety obracają się wokół Słońca, a Ziemia prócz tego jeszcze wokół swej osi.

Starogrecki uczoney i filozof Arystoteles jako pierwszy próbował wyjaśnić prawa ruchu. Odwołując się do jego pracy o ruchu, starogrecki astronom **Klaudiusz Ptolemeusz** w II w.n.e. stworzył **geocentryczny** (z gr. Geo – Ziemia) układ świata (rys.3.2). W centrum świata on «umieścił» kulistą nieruchomą Ziemię, wokół której



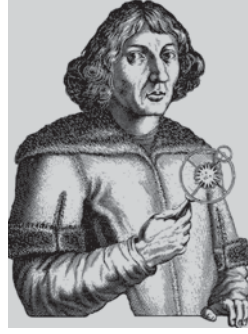
Rys. 3.2.
Geocentryczny
układ świata



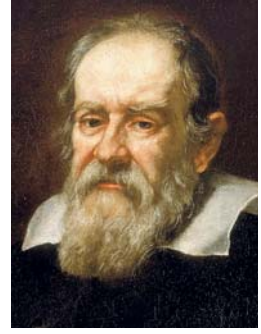
Arystarch
z Samos



Klaudiusz
Ptolemeusz



Mikołaj
Kopernik

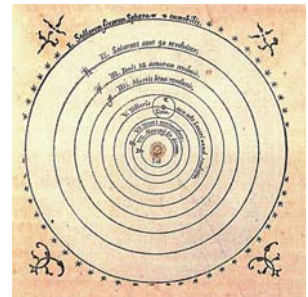


Galileo
Galileusz

krążyły Słońce, Księżyc, planety, a gwiazdy były nieruchome.

W XVI w. polski uczyony **Mikołaj Kopernik** zaprzeczył twierdzeniu Ptolemeusza o nieruchomości Ziemi, które w ciągu wielu stuleci tkwiło w umysłach ludzkości. Umieściwszy Ziemię wśród innych planet, pokazał, że ona, znajdując się na trzecim miejscu od Słońca, na równi ze wszystkimi innymi planetami porusza się w przestrzeni wokół Słońca, a ponadto obraca się wokół swej osi. A więc on uzasadnił **heliocentryczny** (w centrum Słońce — od gr. *Helios*) układ świata (rys. 3.3).

Włoski fizyk i astronom **Galileo Galileusz** pragnął uzasadnić i obronić poglądy Kopernika. On rzetelnie badał zjawiska, które mogłyby udowodnić słuszność twierdzeń polskiego uczonego. To zachęciło go do stworzenia pierwszego **teleskopu**, którego prototypem stała się luneta (rys. 3.4). Za jego pomocą odkrył fazy Wenus, dostrzegł na Księżycu góry podobne do gór na Ziemi, cztery orbity planety Jupiter, plamy na Słońcu i jego obrót wokół swej osi. Zobaczył, że Droga Mleczna składa się z ogromnej ilości gwiazd. Poprzez swoje badania udowodnił, że Ziemia jest takim samym ciałem niebieskim, jak Księżyc i planety.



Rys. 3.3.
Heliocentryczny
układ świata



Rys. 3.4.
Teleskop Galileusza

3. Badanie ciał Układu Słonecznego za pomocą aparatów kosmicznych

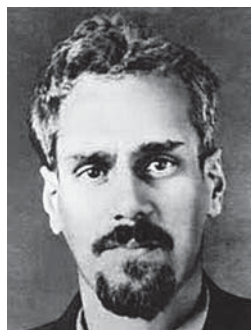
Badanie Układu Słonecznego za pomocą aparatów kosmicznych stało się możliwe dzięki geniuszowi kosmonautyki z Połtawy Ołeksandrowi Szarhejowi (1897–1942), który znany jest na całym świecie jako Jurij Kondratiuk. W książce «Podbój przestrzeni międzyplanetarnej» przedstawił podstawy kosmonautyki, lotów kosmicznych, budowy statków międzyplanetarnych; wyprowadził podstawowe równanie lotu rakiety i rozpatrzył najbardziej wygodne pod względem energetycznym tory lotów kosmicznych; stworzył teorię rakiet wielostopniowych i zaproponował recepty paliwa raketowego. Amerykański program lądowania astronautów na Księżycu «Apollo» został zrealizowany w oparciu o prace Jurija Kondratiuka.

Ukrainiec, genialny konstruktor Serhij Korolow, urodzony w obwodzie żytomierskim, budował szybowce i samoloty, a następnie rakiety; kierował projektowaniem statków kosmicznych i organizacją ich lotów.

Ważnym wydarzeniem w dziedzinie badań astronomicznych kosmosu stało się wyniesienie sztucznych satelitów Ziemi na orbitę okołoziemską, lot człowieka w kosmos, lądowanie astronautów na Księżycu, badanie planet i innych obiektów znajdujących się w Układzie Słonecznym i poza nim za pomocą stacji kosmicznych, aparatów kosmicznych, satelitów i różnego rodzaju teleskopów.

Ważną rolę w badaniu Układu Słonecznego, obiektów Wszechświata odgrywają nowe potężne teleskopy kosmiczne: orbitalny teleskop do obserwacji na podczerwień imienia Jamesa Webba i orbitalny teleskop Keplera, teleskop Hubble'a (rys. 3.5).

NASA (Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej) planuje kolejny lot na Księżyc i zbudowanie stałej mieszkalnej bazy księżycowej; planuje też lot człowieka na Marsa. Obecnie powierzchnię Marsa bada sześć stacji zrobotyzowanych. Planeta Jowisz, Saturn i inne ciała Układu Słonecznego są badane przez Sonden kosmiczne «Voyager», «Juno», «Cassini — Huygens», «New horizons» (rys. 3.6).



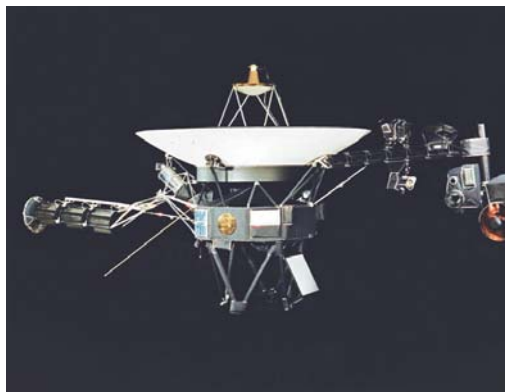
Jurij Kondratiuk



Serhij Korolow



Rys. 3.5.
Teleskop Hubble'a



Rys. 3.6.
Sonda kosmiczna «Voyager»



Zapamiętaj

Cząstki, których wielkość nie przekracza mikrona (jednej milionowej części metra), należą do **mikroświata**.

Obiekty, które są osiągalne dla badania i aktywnego wpływu ludzkiej cywilizacji, należą do **makroświata**.

Jeżeli wielkość obiektów i odległość do nich stanowią miliardy kilometrów, zmiany zachodzą tak powoli, że czas życia jednego człowieka — to mig w porównaniu z miliardami lat istnienia gwiazd, to takie obiekty są elementami **megaświata**.



Sprawdź się

1. Ustal odpowiedniość między obiektami Wszechświata badanymi przez fizykę i ich przykładami.

- | | |
|---------------|----------------------|
| 1) Mikroświat | A) Droga Mleczna |
| 2) Makroświat | B) Słoń |
| 3) Megaświat | C) Wirus |
| | D) Spadająca gwiazda |

2. Rozpoznaj nieprawdziwą informację.

Arystarch z Samoaa uważał, że Słońce obraca się wokół Ziemi. Pierwszy teleskop skonstruował Galileo Galileusz. Mikołaj Kopernik uzasad-

nił poglądy Galileo Galileusza. Zgodnie z heliocentrycznym układem świata Ziemia obraca się w przestrzeni wokół Słońca.



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Wykonaj model Układu Słonecznego według własnego algorytmu postępowania, wykorzystując plastelinę, jednorazowe szpażki oraz informację ze źródeł internetowych o rozmiarach Słońca, planet i odległości od Słońca do nich.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Wszechświat	Universe
Układ Słoneczny	Solar System
Mikroświat	Microcosm
Makroświat	Macrocosm
Megaświat	Megaworld
Teleskop	Telescope

§ 4. Wielkości fizyczne i jednostki ich miary. Międzynarodowy układ jednostek SI



Dowiedz się o...

- ▶ wielkościach fizycznych;
- ▶ jednostkach miar wielkości fizycznych;
- ▶ Międzynarodowym Układzie Jednostek Miar.

1. Wielkości fizyczne

W fizyce badamy ciała fizyczne i zjawiska fizyczne. Trzeba umieć je opisywać. W tym celu wykorzystujemy wielkości fizyczne.

Wielkość fizyczna to miara ilościowa określonej cechy ciała lub zjawiska, która może przybierać konkretną wartość liczbową.

Każde ciało posiada **wymiary liniowe** — długość, szerokość, wysokość. Na przykład najwyższa góra Ukrainy, Howerla, znajdująca się na granicy obwodu zakarpackiego i iwanofrankińskiego, ma wysokość 2061 m; średnia szerokość Dniepru w obrębie Kijowa — 500 m; długość zwozzonej części Warwariwśkocho mostu w Mikołajowie wynosi 128,73 m.

Cieplną charakterystyką ciała jest **temperatura**, której wartość waha się w przedziale temperatur dla różnych obiektów Wszechświata. Temperatura ciała zdrowego człowieka wynosi około 36,6 °C, a w przypadku zwierząt jest inaczej. Średnia temperatura ciała psa wynosi 38–39 °C, kurczaka — 41 °C, słonia — 35,9 °C, u żaby ona zależy od temperatury środowiska zewnętrznego. Średnia temperatura powierzchni Słońca wynosi 5727 °C.

Wielkością fizyczną jest również **pole powierzchni, objętość, masa, czas, prędkość** i in. Każdą wielkość fizyczną oznacza się określonym symbolem (literami alfabetu greckiego lub łacińskiego) (tab. 4.1).

Tabela 4.1

Wielkość fizyczna	Symbol wielkości fizycznej	Pochodzenie
Długość (rozmiary liniowe)	l	ang. <i>length</i>
Pole powierzchni	S	fr. <i>superficie</i>
Objętość	V	ang. <i>volume</i>
Temperatura	T, t	łac. <i>temperatura</i>
Masa	m	łac. <i>massa</i>
Czas	t	łac. <i>tempus</i> (czas), ang. <i>time</i>
Prędkość	v	łac. <i>velocitas</i> , ang. <i>velocity</i>

2. Jednostki miar wielkości fizycznych

Wielkość fizyczną można **zmierzyć** — porównać z wielkością, którą wzięto za jednostkę pomiaru.

W różnych państwach te same wielkości fizyczne mierzone są w różnych jednostkach. Długość mierzy się w calach, stopach, kilometrach,

metrach (w dawnych czasach mierzono w łokciach); temperaturę — stopniach Celsjusza, Fahrenheita i kelwinach. Aby nie było nieporozumień, naukowcy świata postanowili stworzyć jedyny układ jednostek miar — **Międzynarodowy Układ Jednostek Miar SI (Système international d'Unités)**. On zawiera **7 podstawowych** jednostek miar wielkości fizycznych (tab. 4.2).

Tabela 4.2

Wielkość fizyczna	Jednostka pomiaru w SI
Długość (rozmiary liniowe)	m (<i>metr</i>)
Czas	s (<i>sekunda</i>)
Masa	kg (<i>kilogram</i>)
Temperatura	K (<i>kelwin</i>)
Natężenie prądu elektrycznego	A (<i>amper</i>)
Ilość substancji	mol
Światłość	kandela

Oprócz podstawowych jednostek miar istnieją również jednostki **pochodne**. Tworzy się je za pomocą jednostek podstawowych: m/s, m², m³, N, Pa, J i in.

Dla ułatwienia zapisu dużych i małych wartości wielkości fizycznych stosuje się **jednostki wielokrotne** (większe od jednostki podstawowej 10, 100 i więcej razy) oraz **jednostki podwielokrotne** (mniejsze od jednostki podstawowej 10, 100 i więcej razy) (tab. 4.3).

Tabela 4.3

Przedrostek	Symbol	Mnożnik	
mega-	M	1 000 000	10 ⁶
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
mikro-	μ	0,000001	10 ⁻⁶



Zapamiętaj

Wielkość fizyczna to miara ilościowa określonej cechy ciała lub zjawiska, która może przybierać konkretne znaczenie liczbowe.

Zmierzyć wielkość fizyczną znaczy porównać z wielkością, którą wzięto za jednostkę pomiaru.



Sprawdź się

1. Wybierz jednostki pomiaru wielkości fizycznych, które nie są podstawowe w układzie SI: m, A, mol, m³, K, °C, m², kg, m/s, s, g.

2. Zapisz podane znaczenia wielkości fizycznych w jednostkach układu SI: 12 km, 25 cm, 3 mm, 3 min, 2 h, 1 t, 4 q, 500 g, 100 mg.

3. Zapisz w kolejności wzrastania wartości mas ciał fizycznych, przekształcając je przedtem na jednostki układu SI: 2 kg, 200 mg, 20 t, 2 g, 0,2 q.

4. Za pomocą znaków matematycznych (>, <, =) porównaj wartości wielkości fizycznych: 2 h i 72 000 s, 10 cm i 0,01 m, 30 g i 0,3 kg.



Słowniczek terminów fizycznych

(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Wielkość fizyczna	Physical quantity
Masa	Mass/weight
Długość	Length
Czas	Time
Temperatura	Temperature
Jednostka pomiaru	Unit of measurement
Układ Międzynarodowy	International System (of Units)

§ 5. Przyrządy do pomiaru wielkości fizycznych. Wartość podziałki przyrządu pomiarowego



Piekąc babeczki, nie tylko mieszamy «na oko» mąkę, cukier, jajka, proszek do pieczenia, masło, ale również ściśle trzymamy się przepisu, który podaje niezbędną masę wszystkich składników. Kiedy jesteśmy chorzy, lekarz przepisuje leki oraz ustala wielkość dawek i częstotliwość przyjmowania leku. Zakupione produkty przechowujemy w lodówce zgodnie z temperaturą ich przechowywania: lody w zamrażarce, a mleko — na półce. Dlaczego?

Poradzić sobie w tych sytuacjach życiowych pomoże nam wiedza fizyczna.



Dowiedz się o...

- ▶ miarach i przyrządach pomiarowych;
- ▶ pomiarach wielkości fizycznych;
- ▶ skali i wartości podziałki przyrządu pomiarowego.

1. Miary jako dawne sposoby pomiaru

Pierwszymi najprostszymi sposobami pomiaru były *miary* — wzorce mierzonych wielkości. Na Rusi Kijowskiej stosowano następujące miary długości: *sążeń ukośny* (248 cm) — odległość od czubka lewej stopy do końca palców uniesionej prawej dłoni, *sążeń* (176 cm) — odległość między końcami palców rozpostartych ramion, *łokiec* (45 cm) — odległość od końców palców do łokcia zgiętej ręki. W Anglii i USA jako miara nadal jest używana *stopa* (31 cm), *cal* — trzy suche, okrągłe ziarna jęczmienia ułożone wzdłuż *końca* (25 mm), a nawet *jard* (91 cm) — jednostka długości, która pojawiła się prawie 900 lat temu i była równa odległości od czubka nosa króla Henryka i do końca palców jego wyciągniętej dłoni.

Miarami pojemności na terenach Rusi Kijowskiej były: kadź, ceber i wiadro; miarami masy — zołotnik, pud, funt, karat itp. Sama miara ma pewną wartość mierzonej wielkości fizycznej (1 zołotnik \approx 4 g, 1 pud \approx 16 kg, 1 funt \approx 400 g, 1 karat = 200 mg).

Na przykład kupując 20 g pieprzu, trzeba było poprosić handlarza o 5 złotych monet, a kupując 2 kg mięsa, trzeba było zamówić 5 funtów.

Do końca XVIII wieku w świecie panował totalny bałagan, jeśli chodzi o miary. Dlatego podjęto pierwszy krok w celu ustalenia porządku. W 1799 roku francuski mistrz Lenoir wyprodukował standard metra — platynową linijkę o szerokości 25 mm i grubości 4 mm, a odległość między jej końcami była równa przyjętej jednostce długości. Prototyp metra i dwie jego kontrolne kopie przechowywane są w Sèvres (Francja) w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag.

2. Przyrządy pomiarowe

Bardziej skomplikowanymi i dokładnymi narzędziami służącymi do pomiaru są **przyrządy pomiarowe**. One mają skalę, według której odczytuje się wartość mierzonej wielkości fizycznej. Podczas pomiaru w przyrządzie pomiarowym zachodzi określone zjawisko fizyczne. Na przykład w trakcie mierzenia temperatury ciała zmienia się wysokość słupka rtęci w termometrze. W przypadku zwiększenia prędkości ruchu samochodu strzałka na prędkościomierzu odchyła się pod większym kątem.

Niektóre proste przyrządy pomiarowe mogą być używane jako miarki. Na przykład, jeśli potrzebujemy nalać litr wody, a mamy tylko menzurkę o pojemności 250 ml, to będą nam potrzebne cztery menzurki. W tym przypadku menzurkę wykorzystujemy jako miarkę. Jeśli zaś na menzurce jest naniesiona skala i potrzebujemy odmierzyć 100 ml wody, to nalewamy wody do podziałki 100 ml. W tym przypadku ta menzurka jest prostym przyrządem pomiarowym.



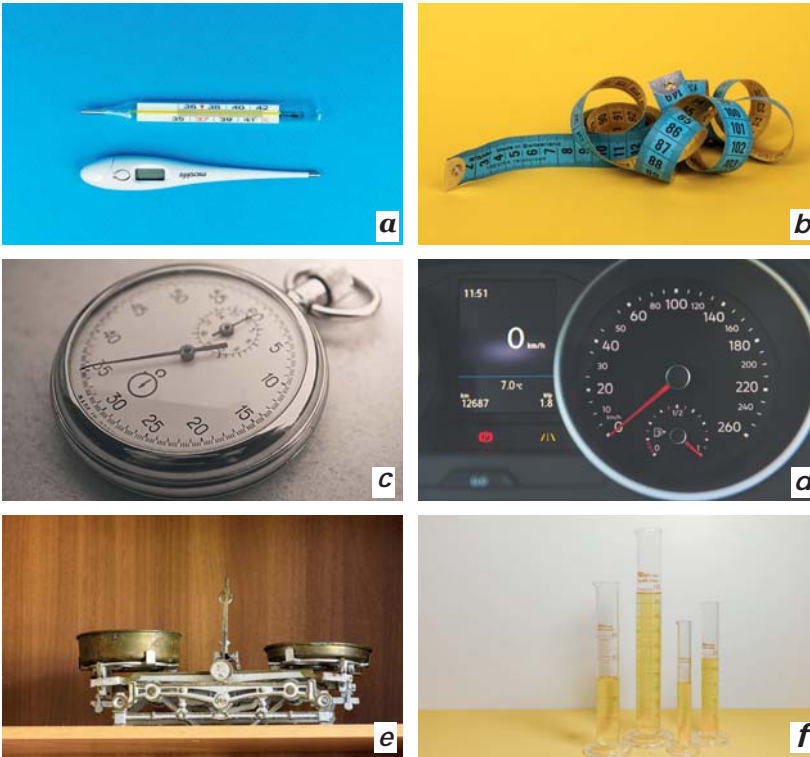
Zastanów się i odpowiedz

Rozpatrz przedstawione na rys. 5.1 (s. 26) przyrządy pomiarowe, nazwij je i określ ich przeznaczenie. Który z przyrządów można uznać za miarkę?

3. Wartość podziałki skali przyrządu pomiarowego

Na każdym przyrządzie pomiarowym naniesiono skalę. Ona składa się z kresiek (podpisanych cyframi i nie podpisanych), liczb i jednostek pomiaru. Aby odczytać wynik pomiaru z przyrządu, trzeba umieć wyznaczać wartość podziałki jego skali.

Wartość podziałki skali przyrządu pomiarowego — to wartość wielkości między dwoma najbliższymi leżącymi kreskami skali



Rys. 5.1. Przyrządy pomiarowe

tego przyrządu. Aby określić wartość podziałki skali przyrządu pomiarowego, należy: odnaleźć dwie najbliższe podziałki skali oznaczone liczbami; od większej wartości odjąć mniejszą; otrzymany wynik podzielić przez ilość podziałek między nimi.

Każdy przyrząd ma dolną i górną **granice zakresu pomiarowego** – najmniejszą i największą wartość wielkości fizycznej, którą można określić tym przyrządem.

Przykład

Określamy wartość podziałki skali menzurki i jej granice zakresu pomiaru (rys. 5.2).

1. Weźmy dowolne najbliższe podziałki skali oznaczone liczbowo, na przykład 150 ml i 200 ml.



Rys. 5.2. Określanie wartości podziałki skali menzurki

2. Znajdźmy ich różnicę:

$$200 \text{ ml} - 150 \text{ ml} = 50 \text{ ml}.$$

3. Policzmy ilość podziałek między 150 ml i 200 ml. Ich ilość wynosi 10.

4. Podzielmy różnicę na ilość podziałek:

$$C = \frac{200 \text{ ml} - 150 \text{ ml}}{10} = \frac{50 \text{ ml}}{10} = 5 \text{ ml}.$$

Otóż wartość podziałki skali tej menzurki 5 ml.

5. Dolna granica — 50 ml, górna — 250 ml.

Nie można idealnie dokładnie dokonać pomiaru wielkości fizycznej, ponieważ występuje niepewność (odchylenie) pomiaru związane z wizualnym odbiorem informacji i właściwościami przyrządów pomiarowych.



Zapamiętaj

Miara — wzorzec mierzonej wielkości.

Wartość podziałki skali przyrządu pomiarowego — to wartość wielkości fizycznej między dwoma najbliższymi leżącymi kreskami skali tego przyrządu.

Zakres granicy pomiaru — najmniejsza i największa wartość wielkości fizycznej, którą można określić tym przyrządem.



Sprawdź się

1. Określ granice pomiaru i wartość podziałki skali menzurek (rys. 5.3).



Rys. 5.3. Menzurki o różnej wartości podziałki skali

2. Znajdź błąd.

Wielkość fizyczna	Symbol	Jednostki miar w układzie SI	Przyrząd do pomiaru wielkości fizycznej
Długość	l	m	prędkościomierz
Czas	t	min.	sekundomierz
Masa	S	kg	waga
Temperatura	T	°C	termometr
Objętość cieczy	V	l	taśma miernicza

3. Co oznacza przysłowie ludowe «Siedem razy odmierz, jeden raz odetnij»?



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Wykonaj prosty przyrząd pomiarowy — taśmę mierniczą lub menzurkę o wartości podziałki skali 1 mm, 1 ml odpowiednio.

Użyj do tego dostępnych materiałów: tekturę, linijkę, ołówek, jednorazowy przezroczysty kubek plastikowy, jednorazową strzykawkę (bez igły).

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Przyrząd pomiarowy	Measuring instrument
Taśma miernicza	Measuring tape
Menzurka	Graduated/ measuring/ mixing cylinder
Waga	Scales
Sekundomierz	Timer, stopwatch

Praca laboratoryjna nr 1 WYZNACZANIE OBJĘTOŚCI RÓŻNYCH CIAŁ

Cel lekcji: nauczyć się wyznaczać objętość ciał o prawidłowym i nieprawidłowym kształcie.

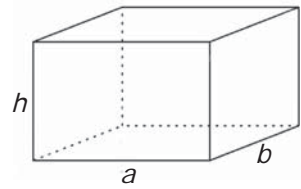
Sprzęt: linijka, cylinder miarowy (menzurka), ciało stałe o prawidłowym kształcie geometrycznym (prostokąt), ciało stałe o nieprawidłowym kształcie geometrycznym, naczynie z wodą.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Wskazówki do pracy

I. Wyznaczanie objętości ciała o prawidłowym kształcie geometrycznym.

1. Określ wartość podziałki skali linijki.
2. Rozpatrz ciało stałe, które ma kształt prostokąta (rys. 1).
3. Zmierz krawędzie prostokąta:
 - a – długość,
 - b – szerokość,
 - h – wysokość.
4. Wyznacz objętość prostokąta według wzoru: $V = abh$.
5. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli. 1.



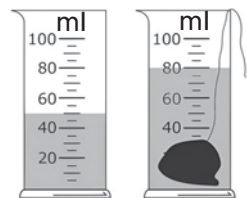
Rys. 1

Tabela 1

Długość ciała, a , cm	Szerokość ciała, b , cm	Wysokość ciała, h , cm	Objętość ciała, V , cm ³

II. Wyznaczanie objętości ciała o nieprawidłowym kształcie geometrycznym.

1. Określ wartość podziałki skali menzurki.
2. Nalej do menzurki (rys. 2) tyle wody, aby można było całkowicie zanurzyć w niej badane ciało.
3. Wyznacz objętość nalanej cieczy V_1 .
Przypomnij sobie: $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$.
4. Zanurz w wodzie badane ciało.
5. Wyznacz ogólną objętość wody z ciałem V_2 .



Rys. 2

6. Wyznacz objętość badanego ciała według wzoru

$$V_c = V_2 - V_1.$$

7. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli 2.

Tabela 2

Początkowa objętość cieczy, V_1, cm^3	Objętość cieczy z ciałem, V_2, cm^3	Objętość ciała, V_c, cm^3

Przeanalizuj wyniki doświadczenia. Wyciągnij wniosek (co wyznaczano podczas wykonywania pracy; wartości jakich wielkości wyznaczano i jakie otrzymano wyniki; czy można uważać wyniki doświadczenia za idealnie dokładne; gdzie zdobytą wiedzę można wykorzystać w praktyce).

Dodatkowe zadanie.

Do miarowej szklanki, której górna granica pomiaru wynosi 250 ml, nalano 100 ml wody i umieszczono w niej sześćcian o krawędzi 5 cm. Czy wyleje się woda ze szklanki? Udowodnij swoje przemyślenia za pomocą obliczeń matematycznych.

Praca laboratoryjna nr 2

MIERZENIE WIELKOŚCI MAŁYCH CIAŁ NA RÓŻNE SPOSOBY

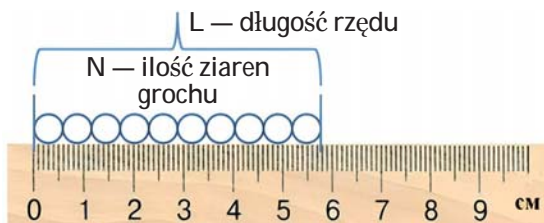
Cel lekcji: nauczyć się mierzyć wielkość małych ciał metodą rzędu.

Sprzęt: linijka z podziałką zaznaczoną co 1 mm, naczynia z grochem i prosem, wykałaczką, nici, ołówek.

Wiadomości teoretyczne

Aby zmierzyć wielkość małych ciał (na przykład ziaren grochu) metodą rzędu, trzeba:

- ułożyć określoną ilość ziaren grochu wzdłuż linijki szczelnie w rząd;



- zmierzyć długość rzędu;
- obliczyć średnicę ziarna według wzoru:

$$\text{średnica} = \frac{(\text{długość rzędu})}{(\text{ilość ziaren})}.$$

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Wskazówki do pracy

1. Określ wartość podziałki skali linijki.
2. Za pomocą wykałaczki umieść w rzędzie blisko linijki 20–25 ziaren (N) grochu.
3. Zmierz długość rzędu L w milimetrach.
4. Wyznacz wielkość (średnicę) d_0 jednego ziarna grochu metodą rzędu według wzoru $d_0 = \frac{L}{N}$.
5. Przeprowadź analogiczne doświadczenie z prosem.
6. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tab. 1.

Tabela 1

Nr p/p	Nazwa ciała	Ilość ciał w rzędzie, N	Długość rzędu, L , mm	Średnica ciała, d_0 , mm
1	Groch			
2	Proso			

7. Namotaj szczerlnie na ołówek 20–25 zwojów (N) nici. Zmierz długość rzędu L i wyznacz grubość (średnicę) d_0 nici.
8. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tab. 2.

Tabela 2

Ilość zwojów w rzędzie, N	Długość rzędu, L , mm	Średnica nici, d_0 , mm

Przeanalizuj wyniki doświadczenia. Wyciągnij wniosek (co wyznaczano podczas wykonania pracy; wartość jakich wielkości wyznaczano i jakie otrzymano wyniki; czy można uważać wyniki doświadczenia

za idealnie dokładne; gdzie w praktyce można wykorzystać otrzymaną wiedzę).

Dodatkowe zadanie

Zaproponuj sposób wyznaczania objętości jednego ziarna grochu, wykorzystując menzurkę z wodą i naczynie z grochem.



§ 6. Substancje w przyrodzie. Atomy i molekuly. Ich ruch i oddziaływanie



Mądrość ludowa o ludziach, którzy się pokłócili, głosi: «Potłukli garnki» lub «Rozbitego dzbana nie da się skleić», bo oni przestają się komunikować. Skleić ze skorup dzbana nie da się. Dlaczego? I znów z pomocą przychodzi nam fizyka.



Dowiedz się o...

- ▶ substancji;
- ▶ molekułach i atomach;
- ▶ teorii molekularno-kinetycznej.

1. Różnorodność substancji

Istnieje setki tysięcy różnych substancji, które stworzyła przyroda (naturalne — woda, drewno, piasek, glina, marmur, węgiel, ropa i in.) i człowiek (sztuczne — cement, szkło, stal, żeliwo, plastik, guma, nylon itp.). Woda to substancja, bez której niemożliwe jest życie na planecie Ziemia. Ludzie pierwotni używali wody i uzyskane zbieractwem produkty. Z biegiem czasu zaczęli polować, hodować bydło i uprawiać ziemię. Drewniane kije i kamienne siekiery zostały zastąpione przez mocniejsze narzędzia wykonane z miedzi, brązu i żelaza. Interesujące jest to, że historia ludzkości jest podzielona na trzy okresy archeologiczne w oparciu o wykorzystywane substancje: epoka kamienia, epoka brązu i epoka żelaza.

Współczesny człowiek nauczył się tworzyć materiały o właściwościach niezbędnych do różnych potrzeb technicznych i domowych (tkaniny, tworzywa sztuczne, stopy metali itp.).

Każde ciało fizyczne jest zrobione z jednej lub kilku substancji. Rozpatrzmy przykłady ciał fizycznych i substancji, z których one są wykonane (tabela 6.1).

Tabela 6.1

Ciało fizyczne	Substancja
Ołówek	Drewno, grafit
Śruba	Żelazo
Nóż	Stal, plastik
Obrączka	Złoto
Szklanka	Szkle



Zastanów się i odpowiedz

1. Podaj przykłady ciał fizycznych wykonanych z różnych substancji.
2. Podaj przykłady trzech ciał wykonanych z jednej substancji.

2. Budowa substancji

Z czego zbudowana jest substancja? Najmniejszą cząstką substancji, która określa jej właściwości chemiczne, jest **molekuła**. Molekuly różnych substancji różnią się od siebie pod względem składu i wielkości.

Każda molekula składa się z **atomów**. Termin «atom» (niepodzielny) wprowadził starogrecki filozof Demokryt.

Ustalono, że rozmiar (średnica) atomu jest bardzo mały — w przybliżeniu 0,0000000001 m.

Jeżeli substancja składa się z atomów jednego rodzaju — jest to substancja **prosta**. Na przykład molekula Cl_2 składa się z dwóch atomów chloru, molekula jodu I_2 — z dwóch atomów jodu.

Jeżeli substancja składa się z atomów różnego rodzaju — jest to substancja **złożona**. Na przykład molekula amoniaku NH_3 składa się jednego atomu azotu i trzech atomów wodoru, molekula wody H_2O — z dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu.



Zastanów się i odpowiedz

Wskaż, które z podanych niżej substancji są proste, a które złożone: kwas solny HCl , wodór H_2 , kwas siarkowy H_2SO_4 , kwas azotowy HNO_3 , azot N_2 , żelazo Fe .

3. Nauka o budowie substancji

Nauka o budowie substancji nazywa się teorią **molekularno-kinetyczną**. Ona opiera się na trzech podstawowych zasadach:

- wszystkie substancje składają się z cząstek — molekuł, atomów;
- cząstki substancji znajdują się w nieustannym bezładnym (chaotycznym) ruchu;
- cząstki oddziałują ze sobą (przyciągają się i odpychają).

Cząstki substancji znajdują się w pewnych odstępach od siebie i przebywają w nieustannym ruchu chaotycznym.

Chaotyczny ruch molekuł nazywamy **ruchem cieplnym**, ponieważ związany jest z temperaturą ciała. Im szybciej poruszają się molekuły, tym wyższa jest temperatura ciała i na odwrót (dowiesz się o tym dokładniej w klasie 8.).

Nie patrząc na to, że między cząstkami wszystkich ciał stałych istnieją odstępy, te ciała nie rozsypują się. Dlaczego? Co więcej, ich rozłamanie wymaga znacznego wysiłku. Jeżeli udało się nam rozłamać, to złączyć go z powrotem jest trudne, a czasem nawet niemożliwe.

Uwarunkowane to jest tym, że między molekułami istnieje wzajemne przyciąganie się, które jest widoczne tylko wtedy, kiedy molekuły znajdują się bardzo blisko do siebie — na odległościach równych lub nieco większych od rozmiaru molekuł.

Podczas łamania kredy na dwa kawałki tworzą się jeszcze kruszki (rys. 6.1). Gdy znów chcemy je połączyć w jeden kawałek, nam się to nie udaje, ponieważ odległości między kawałkami kredy stały się większe od wielkości molekuł kredy.

A jeśli podzielimy kawałek plasteliny na dwie części, to lekko go złączymy z powrotem, ponieważ odległości między kawałkami plasteliny są współmierne do rozmiarów molekuł (rys. 6.2).

Odkryliśmy, że pomiędzy molekułami istnieje wzajemne przyciąganie.



Rys. 6.1.
Rozłamana kreda



Rys. 6.2.
Podzielony kawałek plasteliny

Dlaczego więc są między nimi odstępny? Dlaczego się nie zlepiają? Dzieje się tak, ponieważ jednocześnie z przyciąganiem między cząsteczkami występuje również odpychanie. Przejawia się to, gdy cząsteczki zbliżają się na odległości mniejsze niż ich rozmiary.

Zastanów się i odpowiedz

Ceramika hawarecka — to tradycyjne rzemiosło ludowe z ceramiki dymionej na czarno, zlokalizowane we wsi Hawareczczyna, rejon zło-czowski, obwód lwowski. Wyroby garncarskie (rys. 6.3) — filiżanki, mi-sieczki, tygielki, dzbanki, wazy, makitry, świeczniki, wazony — tradycyjnie w kolorze czarnym i ciemnosrebrnym — są znane na całym świecie.



Rys. 6.3.
Ceramika gawarecka



Rys. 6.4.
Garncarz przy pracy

Dlaczego gotowego wyrobu ceramicznego w przypadku uszkodzenia nie da się naprawić poprzez jego ponowne połączenie, podczas gdy gli-niany półfabrykat (rys. 6.4), podzielony na kawałki, można bardzo łatwo ze sobą połączyć?

Zapamiętaj

Najmniejszą cząstką substancji, która określa jej właściwości che-miczne, jest **molekuła**.

Substancja składająca się z atomów jednego rodzaju — to substan-cja **prosta**.

Substancja składająca się z atomów różnego rodzaju — to substan-cja **złożona**.

Naukę o budowie substancji nazywa się **teorią molekularno-kinetyczną**.

 **Sprawdź się**

1. Dlaczego piłka powraca do swojego kształtu po przerwaniu ćwiczeń z nią (rys. 6.5)?

2. Przejdź do linku

www.academiabook.club/f7/6.mp4 lub zeskanuj kod QR, przeanalizuj eksperyment i wyjaśnij: dlaczego ściśnięte razem cylindry ołowiane nie rozdzielają się nawet pod obciążeniem?



Rys. 6.5.
Ściśnięta piłka



Słowniczek terminów fizycznych
(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Substancja	Substance
Molekuła	Molecule
Atom	Atom
Ruch cieplny	Thermal motion



§ 7. Stany skupienia substancji.
Ruch Browna. Dyfuzja. Osmoza



Ukraiński poeta Stepan Puszyk w wierszu «Grudka Ukrainy» wyraził swoje osobiste postrzeganie ojczystej ziemi:

*І хлібом пахне, вишнями, соломною,
І піснею, яку співав козак,
Та грудочка землі стає солоною,
Як сіль чумацька на важких возах.*

Dlaczego zapachy rozprzestrzeniają się na wielkie odległości, «grudka ziemi staje się słona», a «łyżka dziegciu beczkę miodu psuje»?



Dowiesz się o...

- ▶ stanach skupienia substancji;
- ▶ ruchu Browna;
- ▶ dyfuzji;
- ▶ osmozie.

1. Trzy stany skupienia substancji

Jeśli zimą będziesz podróżował przez Karpaty, koniecznie wybierz się do wodospadu Kamianka (rys. 7.1). Można tam zobaczyć jednocześnie trzy stany skupienia wody: stały — lód, ciekły — wodę, gazowy — parę wodną. We wszystkich stanach woda składa się z jednakowych molekuł, jednak właściwości lodu, wody i pary wodnej są różne. Związane to jest z wzajemnym rozmieszczeniem i ruchem molekuł.

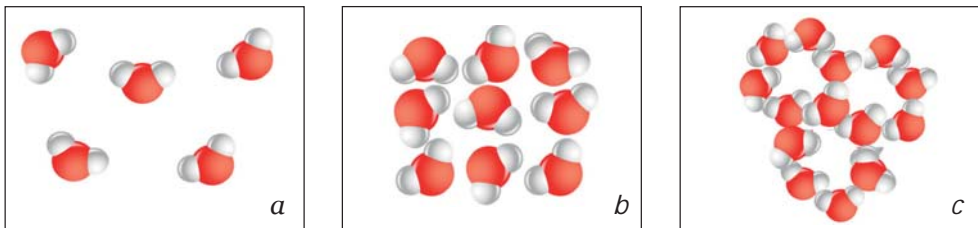


Rys. 7.1.
Wodospad Kamianka

Para wodna — stan gazowy wody. Molekuły są rozmieszczone na dużych odległościach (kilkadziesiąt razy większych od rozmiaru molekuł) (rys. 7.2, *a*), dlatego przyciąganie między nimi jest słabe. Wskutek tego **gazy nie mają własnego kształtu i stałej objętości, wypełniają całą nadaną im objętość.**

Na przykład turyści często wykorzystują butle gazowe do przygotowywania posiłków. Ilość gazu w butli z czasem zmniejsza się, jednak cała objętość butli jest zawsze nim wypełniona (zwiększają się odległości między molekułami).

Woda — stan ciekły. Molekuły rozmieszczone są w odległościach, proporcjonalnych do ich rozmiarów (rys. 7.2, *b*), dlatego ciecz trudno



Rys. 7.2. Rozmieszczenie molekuł wody w różnych stanach skupienia:
a — gazowym (para wodna); *b* — ciekłym (woda); *c* — stałym (lód)

jest ścisnąć. Molekuły wykonują ruch drgający w miejscu, a czasami mogą przemieszczać się w inne miejsce. Dlatego **ciecze zachowują objętość, łatwo zmieniają kształt, charakteryzują się płynnością.**

Lód — stały stan wody. Molekuły rozmieszczone są w określonej kolejności blisko siebie na odległościach proporcjonalnych do wielkości molekuł (rys. 7.2, c). One wykonują ruch drgający dookoła określonego położenia równowagi i nie przemieszczają się w ciałach. **Ciała stałe zachowują nie tylko swoją objętość, ale także swój kształt.** W wielu ciałach stałych molekuły zachowują uporządkowane rozmieszczenie — tworzą kryształy.

Nie tylko woda, ale także inne substancje mogą znajdować się w różnych stanach skupienia. Ale tylko woda ma różne nazwy w tych stanach. Na przykład złoto nie zmienia swojej nazwy w różnych stanach skupienia: złoto stałe, złoto ciekłe, para złota.



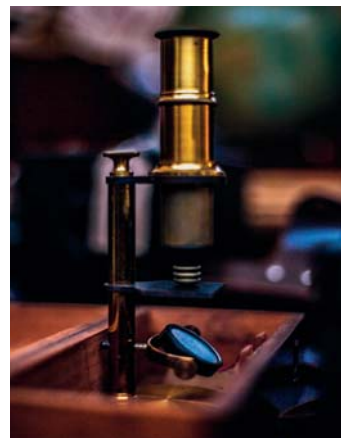
Zastanów się i odpowiedz

Ustal odpowiedniość między przykładem substancji w określonym stanie skupienia i jej własnościami:

- | | |
|---------------------------|--|
| 1) roztopione żelazo | A) zachowuje własny kształt, zachowuje objętość |
| 2) para żelaza | B) zachowuje objętość, łatwo zmienia kształt |
| 3) żelazo w stanie stałym | C) nie zachowuje własnego kształtu i stałej objętości, wypełnia całą nadaną objętość |

2. Doświadczalne potwierdzenie podstawowych zasad molekularno-kinetycznej teorii budowy substancji

W 1827 roku angielski botanik Robert Brown, obserwując pyłek roślin, zobaczył w okularze mikroskopu (rys. 7.3) bezładny ruch cząstek pyłku w kropli wody. Jednak ani Brown, ani jego współpracownicy nie potrafili wyjaśnić, dlaczego one się poruszają. W 1863 roku Ludwig Wiener zasugerował, że ruch jest spowodowany ciągłymi zderzeniami molekuł wody o cząstkę. Idea została zaakceptowana w świecie naukowym, jednak ilościowo



Rys. 7.3. Mikroskop

ruch został opisany dopiero na początku XX w. Pracujący wówczas na Uniwersytecie Lwowskim Marian Smoluchowski i Albert Einstein w Bernie niezależnie od siebie wyprowadzili wzór matematyczny wyjaśniający ten ruch.

Ruchy zawieszonych w cieczy lub gazie cząstek nazywają się **ruchami Browna**. Cząstka Browna składa się z ogromnej liczby molekuł. Ze wszystkich stron otoczona jest molekułami cieczy lub gazu, które znajdują się w nieustannym ruchu chaotycznym. One potrafcją cząstkę Browna, co warunkuje jej ruch (rys. 7.4).

Zjawisko dyfuzji również jest doświadczalnym potwierdzeniem molekularno-kinetycznej budowy substancji.

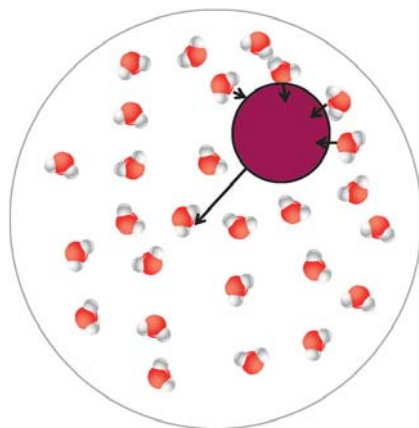
Dyfuzja — proces przemieszczania się molekuł jednej substancji między molekułami drugiej substancji, uwarunkowany nieustannym chaotycznym ruchem molekuł.

Zapach świeżo skoszonej trawy, kwitnącej lipy, akacji, bzu, świeżego pieczywa, kawy czy perfum — to wszystko są przykłady dyfuzji w gazach. Parzenie herbaty, podsładzanie różnych napojów, nabywanie smaku i koloru przez pokarmy ciekłe — to przykłady dyfuzji w cieczach.

Dyfuzja zachodzi nawet w ciałach stałych. Jeżeli weźmiemy dwie dobrze wypolerowane płytki wykonane z ołowiu i złota, mocno i szczelnie przyciśniemy jedną do drugiej, to po upływie pięciu lat zajdzie wzajemne przenikanie się cząsteczek złota i ołowiu na głębokość 1 mm.

Współczesny przemysł wykorzystuje dyfuzję w ciałach stałych do produkcji detali o skomplikowanym kształcie nie z litego kawałka metalu, a z proszku metalowego. Nasypuje się go do formy, zagęszcza za pomocą prasy i ogrzewa. Pojedyncze cząstki proszku przekształcane są w gotowy element. Ta technologia pozwala na oszczędzanie metalu bez zamieniania go w wióry.

Prędkość przebiegu dyfuzji zależy od temperatury i stanu skupienia substancji. **Im wyższa jest temperatura, tym prędkość przebiegu dyfuzji jest większa.** Prócz tego, **dyfuzja najszybciej zachodzi w gazach, wolniej — w cieczach, i bardzo powoli — w ciałach stałych.**



Rys. 7.4.
Ruchy Browna

 **Zastanów się i odpowiedz**

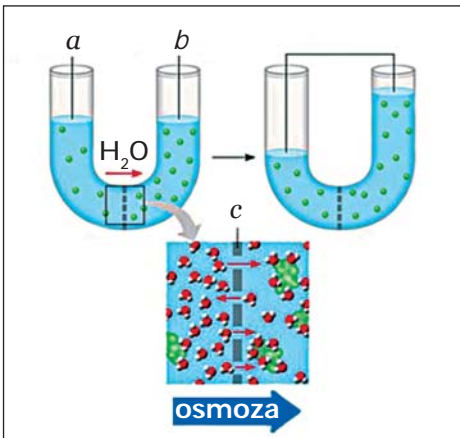
W którym naczyniu (rys. 7.5) temperatura wody jest wyższa?



Rys. 7.5. Dyfuzja w cieczy przy różnej temperaturze

Rodzajem dyfuzji jest osmoza, która odgrywa kluczową rolę w procesach dyfuzyjnych zachodzących w organizmach żywych. Substancja przenika przez membrany pokrywające komórki.

Osmoza – to proces jednokierunkowej dyfuzji przez półprzepuszczalną membranę cząstek rozpuszczalnika do roztworu o wyższym stężeniu substancji rozpuszczonej z roztworu o niższym stężeniu substancji rozpuszczonej (rys. 7.6).



Rys. 7.6. Osmoza
a – niskie stężenie roztworu,
b – wysokie stężenie roztworu,
c – membrana



Rys. 7.7.
Pierwsza na świecie elektrownia osmotyczna

Pierwszą i jedyną na świecie elektrownię działającą na zasadzie osmozy (procesu przenikania molekuł słodkiej wody przez specjalną półprzepuszczalną membranę do zbiornika z wodą morską) zbudował koncern Stat-kraft w norweskim miasteczku Tofte (rys. 7.7).

Jednak dyfuzja kojarzy się nie tylko z przyjemnymi wrażeniami. Ona powoduje zanieczyszczenie powietrza spalinami pojazdów, emisję dwutlenku węgla, tlenu azotu i siarki do atmosfery przez przedsiębiorstwa przemysłowe, zanieczyszczenie zbiorników wodnych ściekami przemysłowymi i bytowymi.



Zastanów się i odpowiedz

1. Dlaczego łyżka dziegciu beczkę miodu psuje?
2. Wyczuwając niebezpieczeństwo, kałamarnica wywalnia ze swego organizmu pigment atramentowy. Jak jej to pomaga zdezorientować atakującego drapieżnika?



Zapamiętaj

Gazy nie mają własnego kształtu i stałej objętości, wypełniają całą nadaną im przestrzeń.

Ciecze zachowują objętość, łatwo zmieniają swój kształt, cechuje je płynność.

Ciała stałe zachowują nie tylko objętość, ale także kształt.

Ruchy zawieszonych w cieczy lub gazie cząsteczek nazywa się **ruchami Browna**.

Dyfuzja — proces przemieszczania się molekuł jednej substancji między molekułami drugiej substancji, uwarunkowany nieustannym chaotycznym ruchem cząsteczek.

Im wyższa jest temperatura, tym prędkość przebiegu dyfuzji jest większa. Dyfuzja najszybciej zachodzi w gazach, wolniej — w cieczach, i bardzo powoli — w ciałach stałych.



Sprawdź się

1. Dlaczego ruchy Browna odbywają się w środowisku gazowym i ciekłym, ale nie obserwuje się ich w próżni?
2. Czy w zamrożonej kropli wody będą odbywać się ruchy Browna cząstek pyłku kwiatowego? Dlaczego?

3. Dlaczego kupioną w sklepie zoologicznym rybkę nie można długo przewozić w zawiązanym woreczku foliowym z niewielką ilością wody?

4. Dlaczego w sałatce z ziemniaków i buraków ziemniaki nabierają czerwonego koloru?



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Wykonaj model osmozy, wykorzystując pudełko tekturowe, tekturowy prostokąt z otworami (model półprzepuszczalnej membrany), nożyce, spinacze, obecne w domu krupy, których ziarna mają różną średnicę.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Stany skupienia	States of matter (Aggregate states)
Gaz	Gas (fluid)
Ciecz	Liquid
Ciało stałe	Solid
Ruch Browna	Brownian motion
Dyfuzja	Diffusion

Praca laboratoryjna nr 3

BADANIE ZJAWISKA DYFUZJI W CIECZACH I GAZACH

Cel: doświadczalnie zbadać zjawisko dyfuzji; porównać prędkość przebiegu dyfuzji w cieczach i gazach.

Sprzęt: zakorkowana probówka z watą nasączoną amoniakiem lub perfumami, przezroczyste naczynia z zimną i gorącą wodą, kawałki farby akwarelowej, kartka z tektury z błyszczącą stroną, sekundomierz.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Wskazówki do pracy

1. Na krótko otwórz probówkę z watą nasączoną amoniakiem lub perfumami.
2. Zmierz czas t_1 od momentu otwierania probówki do momentu odczucia zapachu:

$$t_1 = \text{--- s.}$$

3. Na błyszczącą stronę tekturowej kartki kapnij wodę i w środku kropli umieść kawałek farby akwarelowej.
4. Zmierz czas t_2 , w ciągu którego zabarwi się kropla wody:

$$t_2 = \text{--- s.}$$

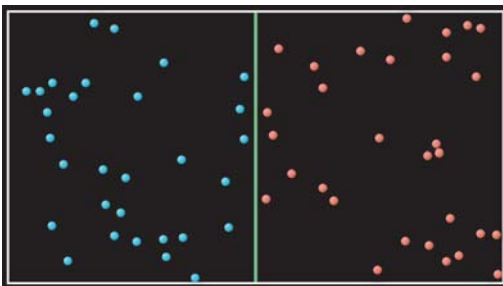
5. Wyciągnij wniosek o zależności prędkości przebiegu dyfuzji od stanu skupienia.
6. Postaw obok siebie dwa naczynia z zimną i gorącą wodą. Zanurz kawałeczki farby w wodzie. Co obserwujesz? Jak zależy obserwowane zjawisko od temperatury?

Przeanalizuj wyniki doświadczenia. Wyciągnij wniosek (jakie zjawisko badałeś podczas wykonywania pracy laboratoryjnej; od czego zależy prędkość przebiegu danego zjawiska; gdzie w praktyce można zastosować otrzymane wiadomości).

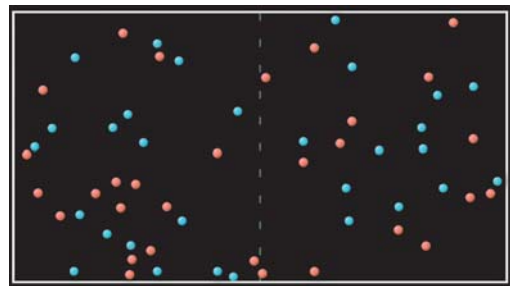
Dodatkowe zadanie

1. Na rys. 1 przedstawiono naczynie z przegrodką, która rozdziela dwie różne substancje. Co odbyło się, gdy zabrano przegrodkę w naczyniu (rys. 2)? Jak nazywa się to zjawisko?

2. Gaz ziemny, z którego korzystamy na co dzień, jest bezbarwny i bezwonny. Jeśli wycieknie, stanie się niebezpieczny dla organizmów żywych. Zaproponuj, co zrobić, aby go wyczuć w przypadku wycieku.









Rys. 1



Rys. 2

Dokonaj samokontroli

Wypełnić luki	https://learningapps.org/watch?v=py4t4kn6k23	
Klasyfikacja «Zjawiska fizyczne»	https://learningapps.org/watch?v=pfu8ze6gt23	
Puzzle «Ciało fizyczne, zjawisko, substancja»	https://learningapps.org/watch?v=pgqmv00m523	
Krzyżówka «Twórcy fizyki»	https://learningapps.org/watch?v=p8wbtijrn23	
Sekwencja «Etapy badań eksperymentalnych»	https://learningapps.org/watch?v=ptngykjic23	
Oś liczbowa «Od najmniejszej do największej»	https://learningapps.org/watch?v=pmzaymp8c23	

Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)*Przykładowe tematy projektów:*

- Zjawiska fizyczne wokół nas.
- Dyfuzja w naszym życiu.
- Dyfuzja: korzyść czy szkoda?

Ruch mechaniczny i jego charakterystyki



§ 8. Ruch mechaniczny. Względność ruchu. Ciało odniesienia. Układ odniesienia. Punkt materialny



Jaka malownicza i różnorodna jest nasza Ukraina! Ile ciekawych miejsc do zwiedzenia!

Co roku w sierpniu w pobliżu wsi Urycz w obwodzie lwowskim odbywa się impreza na szeroką skalę — festiwal ukraińskiej kultury średniowiecznej «TuStań!». Najlepsi badacze, historycy-naukowcy, rekonstrukcyjniści, muzycy i inni zwiedzający mogą nie tylko zanurzyć się w kolorycie przeszłości, ale także odtworzyć ją w najdrobniejszych szczegółach, przeżyć swoje średniowiecze obok twierdzy Tustań.

A gdzie znajduje się twierdza? Jak i czym można dotrzeć na miejsce festiwalu? Ile czasu zajmie podróż? To są pytania, które nurtują zwiedzających. Z pomocą przychodzi nawigacja GPS z głosowymi wskazówkami głosowymi (Google Maps, Waze itp.).

Czy potrafilibyśmy sami dowiedzieć o lokalizacji, odległości, obliczyć średnią prędkość ruchu, czas na pokonanie odległości przy różnych sposobach poruszania się?



Dowiesz się o...

- ▶ ruchu mechanicznym;
- ▶ ruchu względnym;
- ▶ ciele i układzie odniesienia;
- ▶ punkcie materialnym.

1. Ruch dookoła nas

Budynki, mosty, drzewa, góry, samochody, zwierzęta, ptaki — wszystko przebywa w ruchu. Czyż nie tak? Czy zawsze zauważamy ten ruch? A co to jest ruch?

Zmiana z upływem czasu położenia ciała w przestrzeni względem innych ciał nazywa się **ruchem mechanicznym**.

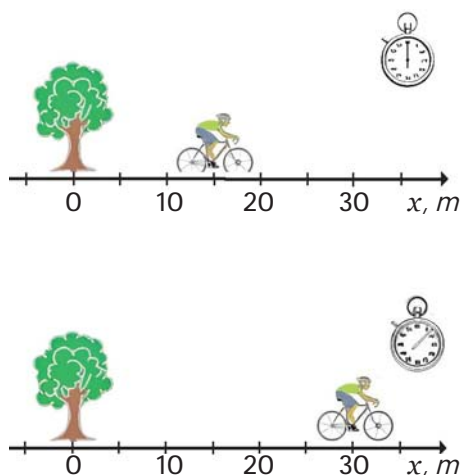
Mówiąc o ruchu ciała, należy określić, względem jakich ciał rozpatrujemy go. Ciało, względem którego określa się położenie danego ciała, nazywa się **ciałem odniesienia**.

Na przykład budynki, mosty, drzewa, góry znajdują się w stanie spoczynku względem powierzchni Ziemi, ale poruszają się względem

Słońca. Powierzchnia Ziemi i Słońce są ciałami odniesienia. Drzewo będzie nieruchome dla obserwatora, który stoi obok niego. To samo drzewo będzie ruchome dla sportowca, który przejeżdża obok niego na rowerze. W tym przypadku układem odniesienia jest obserwator i sportowiec. Dlatego można stwierdzać, że ruch mechaniczny i spoczynek są **względne**.

Z ciałem odniesienia związany jest **układ współrzędnych** reprezentowany za pomocą osi współrzędnych. Zmiana położenia ciała zachodzi w ciągu określonego odstępu czasu. Aby zmierzyć czas, potrzebny jest **zegarek**.

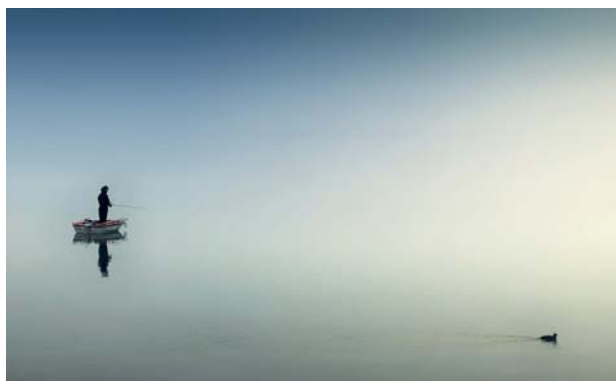
Otóż ciało odniesienia, związany z nim układ odniesienia i przyrząd do pomiaru czasu tworzą **układ odniesienia**, który jest niezbędny do wyznaczania położenia ciała w przestrzeni w dowolnym momencie czasu (rys. 8.1).



Rys. 8.1.
Układ odniesienia

Zastanów się i odpowiedz

1. Czy może rybak określić we mgle kierunek ruchu łódki, nie wykorzystując dodatkowych przyrządów (rys. 8.2)?
2. Czy można stwierdzać, że balony na ogrzane powietrze poruszają się (rys. 8.3)?



Rys. 8.2.
Rybak w łódce we mgle



Rys. 8.3. Balony na ogrzane powietrze

2. Ciało fizyczne i punkt materialny: co wspólnego i czym się różnią

Wiesz już, że ciało fizyczne — to dowolny przedmiot przyrody żywej i nieożywionej. Ono zajmuje określoną objętość w przestrzeni, ale w określonych warunkach jego rozmiarów możemy nie uwzględniać. W tym przypadku ciało będziemy nazywać punktem materialnym.

Zatem **punkt materialny** — to ciało fizyczne, którego rozmiary można pominąć w danych warunkach ruchu:

- gdy rozmiary ciała są małe w porównaniu z drogą, jaką przebywa;
- gdy rozmiary ciała są małe w porównaniu z odległością od niego do innych ciał.

Na przykład, gdy pociąg przebywa drogę ze Lwowa do Kijowa, to na tym odcinku on może uchodzić za punkt materialny, ponieważ jego wymiary są o wiele mniejsze niż odległość, którą on pokonuje. Natomiast pociąg Lwów — Kijów znajdujący się na peronie stacji kolejowej nie możemy uznać za punkt materialny.



Zastanów się i odpowiedz

W jakim przypadku dwupłat — statek powietrzny (rys. 8.4) — można uznać za punkt materialny?



Rys. 8.4. Dwupłat



Zapamiętaj

Zmiana położenia ciała w przestrzeni i w czasie względem innych ciał nazywa się **ruchem mechanicznym**.

Ciało, względem którego określa się położenie danego ciała, nazywa się **ciałem odniesienia**.

Ciało odniesienia, związany z nim układ współrzędnych i przyrząd do pomiaru czasu tworzą **układ odniesienia**.

Punkt materialny to jest ciało fizyczne, którego rozmiary można pominąć w danych warunkach ruchu:

- gdy rozmiary ciała są małe w porównaniu z odległością, jaką przebywa;
- gdy rozmiary ciała są małe w porównaniu z odległością od niego do innych ciał.



Sprawdź się

1. W jakim przypadku ciało **Nie** może być uznane za punkt materialny?
 - A) Statek wycieczkowy kursuje po Dnieprze.
 - B) Ziemia obraca się dookoła Słońca.
 - C) Jaskółka wije gniazdo pod strzechą.
 - D) Foka dryfuje po krze.
2. Co możesz powiedzieć o ruchu ciał, przedstawionych na rys. 8.5?



Rys. 8.5. Samoloty w niebie



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Ruch mechaniczny	Mechanical motion
Ciało odniesienia	Reference body (Physical object)
Układ odniesienia	Frame of reference
Punkt materialny	Point particle



§ 9. Tor. Droga. Przemieszczenie



Mądrość ludowa głosi: «Jeśli pojedziesz objazdem, to dotrzesz na miejsce w południe, a jeśli na wprost — to wieczorem». A co na ten temat «mówi» fizyka?



Dowiedz się o...

- ▶ torze i jego rodzajach;
- ▶ różnicy między drogą i przemieszczeniem;
- ▶ rodzajach ruchu mechanicznego.

1. Tor

Ruchy ciał różnią się między sobą. Aby je opisać, wykorzystuje się specjalne charakterystyki: tor, drogę, przemieszczenie, czas, prędkość i inne.

Tor — to umowna linia, wzdłuż której porusza się ciało. Pod względem kształtu toru ruchy dzielą się na **prostoliniowe** (rys. 9.1) i **krzywoliniowe** (rys. 9.2).



Rys. 9.1. Tor prostoliniowy



Rys. 9.2. Tor krzywoliniowy

2. Droga i przemieszczenie

Droga — to wielkość fizyczna, która dorównuje długości toru.

Droga zaznacza się symbolem **S**. Jednostką pomiaru drogi w układzie SI jest **metr (m)**. Ale w realnym życiu wykorzystuje się również inne (wielokrotne i podwielokrotne) jednostki pomiaru: milimetr (mm), centymetr (cm), decymetr (dm), kilometr (km).

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

$$1 \text{ dm} = 0,1 \text{ m}$$

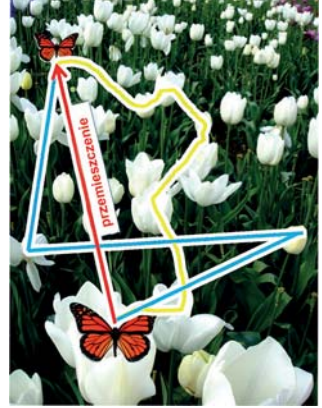
$$1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

Ciało zawsze porusza się w jakimś kierunku. Aby wyznaczyć nowe położenie ciała, trzeba wprowadzić wielkość fizyczną — przemieszczenie.

Przemieszczenie — ukierunkowany odcinek prostej, który łączy początkowe położenie ciała z końcowym (rys. 9.3).

Przemieszczenie jest wielkością **wektrową**, ponieważ ma kierunek. Jego zaznacza się symbolem \vec{s} . Jednostką pomiaru przemieszczenia ciała w układzie SI jest **metr (m)**.



Rys. 9.3. Ruch motyla



Zastanów się i odpowiedz

W ciągu dnia pracująca pszczoła lata po nektar i pyłek, pokonując odległość 2–3 km. Jaki jest kształt toru jej lotu? Jakie przemieszczenie zrobiła pszczoła, która wyleciała z oczka (wylotka) ula i wróciła do niego?



Zapamiętaj

Tor — to umowna linia, wzdłuż której porusza się ciało.

Droga — to wielkość fizyczna, która dorównuje długości toru ruchu.

Przemieszczenie — ukierunkowany odcinek prostej, który łączy początkowe położenie ciała z końcowym.



Sprawdź się

1. Wybierz z podanej listy ciała, które poruszają się prostoliniowo i krzywoliniowo: *winda porusza się do góry; rowerzysta porusza się po torze kołowym; schody ruchome przewożące stojącą na nich osobę; samochód porusza się po serpentynie; sztuczny satelita porusza się po orbicie dookoła Ziemi.*

2. Podczas gry pojedynczej tenisista przebiega średnio prawie trzy kilometry. Czy to jest droga, czy przemieszczenie?

3. Podczas treningu rowerzysta przejechał 5 pełnych okrążeń po 1,2 km każde. Wyznacz drogę i przemieszczenie rowerzysty.

4. Gumową piłkę rzucono pionowo w dół z wysokości 1,5 m. Po odbiciu się piłki od podłogi złapano ją na wysokości 0,5 m. Wyznacz drogę i przemieszczenie piłki.

5. Zapisz w kolejności zwiększania się wartości długości torów, przekształcając je przedtem na jednostki układu SI: 500 mm; 1 m; 200 cm; 0,15 km; 30 dm; 10 dm 70 cm; 18 cm 200 mm.



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Tor	Trajectory
Droga	Path
Przemieszczenie	Displacement

§ 10. Ruch prostoliniowy jednostajny.

Prędkość



Nasze serce — to prawdziwy cud: pompując krew do całego organizmu, ono pracuje bez ustanku. Co chwila, nawet we śnie, potężny mięsień serca kurcząc się, tłoczy krew do skomplikowanego układu naczyń krwionośnych. Krew obiega całe ciało i wraca do serca, kończąc podwójne koło krwioniegiu. Ustanie krążenia krwi szybko prowadzi do śmierci. Krew dostarcza tlenu i wszystkich substancji niezbędnych komórkom do życia, a usuwa z nich różne produkty przemiany materii, w tym dwutlenek węgla.

Krew płynie tętnicami z prędkością 1 m/s. Jak myślisz, to jest szybko czy powoli?



Dowiesz się o...

- ▶ ruchu jednostajnym;
- ▶ prędkości i jednostce jej pomiaru;
- ▶ obliczaniu prędkości, drogi, czasu ruchu jednostajnego prostoliniowego;
- ▶ zapisywaniu rozwiązania zadania.

1. Ruch jednostajny

Ruchem **jednostajnym** nazywamy ruch, w którym w jednakowych odstępach czasu ciało pokonuje jednakowe odcinki drogi.

Taki ruch w przyrodzie i technice odbywa się bardzo rzadko. Na przykład Ziemia obraca się dookoła swej osi, koniec wskazówki zegara porusza się wzdłuż tarczy.

Rodzajem ruchu jednostajnego jest ruch jednostajny prostoliniowy. Torem takiego ruchu jest **linia prosta**.

Ruchem **jednostajnym prostoliniowym** nazywamy taki ruch, w którym w jednakowych odstępach czasu ciało dokonuje jednakowych przemieszczeń.

Przykładem takiego ruchu jest: ruch schodów ruchomych, ruch samochodu na niewielkim prostoliniowym odcinku drogi, ruch prądu rzecznoego na prostoliniowym odcinku koryta.

2. Prędkość jako charakterystyka ruchu jednostajnego prostoliniowego

Jednostajne ruchy różnych ciał fizycznych różnią się od siebie prędkościami.

Prędkość w ruchu jednostajnym — to wielkość fizyczna, która jest liczbowo równa stosunkowi drogi do czasu, w jakim ciało przebyło tę drogę:

$$\text{prędkość} = \frac{\text{droga}}{\text{czas}}.$$

Prędkość oznaczamy symbolem v i obliczamy według wzoru:

$$v = \frac{S}{t}.$$

Prędkość w ruchu jednostajnym wyznacza drogę przebytą przez ciało w określonej jednostce czasu. Na dowolnych odcinkach czasu ona jest stała.

Jednostką miary prędkości w układzie SI jest **metr na sekundę (m/s)**. Jest to prędkość w ruchu jednostajnym prostoliniowym, z jaką ciało w ciągu 1 s pokonuje drogę 1 m.

Stosowane są również pozaukładowe jednostki miary: km/h, km/s, m/min, cm/s i in.

Rozpatrzmy przykład: dwa samochody poruszają się drogą z prędkościami 72 km/h i 25 m/s odpowiednio. Który z nich porusza się szybciej? Aby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba prędkość wyrazić w

jednakowych jednostkach miary — jednostkach SI. W tym celu przekształćmy pozaukładową jednostkę prędkości.

$$\text{Ponieważ } 1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 1 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}, \text{ to } 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Otóż prędkość drugiego samochodu jest większa.



Zastanów się i odpowiedz

1. Która prędkość jest większa: 54 km/h czy 12 m/s; 120 m/min czy 5 m/s?
2. Wyraż wartość prędkości 30 m/s w km/h.

3. Wzory drogi i czasu

w ruchu jednostajnym prostoliniowym

Ze wzoru na prędkość można wyznaczyć drogę, którą pokonuje ciało za dowolny odstęp czasu, jeżeli dana jest prędkość i czas:

$$S = vt,$$

oraz czas w ruchu jednostajnym, jeżeli dana jest droga i prędkość:

$$t = \frac{S}{v}.$$

4. Algorytm rozwiązywania zadania z fizyki

Podczas rozwiązywania zadań z fizyki zwykle stosuje się określony algorytm: zapoznaj się z warunkiem zadania, zapisz jego warunek w wersji skróconej, wyraż niezbędne wielkości w jednostkach SI, wybierz lub wyprowadź wzór na szukaną wielkość fizyczną i oblicz jej wartość, przeanalizuj otrzymany wynik.

Zadanie. Ślimak w ciągu jednej minuty może pokonać odległość 6 cm. Oblicz prędkość ruchu ślimaka.

Dane:	SI	$v = \frac{S}{t}$	Rozwiązanie:
$t = 1 \text{ min.}$	60 s		$v = \frac{0,06 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0,001 \text{ m/s}$
$S = 6 \text{ cm}$	0,06 m		
$v = ?$			

Odpowiedź: $v = 0,001 \text{ m/s}$.



Zapamiętaj

Ruchem **jednostajnym** nazywamy ruch, w którym w jednakowych odstępach czasu ciało pokonuje jednakowe odcinki drogi.

Ruchem **jednostajnym prostoliniowym** nazywamy taki ruch, w którym w jednakowych odstępach czasu ciało dokonuje jednakowych przemieszczeń.

Prędkość w ruchu jednostajnym — to wielkość fizyczna, która jest liczbowo równa stosunkowi drogi do czasu, w jakim ciało przebyło tę drogę: $v = \frac{S}{t}$.



Sprawdź się

1. Wyraż wartość prędkości w jednostkach SI: 108 km/h; 54 cm/s; 0,9 mm/s.

2. Oblicz drogę, którą pieszy pokona w ciągu 2 h, poruszając się jednostajnie prostoliniowo z prędkością 1,2 m/s.

3. Ile czasu potrzebuje rowerzystka, która porusza się z prędkością 18 km/h, aby przejechać most o długości 250 m?

4. Shanghai Maglev (srebrny mistrz szybkościowego ruchu wśród pociągów) porusza się z prędkością 245 km/h w ciągu 7 min 20 s. W ciągu jakiego czasu pociąg pokona tę odległość, poruszając się z prędkością 140 km/h?

§ 11. Graficzne przedstawienie jednostajnego ruchu prostoliniowego

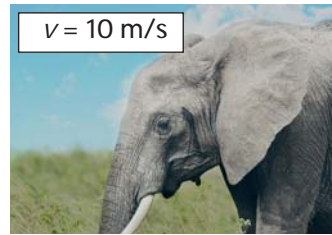


Dowiedz się o...

- ▶ opisie jednostajnego ruchu prostoliniowego za pomocą wykresów;
- ▶ informacji, którą można odczytać z wykresu ruchu;
- ▶ porównywaniu wielkości fizycznych na podstawie wykresów ruchu ciał.

1. Wykres drogi

Na rys. 11.1 podano maksymalne wartości prędkości ruchu zwierząt.



Rys. 11.1. Maksymalne wartości prędkości ruchu zwierząt

Które zwierzę porusza się szybciej? Oczywiście, że koń, ponieważ jego prędkość jest większa. Czy można te dane wizualizować? Tak, można. W wielu przypadkach ruch ciał wygodnie jest opisywać za pomocą wykresów. Na lekcjach matematyki poznałeś już wykresy niektórych funkcji, przedstawiałeś za pomocą wykresów zależność jednej wielkości od zmiany innej.

Wykres drogi to jest wykres, który pokazuje zależność drogi od czasu. Aby go zbudować, trzeba na osi odciętych zaznaczyć czas, a na osi rzędnych — drogę, dotrzymując się wybranej skali.

Na przykład zbudujemy wykres drogi, którą pokonało ciało ze stałą prędkością 5 m/s (rys. 11.2). Do obliczeń wykorzystamy wzór $S = vt$, a w danym przypadku $S = 5t$.

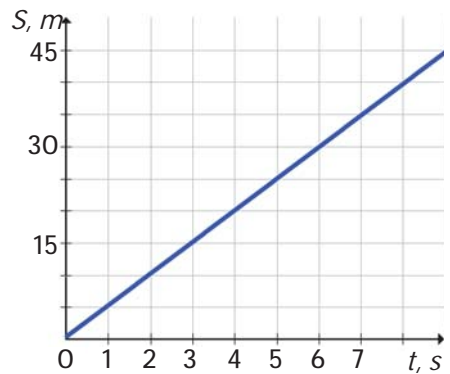
Jak wynika ze wzoru, między przebytą drogą i czasem istnieje wprost proporcjonalna zależność, którą na wykresie przedstawiamy w postaci linii prostej.

Aby zbudować prostą, wystarczy wybrać dwa punkty (tab. 11.1).

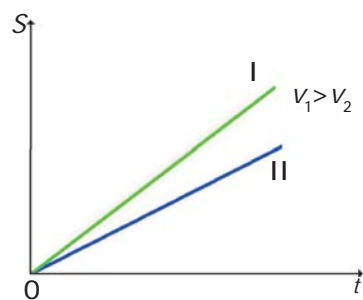
W zależności od wartości prędkości kąt pochylenia prostej do osi poziomej będzie różny: **im większa prędkość, tym kąt pochylenia będzie większy** (rys. 11.3).

Tabela 11.1

t, s	S, m
0	0
6	30



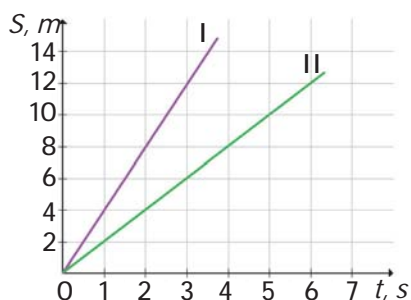
Rys. 11.2. Wykres zależności przebytej drogi od czasu



Rys. 11.3. Wykres zależności przebytej drogi od czasu

Zastanów się i odpowiedz

Na podstawie wykresu drogi (rys. 11.4) określ: które ciało ma większą prędkość i dlaczego; z jaką prędkością poruszało się każde ciało.



Rys. 11.4. Wykres drogi dwóch ciał

2. Wykres prędkości

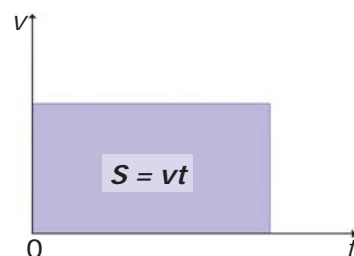
Wykres prędkości to jest wykres, który pokazuje zależność prędkości od czasu. Aby go zbudować, trzeba na osi odciętych zaznaczyć czas, a na osi rzędnych — prędkość, dotrzymując się wybranej skali.

Ponieważ prędkość ciała w ruchu jednostajnym prostoliniowym nie zmienia się w czasie, wykresem prędkości będzie linia prosta równoległa do osi czasu (rys. 11.5).



Rys. 11.5. Wykres zależności prędkości od czasu

Drogę przebytą przez ciało w danym przedziale czasu wyznacza się jako pole prostokąta pod wykresem prędkości ruchu ciała (rys. 11.6).



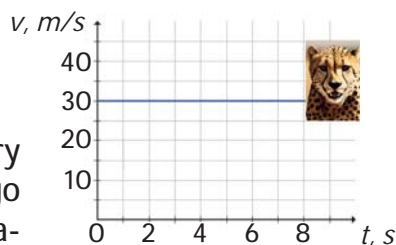
Rys. 11.6. Graficzne określenie drogi przebytej przez ciało

Zastanów się i odpowiedz

Wykorzystując wykres prędkości ruchu geparda (rys. 11.7), oblicz czas jego ruchu i drogę, którą on przebył w ciągu tego czasu.

Zapamiętaj

Wykres drogi to jest wykres, który pokazuje zależność drogi od czasu. Aby go zbudować, trzeba na osi odciętych zaznaczyć czas, a na osi rzędnych — drogę, dotrzymując się wybranej skali.



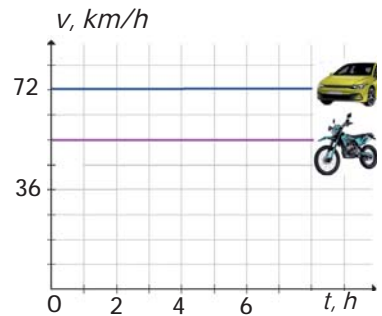
Rys. 11.7. Wykres prędkości ruchu geparda

Wykres prędkości to jest wykres, który pokazuje zależność prędkości od czasu. Aby go zbudować, trzeba na osi odciętych zaznaczyć czas, a na osi rzędnych – prędkość, dotrzymując się wybranej skali.

Sprawdź się

1. Pociąg na prostoliniowej trasie porusza się ze stałą prędkością 20 m/s. Narysuj wykresy zależności prędkości i drogi od czasu.

2. Z wykresów prędkości ruchu dwóch ciał (rys. 11.8) odczytaj: które ciało poruszało się wolniej; jakie są wartości ich prędkości; jaką drogę (w metrach) pokonało każde ciało w ciągu 30 s ruchu.



Rys. 11.8. Wykresy prędkości ruchu dwóch ciał

§ 12. Ruch niejednostajny. Prędkość chwilowa. Prędkość średnia



Czy możemy cały czas przemieszczać się ze skrajnego zachodniego punktu (wieś Solomonowe, obwód zakarpacki) do skrajnego wschodniego punktu (wieś Rankowa Zoria, obwód ługański) z jednakową prędkością? Oczywiście, że nie. Potrzebujemy czasu na odpoczynek — przystanek, powinniśmy wziąć pod uwagę przepisy ruchu drogowego, według których granicznie dopuszczalna wartość prędkości środków transportu w miejscach zaludnionych i poza nimi jest ograniczona. Nie można zapominać o innych uczestnikach ruchu drogowego (pieszych, kierowcach i pasażerach różnych środków transportu, zwierzętach) oraz o tym, że droga może być nie tylko prosta. Dlatego w celu uniknięcia wypadków samochodowych podczas ruchu, należy zmieniać prędkość.



Dowiedz się o...

- ▶ ruchu z różną prędkością;
- ▶ charakterystykach takiego ruchu;
- ▶ obliczaniu średniej prędkości.

1. Ruch niejednostajny

Podróżując samochodem, pociągiem, autobusem czy pieszo łatwo zauważyć, że na różnych odcinkach drogi poruszamy się w różny sposób: szybko, wolno, zwiększając lub zmniejszając prędkość, a nawet się zatrzymując.

Ruch, podczas którego ciało w jednakowych odstępach czasu przebywa różne odcinki drogi (lub jednakowe odcinki drogi w różnym czasie), nazywa się ruchem *niejednostajnym*.

2. Prędkość chwilowa i średnia

Cechą charakterystyczną ruchu niejednostajnego jest prędkość chwilowa i średnia. **Prędkość chwilowa** — to prędkość ciała w danej chwili (w danym punkcie toru).

Wszystkie nowoczesne pojazdy posiadają urządzenie określające prędkość chwilową. To urządzenie nazywa się **prędkościomierzem** (rys. 12.1). Oprócz prędkościomierza nowoczesne samochody posiadają także komputer pokładowy.

Komputer pokładowy (rejestrator trasy) — to małe urządzenie samochodowe, które odczytuje, przetwarza i wyświetla przydatne informacje. Są to: prędkość średnia i chwilowa, przebyta droga, czas, zużycie paliwa, temperatura wewnątrz samochodu i na zewnątrz, usterki samochodowe i wiele innych parametrów (rys. 12.2).

Prędkość średnia — to wielkość fizyczna będąca liczbowym odpowiednikiem stosunku drogi przebytej przez ciało do czasu trwania ruchu:

$$v_{sr} = \frac{S}{t}.$$



Rys. 12.1. Prędkościomierz



Rys. 12.2. Komputer pokładowy

Co ciekawe, szybkie pociągi «Intercity» i «Intercity+» poruszają się ze średnią prędkością nieco ponad 80 km/h. Tylko na niektórych trasach, np. Kijów — Charków i Kijów — Lwów, prędkość dochodzi do 110 km/h. Maksymalna prędkość pociągu w Ukrainie wynosi 160 km/h. Ale to nie jest prędkość średnia, lecz prędkość chwilowa na niektórych odcinkach trasy (rys. 12.3).



Rys. 12.3. Szybki pociąg

Prędkość średnia nie jest średnią arytmetyczną prędkości średnich na poszczególnych odcinkach trasy.

Jeżeli ciało w odstępach czasu t_1 , t_2 , t_3 przebywa odpowiednie odcinki drogi S_1 , S_2 , S_3 , to aby obliczyć średnią prędkość, należy znaleźć całą drogę i cały czas ruchu, a następnie obliczyć stosunek tych wartości:

$$v_{\text{śr.}} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3}.$$



Zastanów się i odpowiedz

W ciągu pierwszych 50 s pies przebiegł 200 m, w ciągu kolejnych 40 s — ten sam dystans, a potem 200 m pokonał w ciągu 60 s. Czy taki ruch można uznać za jednostajny? Oblicz średnią prędkość psa. (Dokończ ustnych obliczeń).

3. Przykład rozwiązywania zadania

Zadanie. Podczas treningu kolarz najpierw przejechał 30 km w ciągu 45 min, a następnie kolejne 50 km w ciągu 2 godzin. Oblicz średnią prędkość kolarza na całym odcinku trasy.

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$S_1 = 30 \text{ km}$	30 000 m	$v_{\text{śr.}} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2}$	$v_{\text{śr.}} = \frac{30\,000 \text{ m} + 50\,000 \text{ m}}{2700 \text{ s} + 7200 \text{ s}} \approx$ $\approx 8 \text{ m/s}$
$t_1 = 45 \text{ min.}$	2700 s		
$S_2 = 50 \text{ km}$	50 000 m		
$t_2 = 2 \text{ h}$	7200 s		
$v_{\text{śr.}} - ?$			

Odpowiedź: $v_{\text{śr.}} \approx 8 \text{ m/s}$.



Zapamiętaj

Ruch niejednostajny — to ruch, podczas którego ciało w jednakowych odstępach czasu przebywa różne odcinki drogi.

Prędkość chwilowa — to prędkość ciała w danej chwili (w danym punkcie toru).

Prędkość średnia — to wielkość fizyczna będąca liczbowym odpowiednikiem stosunku drogi przebytej przez ciało do czasu trwania ruchu.



Sprawdź się

1. Turyści w ciągu 1 godziny pokonali 5,4 km, kolejne 10 km poruszali się z prędkością 4 km/h. Oblicz ich prędkość na pierwszym odcinku ruchu. Oblicz średnią prędkość poruszania się turystów na całej trasie.

2. Ile czasu zajmie dojazd samochodem ze Lwowa na festiwal w Tustaniu, jeśli odległość ze Lwowa do Tustania wynosi około 110 km, a średnia prędkość samochodu — 62 km/h?

Dodatkowo oblicz:

- czas dojazdu do Tustania z miejscowości, w której mieszkasz (informację o odległości znajdziesz w Internecie lub innych źródłach);
- średnie zużycie paliwa;
- koszty paliwa do pojazdu, z którego będziesz korzystać.

Uzyskaj informacje o zużyciu paliwa i jego cenie z dodatkowych źródeł.



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Ułóż algorytm działań i oblicz średnią prędkość Twojego bezpiecznego ruchu na odcinku «dom — szkoła» lub średnią prędkość ruchu Twojego domowego pupila.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Ruch jednostajny prostoliniowy	Uniform linear motion
Prędkość	Velocity
Ruch niejednostajny	Non-uniform motion
Prędkość chwilowa	Instantaneous velocity
Prędkość średnia	Average velocity
Prędkościomierz	Speedometer



§ 13. Ruch ciał niebieskich



Wszechświat znajduje się w ciągłym ruchu. Nawet teraz, siedząc nieruchomo i czytając podręcznik, pędzimy po Wszechświecie z ogromnymi prędkościami. Z jakimi i dlaczego — dowiesz się dzisiaj.



Dowiesz się o...

- ▶ orbitach planet;
- ▶ prędkościach ciał niebieskich;
- ▶ prawach ruchu planet;
- ▶ ciekawych faktach o Ziemi i Księżycu.

1. Dobowy i roczny ruch planet

Wszystkie obiekty znajdujące się poza Ziemią nazywane są **ciałami niebieskimi**. Przykładami ciał niebieskich są: Słońce, gwiazdy, planety i ich satelity, komety, asteroidy.

Każda planeta w Układzie Słonecznym wykonuje jednocześnie dwa ruchy: roczny i dobowy. **Rok** — to czas pełnego obiegu planety wokół Słońca. **Doba** — czas jednego pełnego obrotu planety wokół swej osi.

Dla Ziemi: 1 rok = 365 dob 5 godz. 48 minut 46 s;

1 doba = 23 godz. 56 min 4 s.

Do tab. 13.1 wniesiono dane o czasie trwania doby i roku na wszystkich planetach Układu Słonecznego.

Tabela 13.1

Nazwa planety	Długość roku	Długość doby
Merkury	88 dób ziemskich	176 dób ziemskich
Wenus	224,7 doby ziemskiej	117 dób ziemskich
Ziemia	365,25 doby ziemskiej	24 h
Mars	687 dób ziemskich	24 h 37 min
Jowisz	12 lat ziemskich	9 h 55 min
Saturn	30 lat ziemskich	10 h 20 min
Uran	84 lata ziemskie	17 h 14 min
Neptun	164,8 roku ziemskiego	16 h

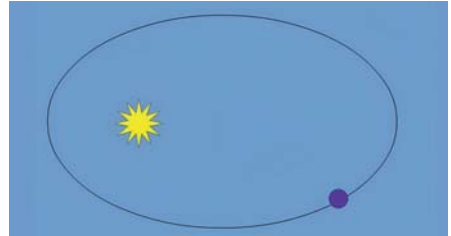
2. Osobliwości ruchu planet

Tor ruchu planety nazywany jest **orbitą**. Orbita Ziemi nie ma kształtu koła, a elipsy – wydłużonej zamkniętej krzywej (rys. 13.1). Okazuje się, że wszystkie planety mają **eliptyczne** orbity, które kształtem zbliżone są do kołowych (rys. 13.2).

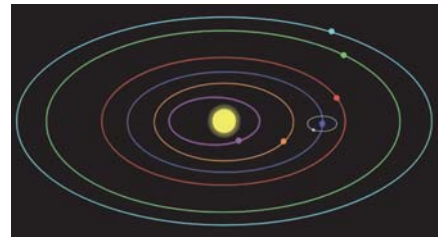
Planety poruszają się wokół Słońca ze zmienną prędkością. Ona jest maksymalna, kiedy planeta znajduje się w najbliższym do Słońca punkcie orbity (*peryhelium*), a minimalna – w najbardziej oddalonym od Słońca punkcie orbity (*afelium*). Ziemia porusza się po swej orbicie ze średnią prędkością 30 km/s, zmieniając ją od 29,3 km/s do 30,3 km/s (rys. 13.3).

Każda planeta ma swoją własną średnią prędkość orbitalną. Ona zależy od kolejności rozmieszczenia: ***im dalej Słońca znajduje się planeta, tym wolniej ona się porusza.***

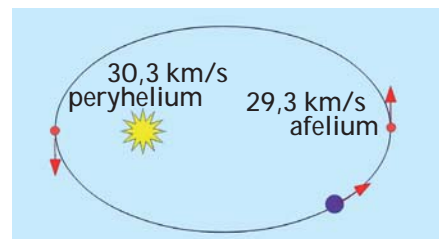
Niemiecki astronom **Johannes Kepler** jako pierwszy opisał charakter ruchu planet w Układzie Słonecznym.



Rys. 13.1. Orbita ruchu Ziemi



Rys. 13.2. Orbity ruchu planet



Rys. 13.3. Prędkość Ziemi w różnych punktach toru

Istota jego praw polega na tym, że:

- wszystkie planety krążą wokół Słońca po orbitach eliptycznych;
- one poruszają się ze zmienną prędkością, która wzrasta w miarę zbliżania się do Słońca i maleje w miarę oddalania się od niego;
- im dalej Słońca znajduje się planeta, tym wolniej ona się porusza.



Johannes Kepler

Zastanów się i odpowiedz

1. Oblicz odległość, którą Ziemia pokona w ciągu 1 minuty, poruszając się po swej orbicie wokół Słońca.

2. Ustal odpowiedniość między planetą i jej prędkością średnią.

- | | |
|-----------|------------|
| 1) Wenus | A) 30 km/s |
| 2) Ziemia | B) 35 km/s |
| 3) Mars | C) 24 km/s |

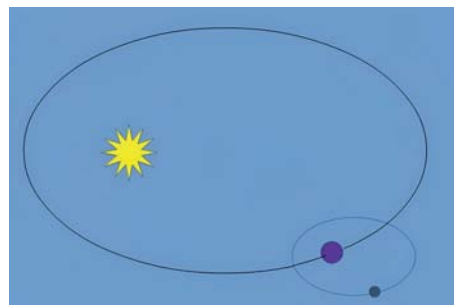
3. Coś niecoś o Ziemi, Księżycu i Słońcu

Zgodnie z prawami Keplera poruszają się nie tylko planety, ale także ich satelity. Ciało niebieskie krążące wokół planety nazywa się satelitą. Jedyna różnica polega na tym, że dla planety centralnym ciałem, wokół którego ona się porusza, jest Słońce, a dla satelity — jego planeta.

Księżyc — to satelita Ziemi, który krąży wokół niej po torze eliptycznym ze średnią prędkością 1 km/s, wykonując pełny obrót w ciągu 23,3 doby (rys. 13.4).

Za ten sam odstęp czasu (27,3 doby) on obraca się wokół swej osi. To warunkuje ciekawe zjawisko: Księżyc zawsze jest zwrócony do Ziemi tą samą stroną. Przeciwnej strony naszego satelity z Ziemi nie możemy zobaczyć.

Ponieważ Ziemia obraca się wokół swej osi, to każde ciało znajdujące się na jej powierzchni, nabiera prędko-



Rys. 13.4. Ruch Księżyca wokół Ziemi

kości, której wartość zależy od szerokości geograficznej. Największa ona jest na równiku — 1674 km/h, a na biegunach wynosi 0 km/h. Na szerokości geograficznej Kijowa każdy z nas porusza się z prędkością 1076 km/h (≈ 299 m/s).

Słońce również się porusza: obraca się wokół centrum naszej **Galaktyki** z prędkością 220 km/s.

Zatem, będąc w spoczynku względem powierzchni Ziemi, podróżujemy po Wszechświecie: z prędkością 1076 km/h na skutek dobowego obrotu Ziemi, z prędkością 30 km/s na skutek rocznego ruchu Ziemi i z prędkością 220 km/s dzięki ruchowi Słońca.



Zapamiętaj

Wszystkie obiekty znajdujące się poza Ziemią nazywane są **ciałami niebieskimi**.

Orbita — to tor ruchu ciała niebieskiego.

Satelita — to ciało niebieskie krążące wokół planety.

Orbity planet mają kształt **elipsy**.



Sprawdź się

1. Oblicz odległość, którą pokonuje Mars w ciągu 5 minut, poruszając się po swojej orbicie wokół Słońca

2. Ile miałbyś/miałabyś obecnie lat, gdybyś się urodził/urodziła i mieszkał/mieszkała na Marsie?

3. Rozpoznaj nieprawdziwą informację.







Słońce obraca się wokół Ziemi, ponieważ każdego ranka wschodzi, a wieczorem zachodzi. Ziemia obraca się wokół swej osi, dlatego mamy dzień i noc.



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Ciało niebieskie	Celestial body
Planeta	Planet
Orbita	Orbit
Satelita	Natural Satellite (moon)

Dokonaj samokontroli

Wypełnić luki	https://learningapps.org/watch?v=p1ct0qz4j23	
Konkurs «Ruch mechaniczny»	https://learningapps.org/watch?v=pfq2ziota23	
Pary logiczne «Wielkości fizyczne, jednostki ich pomiaru w układzie SI, wzory, przyrządy fizyczne»	https://learningapps.org/watch?v=phh2gdck323	
Swobodna odpowiedź tekstowa «Dokończ zdanie, wpisując odpowiedź»	https://learningapps.org/watch?v=pap6ysohj23	
Prosta liczbowa «Kto szybciej?»	https://learningapps.org/watch?v=p8qi7gq9n19	
«Rozwiąż zadanie»	https://learningapps.org/watch?v=pab2k1ay223	

Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)

Przykładowe tematy projektów:

- Prędkości ciał we Wszechświecie.
- Prędkości w sporcie.
- Porównanie średniej prędkości ruchu zwierząt zamieszkujących obszary chronione Ukrainy.

Siły w przyrodzie





§ 14. Oddziaływanie ciał. Zjawisko inercji. Przejawy inercji w życiu codziennym i technice. Bezwładność. Masa jako miara bezwładności ciała. Pomiar masy



Kopnięta piłka wpada do bramki; sanki zjeżdżają z górki i się zatrzymują; podczas gry w badminton siatka rakiety wygina się, a lotka się ściska; po wyłączeniu silnika samochód jeszcze przez jakiś czas jedzie; jeśli szybko pociągnąć za obrus, to stojące na nim przedmioty nie spadną... Dlaczego?



Dowiesz się o...

- ▶ oddziaływaniu ciał i jego skutkach;
- ▶ zjawisku inercji i jego przejawach;
- ▶ bezwładności;
- ▶ masie ciała i jej pomiarze.

1. Oddziaływanie ciał

W otaczającym nas świecie obserwujemy różnego rodzaju oddziaływania jednych ciał na drugie. Oddziaływania te są zawsze wzajemne: Słońce przyciąga Ziemię, a Ziemia przyciąga Słońce; dziecko, skacząc na trampolinie, oddziałuje na siatkę, a siatka — na dziecko; łyżwy oddziałują na lód, a lód — na łyżwy.

W fizyce takie oddziaływanie ciał nazywa się **oddziaływaniem wzajemnym**. W wyniku wzajemnego oddziaływania ciała mogą zmieniać prędkość ruchu (lub prędkość ruchu poszczególnych części), kształt, rozmiar.



Zastanów się i odpowiedz

Oddziaływania pomiędzy jakimi ciałami pokazane są na rys. 14.1 i 14.2? Co odbywa się w wyniku tych oddziaływań?

2. Inercja

Kula leżąca na stole bilardowym zaczyna się poruszać dopiero wtedy, gdy trafi w nią inna kula lub uderzy kij. Jeśli nie będzie takich oddzia-



Rys. 14.1.
Łucznictwo



Rys. 14.2.
Gra w bilard

ływań, sama kula nie zmieni swojej prędkości, to znaczy nie zacznie się poruszać.

Kula bilardowa nie może sama zwolnić ani się zatrzymać, stanie się to jedynie pod wpływem innego ciała — stołu. Gdyby nie było takiego oddziaływania, kula poruszałaby się w nieskończoność.

Zjawisko zachowania prędkości ciała, gdy nie oddziałują na nie inne ciała lub działanie innych ciał jest kompensowane, nazywa się **inercją**. Zjawisko inercji badał Galileo Galileusz jeszcze w 1632 roku.

Za przejaw zjawiska bezwładności można uznać: nachylanie się pasażerów w kierunku ruchu transportu w przypadku jego nagłego hamowania, strząsanie kropeł deszczu z ubrania, wytrząpywanie kurzu z dywanu, poruszanie się łyżwiarza po odepchnięciu od ścianki lodowiska.

3. Bezwładność

Spróbujmy przenieść dwa różne ciała: szafę i kłębek nici. Oczywiście jest, że aby kłębek nici się poruszył, potrzebny jest niewielki wysiłek. Jeśli ten sam wysiłek zastosować do szafy, żadnego ruchu nie będzie. Wyobraź sobie, jak szybko zacznie się poruszać kłębek, jeśli przyłożysz do niego siłę, która wprawi szafę w ruch. Przyczyną tego jest bezwładność, która u szafy jest znacznie większa niż u kłębka nici.

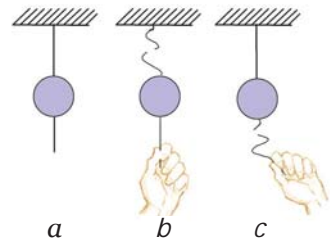
Bezwładność jest właściwością wszystkich ciał i polega na tym, że zmiana prędkości ciała wymaga pewnego czasu.

Przejawia się ona przy próbie zmiany prędkości ruchu ciała.

Ciała, które potrzebują dłuższego czasu na określoną zmianę prędkości pod działaniem tej samej siły, nazywają się **bardziej bezwładnymi** od ciał, które potrzebują na to krótszego czasu.

Zastanów się i odpowiedz

Rys. 14.3 pokazuje przejaw bezwładności kulki zawieszanej na nici. Dlaczego jeśli będziemy ciągnąć powoli, pęknie nić przywiązana do kulki z góry (rys. 14.3, *b*), a przy szarpnięciu — pęknie nić przywiązana od dołu (rys. 14.3, *c*)?



Rys. 14.3.
Przejaw bezwładności

4. Masa ciała i jej pomiar

Masa jest wielkością fizyczną, która określa miarę bezwładności ciała. Zatem ***im większa masa ciała, tym więcej czasu potrzeba ciału na zmianę prędkości, i odwrotnie.***

Masę ciała oznacza się symbolem ***m***. Jednostką masy w układzie SI jest **kilogram (kg)**. Wzorzec kilograma przechowywany jest w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres (Francja).

Stosowane są również inne pozaukładowe jednostki masy. Stosowane są również inne pozaukładowe jednostki masy: mg, g, q, t.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mg} &= 0,000001 \text{ kg} & 1 \text{ q} &= 100 \text{ kg} \\ 1 \text{ g} &= 0,001 \text{ kg} & 1 \text{ t} &= 1000 \text{ kg} \end{aligned}$$

W życiu codziennym masę ciała mierzy się metodą ważenia. W tym celu wykorzystuje się różne rodzaje wag (rys. 14.4).



Rys. 14.4. Wagi

Zapamiętaj

Oddziaływanie jednych ciał na drugie i odwrotnie nazywa się ***oddziaływaniem wzajemnym.***

Zjawisko zachowania prędkości ciała, gdy nie oddziałują na nie inne ciała lub działanie innych ciał jest kompensowane, nazywa się ***inercją.***

Bezwładność jest właściwością wszystkich ciał i polega na tym, że zmiana prędkości ciała wymaga pewnego czasu.

Masa – wielkość fizyczna, która jest miarą bezwładności ciała.

Sprawdź się

1. Z czym oddziałuje łódka, gdy osoba w niej siedząca wiosłuje?
2. Co stanie się z rowerzystą, jeśli podczas ruchu najedzie na kamień? Dlaczego?
3. Który pojazd (ciężarówka czy samochód osobowy) zatrzyma się szybciej, jeśli będą poruszać się z tą samą prędkością?
4. Mały jeź posiada masę 25 g. Wyraź wartość tej masy w jednostkach SI.
5. W oddziale receptowym apteki stażysta odważył na wadze elektronicznej 14 g substancji leczniczej. Postanowił jednak sprawdzić tę masę za pomocą wagi dźwigniowej. Podczas ważenia posługiwał się odważnikami: 10 g, 2 g, 1 g, 500 mg, 200 mg, 200 mg i 100 mg. Czy wyniki jego pomiarów są takie same?

Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Wykonaj wagę, korzystając z wieszaka na ubrania, dwóch papierowych kubków, linijki, jedwabnej nici, szydła, tektury, nożyczek, plasteliny lub innych dostępnych materiałów.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Oddziaływanie wzajemne	Interaction
Inercja	Inertia
Bezwładność	Inertness
Masa	Mass
Waga	Scales



§ 15. Gęstość substancji



Człowiek od dawna pragnął mieć biżuterię. Wiadomo, że noszono ją jeszcze za czasów paleolitu. Około pięciu tysięcy lat temu w Egipcie, Grecji i Rzymie pojawiła się biżuteria wykonana z metali szlachetnych. Znalezione antyczne naszyjniki i inne wyroby ze złota. Złotnicy nadal preferują metale szlachetne ze względu na ich atrakcyjność i połysk, a także plastyczność i łatwość obróbki. Do produkcji biżuterii złoto stosuje się w postaci stopów. Dowiedzmy się, czym się różnią.



Dowiedz się o...

- ▶ gęstości substancji;
- ▶ obliczaniu gęstości substancji, masy i objętości ciała.

1. Gęstość substancji

Jeśli na wadze dzwigniowej umieścimy dwa ciała o tej samej objętości (rys. 15.1), wówczas równowaga może zostać zakłócona. Dlaczego? Oczywiście ich masy są różne. Jeśli weźmiemy dwa ciała o tej samej masie (rys. 15.2), wówczas ich objętości mogą być różne. Wynika to z faktu, że substancje, z których są wykonane, mają różną gęstość.



Rys.15.1.
Ciała o tej samej objętości



Rys.15.2.
Ciała o tej samej masie

Gęstość to wielkość fizyczna, która jest liczbowo równa stosunkowi masy ciała do jego objętości:

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

Gęstość oznacza się symbolem ρ («ro») i oblicza się według wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Gęstość pokazuje, jaka masa substancji mieści się w jej jednostkowej objętości.

Jednostką miary gęstości w układzie SI jest **kilogram na metr sześcienny** (kg/m^3). Oznacza to masę 1 m^3 substancji.

Stosowane są również inne pozaukładowe jednostki pomiaru gęstości: g/cm^3 , g/dm^3 i inne.

Rozważmy zależność pomiędzy jednostkami gęstości:

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1000000 \text{ cm}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3},$$

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \cdot \frac{0,001 \text{ kg}}{0,000001 \text{ m}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Różne substancje mają różne gęstości, które można znaleźć w tabelach gęstości (Załącznik 1). Zgodnie z tabelą możemy znaleźć gęstości glinu, wody i tlenu:

$$\rho_{\text{glinu}} = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \rho_{\text{wody}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \rho_{\text{tlenu}} = 1,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Jak widać, są różne.



Zastanów się i odpowiedz

Dlaczego gęstość substancji jest różna?

2. Obliczanie masy i objętości ciała

Ze wzoru na gęstość, możesz wyznaczyć masę ciała, jeśli znana jest gęstość substancji i jej objętość:

$$m = \rho V,$$

oraz objętość ciała, jeżeli znana jest masa ciała i gęstość substancji:

$$V = \frac{m}{\rho}.$$

3. Przykład rozwiązania zadania

Kubuś Puchatek przyniósł beczułkę miodu o pojemności 2 l i masie $2,7 \text{ kg}$ jako prezent dla swojego przyjaciela Krzysztofa Robina. Czy pszczoły były «właściwe» i czy wyprodukowały «właściwy» miód? Gęstość miodu w tabeli wynosi $1350 \text{ kg}/\text{m}^3$?

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$V = 2 \text{ l}$	$0,002 \text{ m}^3$	$\rho = \frac{m}{V}$	$\rho = \frac{2,7 \text{ kg}}{0,002 \text{ m}^3} = 1350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
$m = 2,7 \text{ kg}$			
$\rho = ?$			

Odpowiedź: $\rho = 1350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, więc pszczoły były «właściwe» i miód — prawdziwy.



Zapamiętaj

Gęstość to wielkość fizyczna, która jest liczbowo równa stosunkowi masy ciała do jego objętości: $\rho = \frac{m}{V}$.

Gęstość pokazuje, jaka masa substancji zawarta jest w jej jednostkowej objętości.



Sprawdź się

- Gęstość lodu wynosi 900 kg/m^3 . Co to znaczy?
- Znajdź gęstość pary wodnej w tabeli (załącznik 1). Porównaj ją z gęstością lodu i wyjaśnij przyczynę różnicy w tych gęstościach.
- Znajdź i popraw błąd:

$$240 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} > 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}; \quad 3,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 8900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \quad 8500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} < 7,4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}.$$
- Określ masę oleju w butelce o pojemności 1 l.
- Oblicz objętość bryły lodu o masie 1080 kg.
- Żeliwna kula o objętości 150 cm^3 posiada masę 800 g. Czy w kuli jest wnęka?
- Wymiary cegły to $25 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 6,5 \text{ cm}$. Określ jej masę.



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Zgodnie ze swoim algorytmem sporządź model warstwowego ułożenia w naczyniu cieczy o różnej gęstości. Jako przykład może służyć przygotowanie wielobarwnej galaretki.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Gęstość	Density
---------	---------

Praca laboratoryjna nr 4
WYZNACZANIE GĘSTOŚCI CIAŁ STAŁYCH I CIECZY

Cel: nauczyć się wyznaczać gęstość ciał stałych i cieczy.

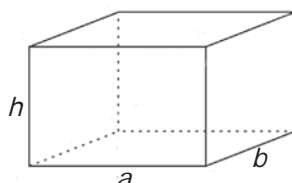
Sprzęt: linijka, cylinder miarowy (menzurka), bryła o regularnym kształcie geometrycznym (prostopadłościan), bryła o nieregularnym kształcie geometrycznym, naczynie z wodą, waga dzwigniowa, zestaw odważników.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Instrukcje do pracy

I. Wyznaczanie gęstości ciała stałego o regularnym kształcie geometrycznym

1. Określ wartość podziałki skali linijki.
2. Zmierz krawędzie prostopadłościanu (rys. 1):
 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ cm; $b = \underline{\hspace{2cm}}$ cm; $h = \underline{\hspace{2cm}}$ cm.
3. Wyznacz objętość prostopadłościanu
 $V = \underline{\hspace{3cm}}$ cm³.
4. Zmierz jego masę za pomocą wagi dzwigniowej. Wyniki pomiarów zapisz w tabeli 1.



Rys. 1

Tabela 1

Zestaw ciężarków (na przykład 1 g, 2 g, 5 g, 10 g, 50 mg, 100 mg)	Masa ciała, m , mg	Masa ciała, m , g

5. Wyznacz gęstość substancji, z której zbudowane jest ciało stałe o regularnym kształcie geometrycznym $\rho = \frac{m}{V}$:

$$\rho = \underline{\hspace{2cm}} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \underline{\hspace{2cm}} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} .$$

6. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli 2.

Tabela 2

Badane ciało	Masa, m , g	Długość, a , cm	Szerokość, b , cm	Wysokość, h , cm	Objętość ciała, V , cm ³	Gęstość, ρ	
						$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

II. Wyznaczanie gęstości cieczy

1. Do menzurki wlej 50 ml wody:

$$V = \text{_____ cm}^3.$$

Pamiętaj: 1 ml = 1 cm³.

2. Zmierz za pomocą wagi dźwigniowej masę pustego naczynia:

$$m_1 = \text{_____ g}.$$

3. Wlej ciecz z menzurki do naczynia i zmierz masę naczynia z wodą:

$$m_2 = \text{_____ g}.$$

4. Wyznacz masę wody w naczyniu, korzystając ze wzoru

$$m = m_2 - m_1;$$

$$m = \text{_____ g}.$$

5. Określ gęstość wody:

$$\rho = \frac{\text{_____ g}}{\text{_____ cm}^3} = \frac{\text{_____ kg}}{\text{_____ m}^3}.$$

6. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli 3.

Tabela 3

Badana substancja	Masa pustego naczynia, m_1 , g	Masa naczynia z wodą, m_2 , g	Masa wody, m , g	Objętość wody, V , cm ³	Gęstość, ρ	
					$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Woda						

III. Wyznaczanie gęstości ciała stałego o nieregularnym kształcie geometrycznym

1. Zmierz masę ciała o nieregularnym kształcie geometrycznym za pomocą wagi dźwigniowej:

$$m = \text{_____ g}.$$

2. Do menzurki wlej tyle wody, aby możliwe było całkowite zanurzenie w niej badanego ciała (rys. 2).

3. Zmierz objętość nalanej wody
- V_1
- :

$$V_1 = \text{_____ cm}^3.$$

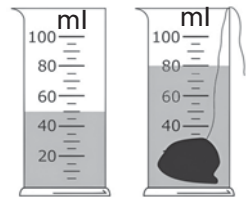
4. Zanurz badane ciało w wodzie.

5. Zmierz ogólną objętość wody z ciałem
- V_2
- :

$$V_2 = \text{_____ cm}^3.$$

6. Wyznacz objętość badanego ciała, korzystając ze wzoru
- $V = V_2 - V_1$
- :

$$V = \text{_____ cm}^3.$$



Rys. 2

7. Określ gęstość substancji, z której wykonane jest ciało stałe o nieregularnym kształcie geometrycznym:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_1}{V_1 - V_2} \cdot \frac{g}{cm^3} = \frac{m_1}{V_1 - V_2} \cdot \frac{kg}{m^3} .$$

8. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli 4.

Tabela 4

Badane ciało	Masa ciała, m_1 , g	Objętość wody w menzurce, V_1 , cm^3	Objętość wody w menzurce po zanurzeniu ciała, V_2 , cm^3	Objętość ciała, V , cm^3	Gęstość, ρ	
					$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{kg}{m^3}$

Przeanalizuj wyniki eksperymentu. Wyciągnij wniosek (co wyznaczano podczas pracy laboratoryjnej; wartości jakich wielkości obliczano i jakie otrzymano wyniki; czy wyniki eksperymentu można uznać za w pełni dokładne; gdzie zdobytą wiedzę można wykorzystać w praktyce).

Dodatkowe zadanie

Zaproponuj metodę wyznaczania gęstości stopu dwóch substancji, jeśli znane są ich masy i gęstości.



§ 16. Siły. Pomiar sił. Siłomierz



Każdy z nas w dzieciństwie uwielbiał ukraińskie bajki ludowe. Któż nie słyszał o Mykycie Kożumiace lub Kotyhoroszku? Mieli ogromną moc! «Kotyhoroszok jak się zawziął, to wyrwał dąb z korzeniami». «Mykyta Kożumiaka... rzucił razem przez ramię dwanaście skór wołich i zaniósł je do rzeki».



Współcześni siłacze — Wasyl Wirastiuk i Oleksij Nowikow — mieli kiedyś tytuł «Najsilniejszego człowieka świata».

A co oznacza pojęcie «siły» w fizyce?



Dowiesz się o...

- ▶ siłę jako miarę oddziaływania ciał;
- ▶ pomiarze siły.

1. Siła jako miara oddziaływania ciał

Co sprawia, że ciała się poruszają? Co podtrzymuje ten ruch? Jaka jest przyczyna zatrzymania się ciała?

Spróbujmy odpowiedzieć na przykładzie dyscypliny olimpijskiej — wiosłowania na kajakach. Aby poruszyć łódź, konieczne jest oddziaływanie wzajemne wiosła i wody. Sportowcy wiosłami odpychają wodę do tyłu, popychając w ten sposób łódź do przodu (rys. 16.1).



Rys. 16.1. Zawody kajakowe

Im częstsze i silniejsze będzie takie oddziaływanie, tym szybciej kajak będzie płynął. Jeśli przestać wiosłować, prędkość łodzi będzie stopniowo maleć. Wiąże się to już z oddziaływaniem wzajemnym łodzi i wody.

Jeśli lekko kopniemy piłkę, potoczy się ona po trawie i po chwili się zatrzyma. Lecz jeśli mocno w nią uderzymy, to może ona przelecieć po całym boisku piłkarskim. Jednak skutkiem oddziaływania ciał jest nie tylko zmiana ich prędkości, ale także zmiana kształtu i rozmiaru. W niektórych przypadkach jest to niedostrzegalne (oddziaływanie nogi i piłki), w innych jest oczywiste: plastelinowa kulka w razie upadku oddziałuje z podłogą i zostaje spłaszczona. Doświadczenie potwierdza, że im mocniej rzucimy kulkę w dół, tym bardziej zauważalna będzie zmiana jej kształtu.

Wszystko to jest przejawem wzajemnego oddziaływania ciał. W każdym przypadku wynik zależy od tego, jak «silne» jest oddziaływanie. A jak go zmierzyć? W tym celu w fizyce wprowadzono pojęcie «siły».

Siła jest wielkością fizyczną będącą miarą oddziaływania jednego ciała na drugie (miarą wzajemnego oddziaływania).

Siłę oznacza się symbolem **F** . Jednostką siły w układzie SI jest **niu-ton** (oznacza się dużą literą **N**).

Stosowane są również wielokrotne i podwielokrotne jednostki miary:

$$1 \mu\text{N} = 0,000001 \text{ N}$$

$$1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ mN} = 0,001 \text{ N}$$

$$1 \text{ MN} = 1\,000\,000 \text{ N}$$

Jeśli na ciało działa większa siła, wówczas prędkość jego ruchu wzrasta. W ten sposób dorośli uczestnik gry w kręgle może nadać piłce dość dużą prędkość (rys. 16.2), a dziecko — mniejszą, ponieważ nie może tak mocno pchnąć piłki (rys. 16.3).



Rys. 16.2.
Dorośli gracze w kręgle



Rys. 16.3.
Mali gracze w kręgle

Zastanów się i odpowiedz

Używając znaków matematycznych ($>$, $<$, $=$), porównaj wartości wielkości fizycznych: 4 kN i 4000 N; 10 mN i 0,01 N; 600 μN i 0,006 N.

2. Pomiar siły

Do pomiaru siły stosuje się specjalne urządzenia — **siłomierze** (inna nazwa: **dynamometry**). Siłomierz może mieć różne konstrukcje (rys. 16.4).

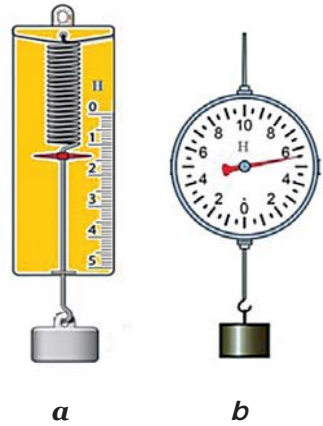


Rys. 16.4. Siłomierze

Dynamometr laboratoryjny składa się ze sprężyny zamocowanej na panelu ze skalą wyskalowaną w jednostkach siły i strzałki przymocowanej do sprężyny (rys. 16.5, a). Położenie strzałki wskazuje wartość siły na skali.

Zastanów się i odpowiedz

Z jaką siłą ciężarek oddziałuje z haczykiem dynamometru w obu przypadkach (rys. 16.5)?



Rys. 16.5. Pomiar siły

Zapamiętaj

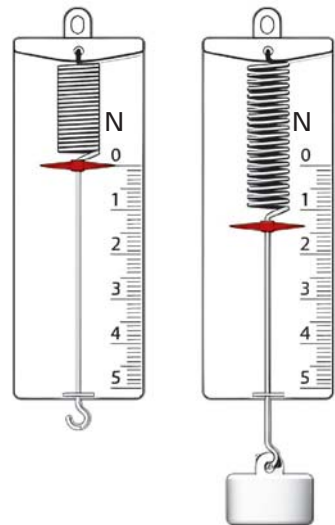
Siła — to wielkość fizyczna, która jest miarą oddziaływania jednego ciała na drugie (miara wzajemnego oddziaływania).

Siłomierz (dynamometr) — urządzenie do pomiaru siły.

Sprawdź się

1. Zapisz w kolejności wzrastania wartości sił działających na ciało, przekształciwszy je uprzednio na jednostki układu SI: 3 N, 500 mN, 50 kN, 5 mN.

2. Według rys. 16.6 określ wartość podziałki skali siłomierza i siłę, z jaką ciężarek na niego działa?



Rys. 16.6. Pomiar siły za pomocą siłomierza

Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Oddziaływanie wzajemne	Interaction
Siła	Force
Siłomierz	Dynamometer

§ 17. Graficzny obraz sił.

Dodawanie sił



Mądrość ludowa głosi: «W grupie komar jest siłą», «Jedna pszczoła miodu nie zbiera», «Co dwóch, to nie jeden», «Co dwie głowy, to nie jedna». A co «mówi» fizyka?



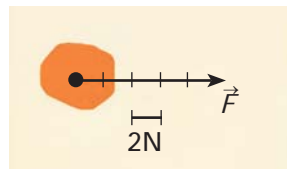
Dowiesz się o...

- ▶ obrazie sił działających na ciało;
- ▶ sile wypadkowej.

1. Graficzny obraz sił

Każda siła działająca na ciało ma punkt przyłożenia, kierunek i wartość liczbową. Wielkości fizyczne posiadające kierunek nazywane są wektorami. Graficznie siłę przedstawiamy w postaci wektora — odcinka prostej zakończonego strzałką.

Rozważ rys. 17.1. Wektor siły ma początek w punkcie przyłożenia siły i jest skierowany w stronę działania siły. Wartość siły wynosi 10 N, ponieważ odcinek jednostkowy wynosi 2 N.



Rys. 17.1.
Graficzny obraz siły

2. Siła wypadkowa

W życiu codziennym napotykamy wiele problemów, które można szybko rozwiązać, jeśli z pomocą przyjdą przyjaciele, lub odwrotnie, nie można ich rozwiązać, ponieważ ktoś stwarza przeszkody. Podobnie w fizyce: jednej sile z pomocą «przychodzą» inne, zwiększając ogólny efekt, lub «utrudniają», zmniejszając ten efekt.

Wszystkie siły działające na ciało można zastąpić jedną — wypadkową sił.

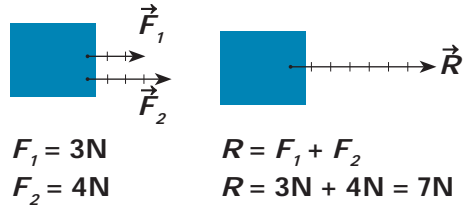
Siła wypadkowa jest siłą działającą w taki sam sposób, jak kilka oddzielnych sił przyłożonych do tego ciała jednocześnie.

Siłę wypadkową oznacza się wielką literą **R**. Jednostką jej miary w SI jest **niuton (N)**.

Jak określić tę siłę? Rozważmy różne warianty.

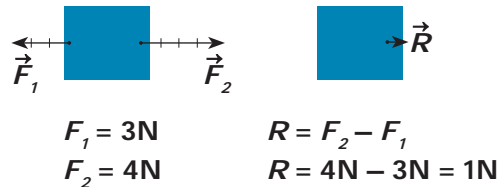
Jeżeli na ciało wzdłuż jednej prostej działają dwie siły w tę samą stronę, to kierunek siły wypadkowej będzie taki sam jak kierunek przy-

łożonych sił, a wartość siły wypadkowej będzie równa sumie wartości tych sił. (rys. 17.2).



Rys. 17.2. Wypadkowa sił skierowanych wzdłuż jednej prostej w jednym kierunku

Jeżeli na ciało wzdłuż jednej prostej działają dwie siły skierowane w przeciwne strony, to kierunek siły wypadkowej będzie taki sam jak kierunek siły o większej wartości, a wartość siły wypadkowej będzie równa różnicy wartości sił przyłożonych (rys. 17.3).



Rys. 17.3. Wypadkowa sił skierowanych wzdłuż jednej prostej w przeciwnych kierunkach

Zastanów się i odpowiedz

Jaka będzie wypadkowa sił, jeśli na ciało wzdłuż jednej linii prostej będą działać dwie przeciwnie skierowane siły o jednakowej wartości?

Zapamiętaj

Wypadkowa siła jest to siła, działająca w taki sam sposób, jak kilka oddzielnych sił przyłożonych do tego ciała jednocześnie.

Sprawdź się

1. Na poruszające się ciało działają dwie siły 40 N i 60 N skierowane wzdłuż tej samej prostej. Jaka może być wartość wypadkowej tych sił? Rozważ wszystkie możliwe przypadki. Przedstaw siły graficznie. Wybierz skalę samodzielnie.

2. Wypadkowa trzech sił działających na ciało wzdłuż tej samej prostej wynosi 150 N. Jaką wartość może mieć trzecia siła, jeśli dwie z nich mają wartości odpowiednio równe 50 N i 70 N? Wykonaj odpowiednie rysunki schematyczne.



§ 18. Powszechne ciążenie.

Siła ciężkości. Oddziaływanie ciał Układu Słonecznego. Galaktyki. Metagalaktyka



Od dziecka zauważasz, że wszystko, co wypuścisz z rąk lub rzucisz w górę, spada na ziemię, jakby było ciągnięte przez niewidzialną siłę. A czy można się jej pozbyć? Czy możliwa jest realizacja idei postaci z utworu fantasty Herberta Wellsa o stworzeniu «tarczy grawitacyjnej», uwalniającej obiekty od przyciągania ziemskiego i umożliwiającej loty do ciał niebieskich?



Dowiesz się o...

- ▶ grawitacji;
- ▶ sile ciężkości;
- ▶ galaktykach i metagalaktyce.

1. Oddziaływanie grawitacyjne

Oddziaływanie grawitacyjne istnieje pomiędzy dwoma dowolnymi ciałami o określonych masach. Jego przejawem jest **powszechne ciążenie** — wzajemne przyciąganie ciał, a miarą ilościową — **siła ciężkości**. Oddziaływanie grawitacyjne zostało zbadane i opisane matematycznie przez Izaaka Newtona.

W swoim prawie, zwanym **prawem powszechnego ciążenia**, badacz twierdził, że siła oddziaływania dwóch ciał zależy od ich mas

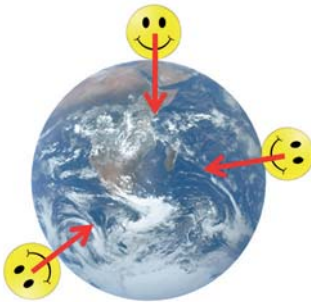
i odległości między nimi: zwiększa się wraz ze wzrostem ich masy i maleje wraz ze wzrostem odległości. Ta siła jest wzajemna. Na przykład, z jaką siłą Ziemia przyciąga do siebie Księżyc, utrzymując go na orbicie, z taką samą siłą Księżyc «ciągnie» Ziemię, powodując przypływy (rys. 18.1).



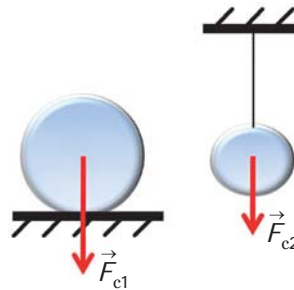
Rys. 18.1.
Oddziaływanie grawitacyjne
Księżycy i Ziemi

2. Siła ciężkości Ziemi

Z naszego doświadczenia wynika, że każdy przedmiot wypuszczony z rąk lub rzucony w dowolnym kierunku, pada na ziemię. Przyczyną tego jest **siła ciężkości** — siła, z jaką Ziemia przyciąga wszystkie ciała znajdujące się na jej powierzchni lub w jej pobliżu. Ona nie jest jednakowa dla różnych ciał, ponieważ zależy od masy ciała. Jednak **kierunek siły ciężkości** jest taki sam — do środka Ziemi (rys. 18.2). Punktem przyłożenia siły ciężkości jest środek ciała (rys. 18.3).



Rys. 18.2.
Kierunek siły ciężkości



Rys. 18.3.
Obraz siły ciężkości

Upewnić się w tym można za pomocą **pionu** — ciała zawieszono na nici. Linia, wzdłuż której siła ciężkości działa na pion, pokrywa się z nicią i jest skierowana w dół (rys. 18.4).

Wielkość siły ciężkości działającej na ciało mierzy się za pomocą dynamometru. W tym celu to ciało należy powiesić na ustawionym pionowo dynamometrze.



Rys. 18.4. Pion

Moduł siły ciężkości wyznacza się według wzoru:

$$F_c = mg,$$

gdzie $g = 9,8 \text{ N/kg}$ jest współczynnikiem proporcjonalności.

Aby ułatwić obliczenia matematyczne przy rozwiązywaniu zadań związanych ze stosowaniem wzoru siły ciężkości, zaleca się założenie, że $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Nie dotyczy to prac laboratoryjnych oraz zadań wymagających dużej dokładności wyniku końcowego.



Zastanów się i odpowiedz

Oblicz siłę, z jaką Ziemia przyciąga tabliczkę czekolady o masie 100 g; arbuz o masie 3 kg.

3. Przejawy powszechnego ciążenia

Siła ciężkości jest ważna dla życia na Ziemi, ponieważ dzięki niej istnieje powłoka powietrzna, płyną rzeki, a organizmy żywe poruszają się w przestrzeni, wyznaczając kierunek siły ciężkości za pomocą specjalnych receptorów. U ludzi funkcję tę pełni zmysł równowagi.

Dzięki sile ciężkości Ziemia utrzymuje w pobliżu siebie satelity: sztuczne i naturalne (wymień je).

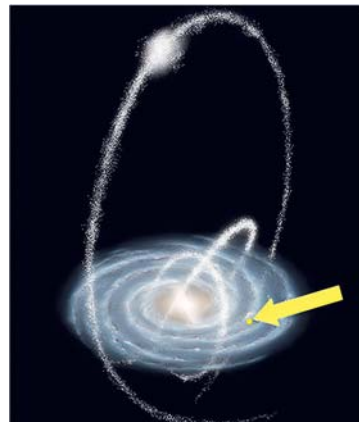
Układ Słoneczny istnieje (nie rozpada się) dzięki temu, że Słońce, jako najbardziej masywne ciało, wywiera siłę ciężkości na każdego ze swoich «mieszkańców» (rys. 18.5).

Grawitacja utrzymuje Słońce i inne gwiazdy w stabilnym stanie.

Oddziaływanie grawitacyjne uniemożliwia zapadanie się galaktyk. **Galaktyka** to ogromny zbiór gwiazd krążących wokół wspólnego centrum. Rys. 18.6 pokazuje **naszą** Galaktykę i przybliżone położenie Słońca razem z nami. Należą do niej prawie wszystkie



Rys. 18.5.
Układ Słoneczny



Rys. 18.6. Nasza
Galaktyka

gwiazdy widoczne gołym okiem. W sumie jest tam około 400 miliardów gwiazd. Nasza Galaktyka nazywana jest również ***Drogą Mleczną*** lub ***Szlakiem Czumackim*** (dowiedz się, dlaczego?).

Nasza Galaktyka wraz z innymi galaktykami Wszechświata, które możemy obserwować, tworzy ***Metagalaktykę***.



Zapamiętaj

Oddziaływanie grawitacyjne — wzajemne przyciąganie ciał.

Siła ciężkości — to siła, z jaką Ziemia przyciąga wszystkie ciała znajdujące się na jej powierzchni lub w jej pobliżu.

Galaktyka — to duży układ gwiazd związanych przez oddziaływanie grawitacyjne.

Metagalaktyka — to część Wszechświata dostępna dla nas do obserwacji.



Sprawdź się

1. Dlaczego stwierdzenie «Jabłko przyciąga Ziemię» jest prawdziwe?

2. Określ siłę, z jaką Ziemia działa na Ciebie.

3. Ziemia przyciąga do siebie kolibra (najmniejszego ptaka) z siłą 18 mN. Określ jego masę.



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Użyj własnego algorytmu, aby obliczyć siłę ciężkości działającą na powietrze w pomieszczeniu. Do wykonania zadania użyj taśmy mierniczej i tabeli gęstości substancji.

Podczas pracy przestrzegaj zasad bezpieczeństwa!



Słowniczek terminów fizycznych

(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Grawitacja	Gravity
Siła ciężkości	Gravitational force
Galaktyka	Galaxy
Metagalaktyka	Metagalaxy



§ 19. Odkształcenie ciał. Rodzaje odkształceń. Siła sprężystości. Ciężar ciała



Czy kiedykolwiek skakałeś na trampolinie? Jeśli jeszcze nie skakałeś, spróbuj. Niezapomniane uczucia! I dlatego skaczymy tak wysoko i tak łatwo? Dowiedzmy się.



Dowiesz się o...

- ▶ odkształceniu i jego rodzajach;
- ▶ sile powstającej podczas odkształcenia;
- ▶ ciężarze ciała i stanie nieważkości.

1. Odkształcenie w wyniku oddziaływania ciał

Wiadomo, że na skutek wzajemnego oddziaływania może zmieniać się prędkość ciał, a także wynikać ich odkształcenie (zmiana kształtu lub wielkości ciała).

Dlatego **odkształcenie** (lub **deformacja**) to zmiana kształtu czy rozmiaru ciała podczas oddziaływania z innymi ciałami.

Podczas deformacji zmieniają się odległości między cząstkami ciała: zwiększają się lub zmniejszają. Jednocześnie przeważają odpowiednio siły przyciągające lub siły odpychające, które próbują przywrócić ciało do stanu nieodkształconego.

Części ciała poruszają się nierównomiernie względem siebie, i z tego powodu odkształcenie może być różne: **rozciąganie** (rozciąganie sprężyny, gumowej opaski uciskowej, struny bandury, kręgosłupa i kości rąk gimnastyczki podczas salta na drążkach); **ściskanie** (ściskanie detali podczas prasowania, fundamentów i ścian budynków, nóg krzeseł podczas siedzenia na nim, kręgosłupa człowieka i kości nóg podczas chodzenia i stania); **zginanie** (zginanie mostów podczas ruchu transportu po nich, podłogi podczas chodzenia po niej, kręgosłupa człowieka podczas zbierania jagód); **skręcanie** (oddział szyny kręgosłupa podczas obracania głowy, wiertarka elektryczna, osie samochodowe); **przesunięcie** (noże podczas ostrzenia, zęby piły podczas piłowania drewna, przedmioty podczas szlifowania ich powierzchni, zęby podczas żucia).

Przesunięcie, skręcenie, ucisk to główne przyczyny wad postawy u dzieci i młodzieży. Odkształcenie przesunięcia wyjaśnia niebezpieczeń-

stwo chodzenia na wysokich obcasach dla kobiet (stopa jest zdeformowana). Rozciąganie mięśni, więzadeł i ścięgien powoduje nie tylko ból, ale także wymaga długotrwałego leczenia.

Współczesna medycyna rehabilitacyjna nie mogłaby istnieć bez uwzględnienia praw i zjawisk fizycznych, a także wzorców różnego rodzaju deformacji.

Wyróżnia się odkształcenia sprężyste i plastyczne.

Jeśli odkształcenia znikną po ustaniu działania siły zewnętrznej, nazywa się je **sprężystymi** (rys. 19.1). Przykłady: resory samochodów podczas ruchu, trampoliny podczas skakania po nich, struny instrumentów muzycznych podczas gry.

Jeżeli odkształcenia utrzymują się po ustaniu działania siły zewnętrznej, nazywa się je **plastycznymi** (rys. 19.2). Przykłady: ciasto podczas przygotowywania wypieków, glina podczas produkcji wyrobów ceramicznych, guma do żucia.



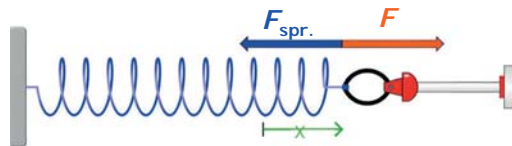
Rys. 19.1. Łucznictwo



Rys. 19.2. Praca z plasteliną

2. Siła sprężystości

W wyniku odkształcenia ciała powstaje siła sprężystości $F_{\text{spr.}}$, która jest skierowana przeciwnie do przemieszczenia cząstek ciała (w kierunku przeciwnym do przyłożonej siły F) (rys. 19.3).



Rys. 19.3. Siła sprężystości

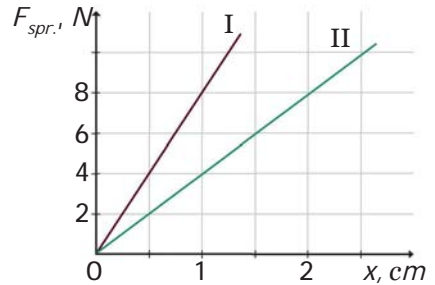
W XVII wieku angielski naukowiec Robert Hooke zajmował się badaniem procesów związanych z deformacją ciał. On doszedł do wnio-

sku, że **dla małych odkształceń sprężystych siła sprężystości jest wprost proporcjonalna do wydłużenia ciała i ma kierunek przeciwny do przemieszczenia cząstek ciała (prawo Hooke'a).**

3. Wykres zależności siły sprężystości od odkształcenia

Na przykładzie wykresu zależności siły sprężystości od wydłużenia (rys. 19.4) dowiemy się, które z dwóch ciał ma większą sprężystość.

Od kąta nachylenia wykresu do osi odciętych możemy wnioskować o sprężystej właściwości substancji. Im większy kąt nachylenia wykresu, tym bardziej sprężyste jest ciało. Dlatego ciało I ma bardziej sprężyste właściwości.



Rys. 19.4.

Wykres zależności siły sprężystości od odkształcenia



Zastanów się i odpowiedz

Dlaczego można skakać wysoko na trampolinie bez żadnego wysiłku?

4. Ciężar i nieważkość

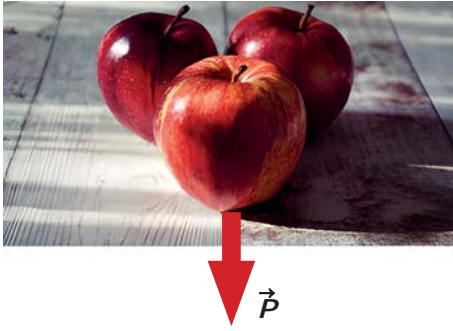
Istnieje inna siła, która powstaje w wyniku przyciągania do Ziemi, powodując odkształcenie ściskające lub rozciągające. Siła ta nazywa się **ciężarem** i oznacza się symbolem P . Jednostką jej w układzie SI jest **niuton (N)**.

Ciężar ciała — to siła, z jaką ciało działa na poziomą podporę lub pionowe zawieszenie w wyniku jego przyciągania do Ziemi:

$$P = mg.$$

Ze wzoru można wyznaczyć masę ciała w spoczynku lub w ruchu jednostajnym prostoliniowym. Należy pamiętać, że siłę ciężkości wyznacza się w podobny sposób, z tym że przyłożona jest ona do ciała, a ciężar przykłada się do podłoża (rys. 19.5) lub do zawieszenia pionowego (rys. 19.6).

Jak myślisz: czy ciężar tego samego ciała może się zmienić; czy ciało może być nieważkie? Okazuje się, że tak! Zmianę ciężaru można było odczuć podczas poruszania się windą. Kiedy winda zaczyna poruszać się



Rys. 19.5. Jabłka na stole



Rys. 19.6. Jabłka na gałęzi

do góry, czujesz się niby przyciśnięty do jej podłogi: Twój ciężar wzrasta. Gdy winda porusza się w dół, wydaje się, że jedziesz w górę: Twój ciężar maleje. Ponadto ciało może nie mieć ciężaru.

Stan, w którym ciało porusza się wyłącznie pod wpływem siły ciężkości, nazywa się **nieważkością**. W tym stanie ciężar ciała wynosi zero.

Astronaucci doświadczają stanu nieważkości podczas badania kosmosu. Nieważkość wpływa na ich samopoczucie, dlatego przed lotem długo trenują na specjalnych symulatorach, aby przygotować organizm.

Jeśli w normalnych warunkach nie bierze się pod uwagę oporu powietrza, to sportowiec wykonujący ćwiczenia na trampolinie lub skaczący z wieży do wody będzie w stanie nieważkości.

5. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Oblicz masę jabłka, jeśli jego ciężar wynosi 1,5 N.

Dane:		Rozwiązanie:
$P = 1,5 \text{ N}$	$P = mg$	$m = \frac{1,5 \text{ N}}{10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,15 \text{ kg}$
$g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$m = \frac{P}{g}$	
$m = ?$		

Odpowiedź: $m = 0,15 \text{ kg}$.



Zapamiętaj

Odształcenie to zmiana kształtu lub rozmiaru ciała podczas wzajemnego oddziaływania z innymi ciałami.

Odształcenia sprężyste — to takie odkształcenia, które zanikają po ustaniu działania siły zewnętrznej.

Odształcenia plastyczne — to takie odkształcenia, które pozostają po ustaniu działania siły zewnętrznej.

Prawo Hooke’a: dla małych odkształceń sprężystych siła sprężystości jest wprost proporcjonalna do wydłużenia ciała i ma kierunek przeciwny do przemieszczenia cząstek ciała.

Ciężar ciała — to siła, z jaką ciało działa na poziome podłoże lub pionowe zawieszenie w wyniku przyciągania do Ziemi.

Nieważkość — to stan, w którym ciało porusza się wyłącznie pod wpływem siły ciężkości (ciężar ciała wynosi zero).



Sprawdź się

1. Dlaczego sprężyna dynamometru jest wykonana ze stali, a nie z aluminium lub miedzi?

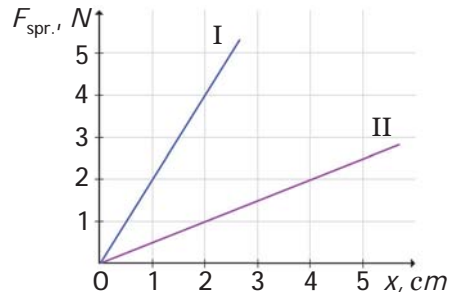
2. Czy ptak ma ciężar w locie? Dlaczego?

3. Do czego jest przyłożony ciężar mrówki, która pełźnie po ścieżce?

4. Przeanalizuj wykresy (rys. 19.7) zależności siły sprężystości od odkształcenia dla dwóch sprężyn i określ, która z nich jest bardziej sprężysta.

5. Oblicz ciężar leżącej na stole książki o masie 400 g.

6. Kula zawieszona na sznurku działa na nią z siłą 5 N. Oblicz masę kuli.



Rys. 19.7.

Wykres zależności siły sprężystości od odkształcenia



Słowniczek terminów fizycznych

(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Odształcenie	Deformation
Ciężar ciała	Weight of an object
Nieważkość	Weightlessness
Zawieszenie	Suspension
Podłoże	Support



§ 20. Tarcie. Siły tarcia.

Tarcie w przyrodzie i technice



Mądrość ludowa mówi: «Kosa lubi toczydło i kawałek słoniny», «Nie posmarujesz — nie pojedziesz», «Wszystko idzie jak po maśle», «Stoi na śliskiej drodze», «Iść po linii najmniejszego oporu». A co fizyka «mówi» na ten temat?



Dowiesz się o...

- ▶ sile tarcia;
- ▶ przyczynach tarcia;
- ▶ rodzajach tarcia;
- ▶ tarcia w życiu codziennym.

1. Tajemnicza siła

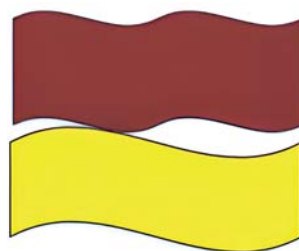
Wiemy już o istnieniu siły ciężkości, siły sprężystości i ciężaru ciała. W tym akapicie zapoznamy się z jeszcze jedną siłą. To tajemnicza siła. Dlaczego tajemnicza? Ponieważ jest ona bardzo pożyteczna i szkodliwa jednocześnie. Dlaczego i kiedy powstaje, gdzie się z nią spotykamy? Zaczniemy od końca – spotykamy się z nią wszędzie: gdy siadamy na krześle, piszemy w zeszycie, trzymamy długopis w dłoni, wiążemy sznurowadła w adidasach, spacerujemy, uprawiamy sport, tańczymy, a nawet sprzątamy (rys. 20.1). Wszystko to są przejawy siły tarcia.



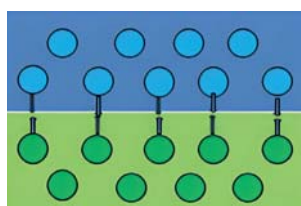
Rys. 20.1. Przykłady tarcia

2. Przyczyny tarcia

Siła tarcia powstaje pomiędzy powierzchniami oddziałujących ciał. Jeśli spojrzysz pod mikroskopem na powierzchnię ciała, to zobaczysz, że nawet bardzo gładkie ciało ma nierówności. Są one jedną z przyczyn tarcia (rys. 20.2). Im większe nierówności powierzchni, tym większa siła tarcia. Jeśli powierzchnie oddziałujących ciał zostaną idealnie wypolerowane, przyczyną tarcia będą siły oddziaływania między cząsteczkami (rys. 20.3).



Rys. 20.2.
Nierówności stykających się powierzchni



Rys. 20.3.
Międzycząsteczkowe oddziaływanie

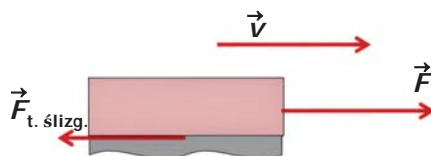
3. Tarcie i jego rodzaje

Jedną z tradycji rodzinnych w Ukrainie jest generalne sprzątanie przed ważnymi świętami, w którym każdy członek rodziny bierze udział w miarę swoich możliwości. Podczas sprzątanía odsuwa się wszystkie meble na bok, wyciera się kurz, wszystko się myje i czyści. Może zwróciłeś uwagę, że przesunąć krzesło czy stół jest znacznie łatwiej niż szafę z ubraniami.

Kiedy próbujesz przesunąć z miejsca ciężki przedmiot i to się nie udaje, to znaczy, że w tym momencie **siła tarcia spoczynkowego** przeciwstawia się ruchowi (rys. 20.4). Gdy tylko ciało zacznie się poruszać, pomiędzy nim a powierzchnią pojawia się **siła tarcia ślizgowego**. Siła ta jest mniejsza od siły tarcia spoczynkowego i ma kierunek przeciwny do ruchu ciała (rys. 20.5).



Rys. 20.4. Siła tarcia spoczynkowego



Rys. 20.5. Siła tarcia ślizgowego

Siła tarcia zależy nie tylko od stanu stykających się powierzchni, ale także od ciężaru ciała. **Im większy ciężar ciała, tym większa siła tarcia.**

Siła tarcia — to siła powstająca podczas ruchu jednego ciała po powierzchni drugiego lub podczas próby przesunięcia go z miejsca.

Siła tarcia spoczynkowego — to siła, która pojawia się podczas próby przesunięcia nieruchomego ciała z jego miejsca i uniemożliwia rozpoczęcie ruchu. **Siła tarcia ślizgowego** — siła powstająca, gdy jedno ciało ślizga się po powierzchni drugiego.

Jeśli umieścisz jakiś przedmiot na rolkach, znacznie łatwiej będzie go przesunąć. Powstaje w tym przypadku **siła tarcia tocznego**, która jest znacznie mniejsza niż siła tarcia ślizgowego.

Czasami zdarza się, że drzwi w mieszkaniu zaczynają «skrzypieć». Aby pozbyć się nieprzyjemnego dźwięku, zawiasy drzwi należy posmarować specjalnym smarem. Dzieje się tak, ponieważ siła tarcia ciekłego jest znacznie mniejsza niż siła tarcia suchego.



Zastanów się i odpowiedz

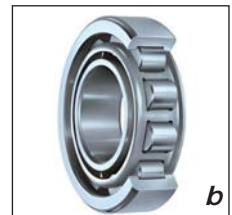
1. Dlaczego niektóre rośliny pną się, a inne — nie?
2. Dlaczego trzymają się gwoździe wbite w ścianę?
3. Dlaczego rybakowi, który złowił rybę, trudno jest utrzymać ją w rękach?

4. Tarcie w przyrodzie i technice

Włoski badacz, wynalazca, artysta, architekt, inżynier Leonardo da Vinci już w 1500 roku interesował się siłą tarcia, próbował zrozumieć, od czego ona zależy i czym jest.

W XX wieku dalsze badania w tej dziedzinie wniosły tak wiele nowych informacji, że pojawiła się nauka — tribologia, która bada procesy tarcia, zużycia oraz smarowania. O tym, że tarcie jest dla nas bardzo pożyteczne, już wiesz. Ale...

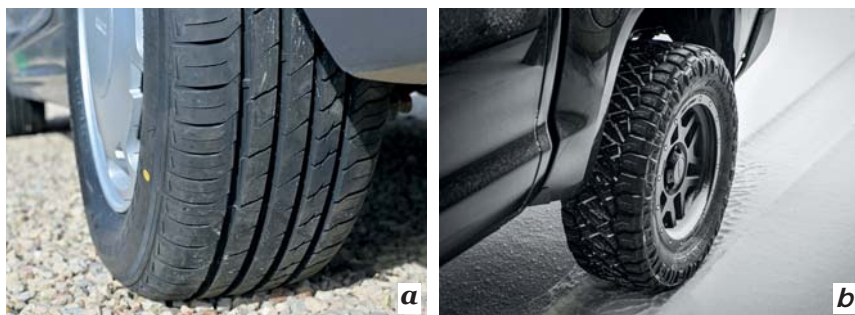
Czy zastanawiałeś się kiedyś, dlaczego Twoje buty się zużywają? Dlaczego opony samochodowe należy zmieniać od czasu do czasu? Dlaczego niszczą się części mechanizmów oddziałujących podczas długotrwałego korzystania? Ciała niszczą się z powodu tarcia. Więc co robić? Należy zmniejszać tarcie. W tym celu, jeśli to możliwe, tarcie ślizgowe zamienia się na tarcie toczne. Wykorzystuje się specjalne urządzenia zwane łożyskami (rys. 20.6). W innych przypadkach pomiędzy stykającymi się powierzchniami ciał nakłada się smar.



Rys. 20.6.

Łożyska:
a — kulkowe;
b — walcowe

Ale w życiu nie wszystko jest takie proste. Czasami trzeba zwiększyć tarcie. Na przykład powierzchnia opon samochodu lub traktora jest wykonana z bieżników (żebrowanych występów), aby mogła zapewnić lepszą przyczepność do drogi. W zależności od pory roku stosuje się różne rodzaje opon: letnie i zimowe (rys. 20.7). Podczas oblodzenia droga jest posypywana piaskiem, aby piesi nie padali. Czasami na koła samochodu zakłada się w łańcuchy.



Rys. 20.7. Opony samochodowe: a – letnie, b – zimowe

Jeśli mówimy o cieczech i gazach, to siła tarcia nazywa się siłą oporu. W dużej mierze zależy ona od kształtu ciała. Kształty ciał niektórych zwierząt morskich (delfinów, tuńczyków itp.) «sugerowały» projektantom pomysły na udoskonalenie modeli statków, samolotów i innych pojazdów. Dlatego samolotom, rakietom, statkom, łodziom podwodnym i samochodom nadaje się kształt opływowy (rys. 20.8).



Rys. 20.8. Opływowy kształt ciała



Zapamiętaj

Siła tarcia — to siła powstająca podczas ruchu jednego ciała po powierzchni drugiego lub podczas próby przesunięcia go z miejsca.

Siła tarcia spoczynkowego — to siła powstająca podczas próby przesunięcia nieruchomego ciała z jego miejsca i uniemożliwiająca rozpoczęcie ruchu.

Siła tarcia ślizgowego — to siła powstająca, gdy jedno ciało ślizga się po powierzchni drugiego.



Sprawdź się

1. Wyjaśnij przysłowia podane na początku paragrafu.
2. Dlaczego meteoryt wlatujący w atmosferę ziemską nagrzewa się, a nawet ulega zwęgleniu?
3. Dlaczego bramkarz drużyny piłkarskiej używa podczas gry specjalnych rękawic, zwłaszcza podczas deszczowej pogody?
4. Dlaczego niektórzy majstrowie smarują śruby mydłem przed wkręceniem ich w elementy złączne?
5. Dlaczego na szczękach imadła lub szczypiec wykonuje się nacięcie?
6. Dlaczego biegacze i wspinacze używają butów z kolcami?
7. Dlaczego stacje kosmiczne nie potrzebują nadania im kształtu opływowego?



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Siła tarcia	Frictional force
Siła tarcia spoczynkowego	Static friction
Siła tarcia ślizgowego	Kinetic friction
Siła oporu	Drag force (fluid resistance)

Praca laboratoryjna nr 5

WYZNACZANIE ZALEŻNOŚCI MIĘDZY SIŁĄ TARCIA ŚLIZGOWEGO I CIĘŻAREM PODCZAS RUCHU CIAŁA PO POWIERZCHNI POZIOMEJ

Cel: zbadać zależność pomiędzy siłą tarcia ślizgowego a ciężarem ciała.

Sprzęt: linijka drewniana, klocek drewniany z otworami, zestaw odważników o ciężarze 102 g każdy, dynamometr laboratoryjny.

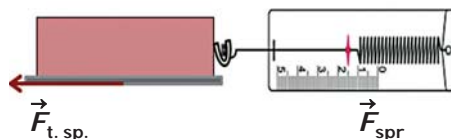
Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Instrukcje do pracy

1. Określ wartość podziałki skali dynamometru.
2. Zmierz ciężar drewnianego klocka za pomocą dynamometru:

$$P_{kl.} = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Postaw klocek szeroką stroną na linijce drewnianej ustawionej poziomo. Przymocuj klocek do haczyka dynamometru (rys. 1) i pociągnij go **jednostajnie** po desce tak, **aby siła tarcia ślizgowego była liczbowo równa sile sprężystości**.



Rys. 1

4. Zmierz siłę tarcia ślizgowego: $F_{t.śl.} = \underline{\hspace{2cm}}$.
5. Powtórz doświadczenie jeszcze trzy razy, umieszczając najpierw jeden ciężarek na klocku, później dwa ciężarki, a następnie trzy ciężarki jednocześnie.
6. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli 1.

Tabela 1

Nr p/p	Badane ciało	Ciężar, P , N	Siła tarcia ślizgowego, $F_{t.śl.}$, N
1	Klocek		
2	Klocek z jednym ciężarkiem		
3	Klocek z dwoma ciężarkami		
4	Klocek z trzema ciężarkami		







7. Przeanalizuj zależność pomiędzy siłą tarcia ślizgowego a ciężarem podczas ruchu ciała po powierzchni poziomej.

Przeanalizuj wyniki eksperymentu. Wyciągnij wniosek (co mierzono podczas pracy laboratoryjnej; jaką zależność badano; jaki wynik uzyskano; gdzie zdobytą wiedzę można wykorzystać w praktyce).

Dodatkowe zadanie

Korzystając z dostępnego sprzętu, zbadaj zależność pomiędzy siłą tarcia ślizgowego a polem powierzchni styku ciał. Wyciągnij wniosek.

Dokonaj samokontroli

Wypełnij luki	https://learningapps.org/watch?v=pkpu8w7nc23	
Pary logiczne «Wielkości fizyczne, jednostki ich pomiaru w SI, wzory, przyrządy fizyczne»	https://learningapps.org/watch?v=p7irj37m523	
Pary logiczne «Siły i ich obrazy na rysunkach, rodzaje odkształceń i ich obrazy»	https://learningapps.org/watch?v=pp5yrai5523	
Krzyżówka «Oddziaływanie ciał»	https://learningapps.org/watch?v=ph4vy2htn23	
«Rozwiąż zadanie»	https://learningapps.org/watch?v=pt4gteuqj23	
Oś liczbowa «Od najmniejszej do największej»	https://learningapps.org/watch?v=ps6h9nhqt23	

Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)

Przykładowe tematy projektów:

- Inercja: za i przeciw?
- Bajka o życiu bez siły ciężkości lub siły tarcia.
- Tarcie w przyrodzie i technice.
- Sprężystość w służbie człowieka.
- Fantastyczna historia «Poza Ziemią: zalety stanu nieważkości dla człowieka».

Ciśnienie ciał stałych, cieczy i gazów





§ 21. Ciśnienie. Jednostki ciśnienia. Sposoby zmiany ciśnienia



Czy wiesz, że zwierzęta i rośliny «znają fizykę» doskonale? Cienkie żądła komarów, os i pszczoł z łatwością przebijają nawet skórę krokodyla. Ostre kły i zęby drapieżników, dzioby i pazury ptaków nie tylko odstraszały wrogów, ale także pomagają w zdobywaniu pożywienia. Zwierzęta żyjące na bagnach z łatwością po nich biegają, ale zwierzęta lądowe nie mogą tego zrobić. Róże i kaktusy, jeże i jeżozwierze chronią się cierniami. Obserwacja przyrody pobudzała ludzi do podejmowania określonych działań. Zaczęto ostrzyć noże, sierpy, siekiery, łopaty, zęby pił, skalpele, igły. A z biegiem czasu podczas pracy na bagnistym terenie — zamiast traktorów na kołach zaczęto używać ciągników gąsienicowych. Dlaczego?



Dowiedz się o...

- ▶ ciśnieniu;
- ▶ sile nacisku;
- ▶ sposobach zmniejszania i zwiększania ciśnienia.

1. Ciśnienie ciał stałych

Wielkością fizyczną, która pomoże nam to wszystko zrozumieć jest ciśnienie.

Ciśnienie jest to wielkość fizyczna, która charakteryzuje działanie siły na ciało fizyczne i jest liczbowo równa stosunkowi siły do pola powierzchni, na którą ta siła działa:

$$\text{ciśnienie} = \frac{\text{siła}}{\text{pole powierzchni}}$$

Ciśnienie oznaczamy symbolem p i obliczamy ze wzoru:

$$p = \frac{F}{S}$$

Jednostką ciśnienia w układzie SI jest **paskal (Pa)**. Jednostka została nazwana na cześć francuskiego naukowca Blaise'a Pascala.

1 Pa jest ciśnieniem wywieranym przez siłę nacisku 1 N działającą prostopadle do powierzchni o polu 1 m²:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

W praktyce często stosuje się wielokrotności tej jednostki: hPa, kPa, MPa.

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa} \quad 1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa} \quad 1 \text{ MPa} = 1\,000\,000 \text{ Pa}$$



Zastanów się i odpowiedz

1. Trawa wyrastająca spod asfaltu tworzy ciśnienie około 700 kPa. Wyraż to ciśnienie w jednostkach układu SI.
2. Ciśnienie wywierane na śnieg przez wilka wynosi 12 kPa, a przez zającą — 0,12 N/cm². Które zwierzę zapada się w śniegu głębiej?

2. Siła nacisku

Siła działająca prostopadle do powierzchni nazywa się **siłą nacisku** lub **parciem**.

Siłę nacisku można określić ze wzoru na ciśnienie:

$$F = pS$$

a zgodnie ze wzorem na wyznaczanie ciężaru (dla ciała, które jest nieruchome na poziomej powierzchni):

$$F = P, P = mg, \text{ więc, } F = mg.$$

3. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Pole powierzchni podłoża wieży Eiffła wynosi 450 m². Masa wieży 9000 t. Określ jej ciśnienie na glebę w kPa.

Dane:	SI	$p = \frac{F}{S}$ $F = P = mg$	Rozwiązanie:
$S = 450 \text{ m}^2$			$F = 9\,000\,000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} =$
$m = 9000 \text{ t}$	9 000 000 kg		$= 90\,000\,000 \text{ N}$
			$p = \frac{90\,000\,000 \text{ N}}{450 \text{ m}^2} =$
$p = ?(\text{kPa})$			$= 200\,000 \text{ Pa} = 200 \text{ kPa}$

Odpowiedź: $p = 200 \text{ kPa}$.

4. Sposoby zmiany ciśnienia

Dlaczego ciężarówka ze zbożem pozostawia głębszy ślad na polu, gdy jest naładowana?

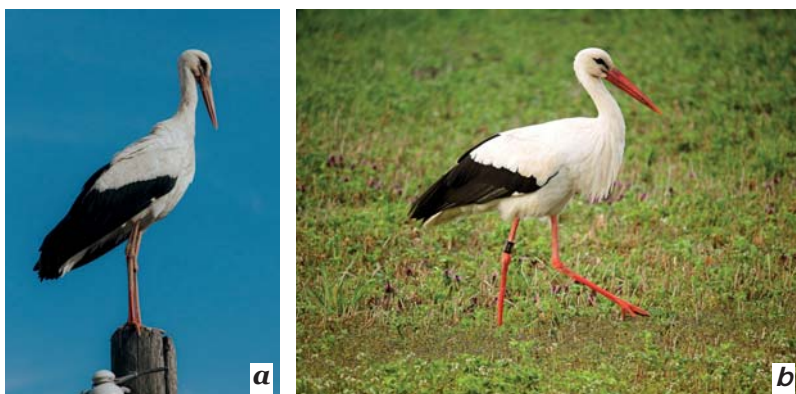
Ona wywiera większe ciśnienie, ponieważ siła (ciężar), z jaką działa na powierzchnię, jest większa. Otóż, **im większa siła nacisku działa na określoną powierzchnię, tym większe jest ciśnienie i odwrotnie**.

Dlaczego, ratując osobę, która wpadła pod lód, ratownicy zbliżają się do niej po cienkim lodzie, czołgając się na brzuchu?

Ciśnienie zależy nie tylko od siły nacisku, ale także od pola powierzchni, na którą działa. Czołgając się na brzuchu, ratownik rozkłada swój ciężar na większej powierzchni, dzięki czemu wywiera mniejsze ciśnienie na lód. Otóż, ***im większe jest pole powierzchni, na którą działa stała siła, tym mniejsze jest ciśnienie*** i odwrotnie.

Zastanów się i odpowiedz

1. W którym przypadku bocian (rys. 21.1) wywiera większe ciśnienie?



Rys. 21.1. Bociany

2. Dlaczego bokserzy używają rękawic bokserskich podczas walk?

Zapamiętaj

Ciśnienie jest to wielkość fizyczna, która charakteryzuje działanie siły na ciało fizyczne i jest liczbowo równa stosunkowi siły działającej prostopadle do powierzchni, do pola tej powierzchni: $p = \frac{F}{S}$.

Siłę działającą prostopadle do powierzchni nazywamy **siłą nacisku** lub **parciem**.

Im większa siła nacisku działa na określoną powierzchnię, tym większe jest ciśnienie, i odwrotnie.

Im większe jest pole powierzchni, na którą działa stała siła, tym mniejsze jest ciśnienie, i odwrotnie.

**Sprawdź się**

1. Wyraż wartość ciśnienia w jednostkach SI i uporządkuj je w kolejności malejącej: 14 N/cm^2 ; 4 Pa ; $0,014 \text{ MPa}$; 4 kPa ; 140 Pa ; $1,4 \text{ kPa}$.
2. Jedno wiadro z wodą ma na metalowym pałku drewniany uchwyt, a drugie — nie ma go. W przypadku podnoszenia, które z wiader będzie wywierało większe ciśnienie na dłoń?
3. Jak wytłumaczyć, że mały komar podczas ukłucia wywiera ciśnienie 100 mld kPa , a duży ciągnik gąsienicowy — tylko $40\text{—}50 \text{ kPa}$?
4. Ciężar walca do asfaltu wynosi 48 kN . Pole powierzchni jego podłoża wynosi $0,12 \text{ m}^2$. Określ ciśnienie, jakie on wywiera.
5. Określ siłę, którą należy przyłożyć do łebka gwoźdźdza, aby ona spowodowała ciśnienie 1000 MPa . Pole powierzchni ostrza gwoźdźdza wynosi $0,5 \text{ mm}^2$.
6. Określ powierzchnię, jaką ma stopa jednej nogi słonia o masie 4 t , jeśli stojąc na czterech nogach, on wywiera ciśnienie 10 N/cm^2 .


Słowniczek terminów fizycznych
 (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Ciśnienie	Pressure
Siła nacisku	Pressure force

**§ 22. Ciśnienie cieczy i gazów. Prawo Pascala**

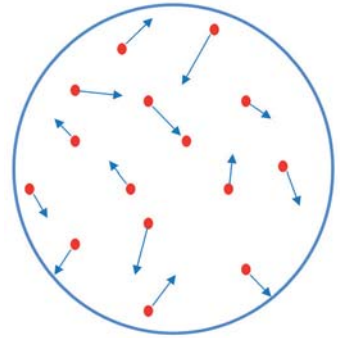
Dlaczego zwykły balon ma kształt kuli? Co się z nim stanie, jeśli zostanie zanurzony głęboko pod wodą? A jeśli przeniesiesz go do ciepłego pomieszczenia? Poszukajmy odpowiedzi na te oraz inne pytania.

**Dowiesz się o...**

- ▶ ciśnieniu gazów;
- ▶ prawie Pascala;
- ▶ ciśnieniu hydrostatycznym.

1. Ciśnienie gazu

Jeśli naczynie napełnić gazem, to on równomiernie rozpowszechni się w całej objętości tego naczynia. To odbywa się na skutek ciągłego i chaotycznego ruchu molekuł gazu. Podczas tego ruchu molekuly zderzają się ze ściankami naczynia i wywierają na nie określone ciśnienie. Siła nacisku jednej cząsteczki jest znikoma, ale nawet w małej objętości gazu cząsteczek jest bardzo dużo, dlatego ciśnienie jest odczuwalne (rys. 22.1).



Rys. 22.1. Ciśnienie gazu

Otóż **ciśnienie gazu jest spowodowane uderzeniami jego cząsteczek o ścianki naczynia.**

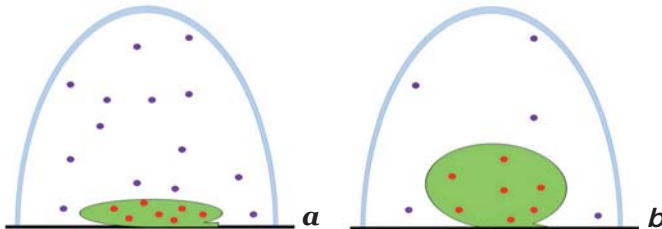
Od czego zależy ciśnienie gazu? Co należy zrobić, aby zwiększyć jego ciśnienie? Oczywiście, należy zwiększyć liczbę molekuł w tej samej objętości w stałej temperaturze, to znaczy **zwiększyć gęstość gazu**. Im większa jest liczba molekuł stykających się z powierzchnią ścianki naczynia w ciągu 1 s, tym większa siła nacisku jest wywierana na ściankę.

Można również zwiększyć ciśnienia gazu, jeśli **ogrzewać go przy stałej objętości**. W takim przypadku prędkość molekuł gazu wzrośnie, one będą częściej uderzać o ścianki naczynia, a siła ich uderzenia będzie większa.

Jeśli przy stałej masie i temperaturze gazu **zmniejszyć objętość gazu**, to ciśnienie wzrośnie i odwrotnie.

Zastanów się i odpowiedz

Jeśli lekko nadmuchany i zawiązany balonik umieścić pod szklanym kloszem, który ściśle przylega do powierzchni (rys. 22.2, a), a potem wypompowywać powietrze spod klosza, to objętość balonika będzie się zwiększać (rys. 22.2, b). Wyjaśnij sens doświadczenia.



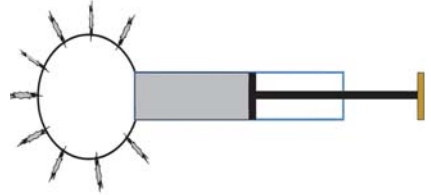
Rys. 22.2. Balonik pod kloszem do (a) i po (b) wypompowaniu powietrza

2. Osobliwości przekazywania ciśnienia przez ciecze i gazy

Czy zastanawiałeś się kiedyś, dlaczego piłka, balonik, bańka mydlana przybierają kształt kuli? Zbadał i opisał to Blaise Pascal.

Prawo Pascala: *ciśnienie wywierane na ciecz lub gaz jest przekazywane w ten sam sposób do każdego punktu cieczy lub gazu.*

Wyraźnie potwierdza to **kula Pascala**: kula z dużą ilością otworów przymocowana do rurki z tłokiem. Jeśli wypełnić ją dymem i cisnąć na tłok, to dym będzie wychodził z kuli pod jednakowym ciśnieniem we wszystkich kierunkach (rys. 22.3).



Rys. 22.3. Kula Pascala

3. Ciśnienie hydrostatyczne

Ciśnienie nieruchomej cieczy na dno naczynia nazywa się **ciśnieniem hydrostatycznym**.

Dowiedzmy się, od czego ono zależy.

Ciecz, która jest w naczyniu (rys. 22.4), ma ciężar P , dlatego wywiera pewne ciśnienie p na dno o polu S :

$$p = \frac{F}{S}, \text{ gdzie } F = P.$$

Ciężar cieczy $P = mg$, tak jak $m = \rho V$, a

$$V = Sh, \text{ to } P = \rho Shg.$$

Dlatego ciśnienie:

$$p = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh.$$

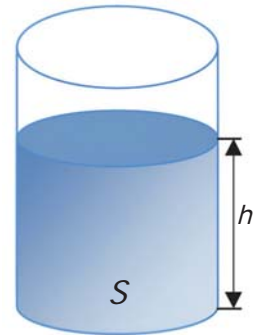
Otóż ciśnienie cieczy na dno naczynia wyznaczamy ze wzoru:

$$p = \rho gh.$$

Widzimy, że **ciśnienie hydrostatyczne zależy tylko od gęstości cieczy i wysokości jej słupa**.

Jeśli trzeba znaleźć gęstość cieczy czy wysokość jej słupa, korzystamy z następujących wzorów:

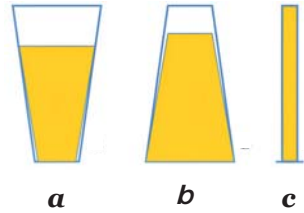
$$\rho = \frac{P}{gh}, \quad h = \frac{P}{\rho g}.$$



Rys. 22.4.
Ciśnienie cieczy na dno naczynia

Zastanów się i odpowiedz

W którym naczyniu (rys.22.5) ciśnienie hydrostatyczne, które wywiera olej, jest największe? Dlaczego?



Rys. 22.5.
Ciśnienie oleju
na dno naczynia

Zapamiętaj

Ciśnienie gazu jest spowodowane uderzeniami cząsteczek gazu o ścianki naczynia.

Prawo Pascala: ciśnienie wywierane na ciecz lub gaz jest przekazywane jednakowo do każdego punktu cieczy lub gazu.

Ciśnienie hydrostatyczne — ciśnienie nieruchomej cieczy na dno naczynia.

Sprawdź się

1. Benzyna została przelana z kanistra do zbiornika paliwa samochodu. Czy zmieniło się przy tym ciśnienie hydrostatyczne benzyny?
2. Za pomocą linijki i półtoralitrowej butelki z wodą oblicz ciśnienie wywierane przez wodę na dno butelki.
3. Ściany batyskafu (pojazdu głębinowego) wytrzymują ciśnienie 40 MPa. Na jakiej głębokości on może pracować?
4. Ciśnienie hydrostatyczne wynosi 226,6 kPa na głębokości 20 m. Gdzie to jest możliwe — w rzece czy w morzu?

Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Ułóż algorytm działań i za pomocą balonu oraz lodówki zbadaj zależność ciśnienia powietrza od jego masy, temperatury i objętości.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Cisnienie hydrostatyczne

Hydrostatic pressure



§ 23. Naczynia połączone. Manometry. Prasa hydrauliczna



W roku 2007 dendrologiczny Park Narodowy «Sofijiwka» (Umań, obwód czerkaski) Akademii Nauk Ukrainy został uznany jednym z Siedmiu Cudów Ukrainy. Jest on arcydziełem światowej sztuki ogrodniczej i parkowej końca XVIII i początku XIX wieku. To wzorzec krajobrazowej sztuki parkowej — kompozycji wody, ziemi, kamieni, roślin, konstrukcji architektonicznych i rzeźb. Na terenie Stawu Dolnego w parku Sofijiwskim znajduje się kamienna bryła, na której leży żmija. Nad tym stawem usytuowany jest inny, z którego woda podziemną rurą przepływa do tej bryły. Na skutek tego z paszczy żmiji na wysokość 20 m tryska potężna fontanna. Jakie prawo fizyczne jest tu zastosowane?



Dowiesz się o...

- ▶ naczyniach połączonych;
- ▶ manometrach;
- ▶ prasie hydraulicznej.

1. Naczynia połączone

Jeśli dwa lub kilka naczyń połączy między sobą tak, aby między nimi mogła przepływać ciecz, to otrzymamy **naczynia połączone**.

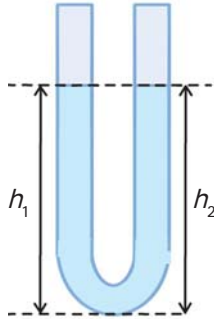
Z doświadczenia wiemy, że woda we wszystkich naczyniach połączonych ustala się na jednakowym poziomie (rys. 23.1).

Dlaczego tak jest? Jeżeli ciecz nalewać do jednego z kolan naczyń połączonych (rys. 23.2) to ona będzie przepływać do drugiego kolana do tej pory, zanim ciśnienia cieczy w obu kolanach nie będzie jednakowe: $p_1 = p_2$. Tak jak $p = \rho gh$, a ciecz jest jednorodna, to wysokości słupków cieczy też będą jednakowe: $h_1 = h_2$. Na tym polega sens **prawa naczyń połączonych dla cieczy jednorodnej: w otwartych naczyniach połączonych powierzchnie cieczy jednorodnej ustalają się na jednakowym poziomie**.

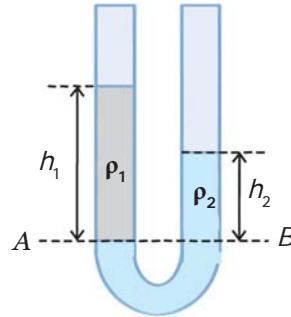


Rys. 23.1. Naczynia połączone

Jeśli do kolan naczyń połączonych nalać różne ciecze, to ich powierzchnie ustalą się na różnych poziomach (rys. 23.3).



Rys. 23.2.
Naczynia połączone
z cieczą jednorodną



Rys. 23.3.
Naczynia połączone
z różnymi cieczami



Zastanów się i odpowiedz

Jakie ciecze mogą być w lewym kolanie (rys. 23.3), a jakie — w prawym?

Po ustaleniu się równowagi ciśnienie cieczy w obu kolanach będzie jednakowe. Ponieważ w obu kolanach poniżej poziomu AB znajduje się ta sama ciecz, to ciśnienie cieczy w lewym i prawym kolanie na poziomie AB jest jednakowe:

$$\begin{aligned} p_1 &= p_2 \\ \rho_1 g h_1 &= \rho_2 g h_2 \\ \rho_1 h_1 &= \rho_2 h_2 \\ \frac{h_1}{h_2} &= \frac{\rho_2}{\rho_1}. \end{aligned}$$

Z otrzymanego wyniku można wyciągnąć wniosek: *w cieczy o mniejszej gęstości wysokość słupa jest większa, i odwrotnie.*

Jest to prawo *naczyń połączonych dla różnych cieczy: w otwartych naczyniach połączonych słup nieruchomej cieczy o mniejszej gęstości będzie wyższy niż słup nieruchomej cieczy o większej gęstości.*

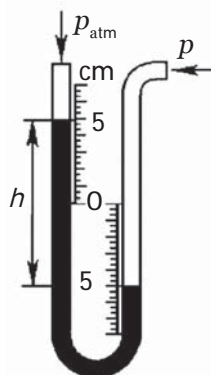
Otóż, $\rho_2 > \rho_1$ (rys. 23.3). Czy rozumowałeś poprawnie?

Najprostszym przykładem naczyń połączonych jest czajnik i konewka do podlewania kwiatów. Prawo naczyń połączonych leży w podstawie działania fontanny, rurociągu, śluzów.

2. Budowa i zasada działania manometrów

Przyrządy do pomiaru ciśnienia cieczy i gazów nazywamy **manometrami**. Manometry bywają dwóch rodzajów: cieczowe i metalowe.

Podstawową częścią **manometru cieczowego** (rys. 23.4) jest szklana rurka, wygięta w kształcie litery U, z przymocowaną do niej skalą. Przyrząd do połowy napełniamy cieczą. Lewy koniec rurki pozostawiamy otwarty, a prawy łączymy z naczyniem, w którym należy zmierzyć ciśnienie. Różnica poziomów cieczy (**h**) w obu kolanach daje możliwość obliczyć, korzystając ze wzoru $p = \rho gh$ o ile ciśnienie w naczyniu jest większe lub mniejsze od atmosferycznego.



Rys. 23.4.
Manometr cieczowy

Łatwiej i wygodniej jest korzystać z **manometru metalowego** (rys. 23.5). On składa się ze sprężystej, podobnej do łuku rurki metalowej. Jeden koniec rurki jest złączony z naczyniem, w którym mierzymy ciśnienie, a drugi jest zalutowany i za pomocą mechanizmu przekazującego połączony ze strzałką — wskazówką (rys. 23.6, a).

Jeżeli ciśnienie zwiększa się, to rurka wyprostowuje się, a jak ciśnienie maleje, to rurka jeszcze bardziej się wygina. W przypadku zmiany kształtu rurki zmienia się również położenie strzałki na skali (rys. 23. 6, b).



Rys. 23.5.
Manometr metalowy



a



b

Rys. 23.6.
Budowa manometru metalowego

Manometry są szeroko wykorzystywane: od pomiaru ciśnienia powietrza w oponach samochodowych do pomiaru ciśnienia gazu, ropy naftowej czy wody w rurociągach, w różnych maszynach i systemach hydraulicznych.

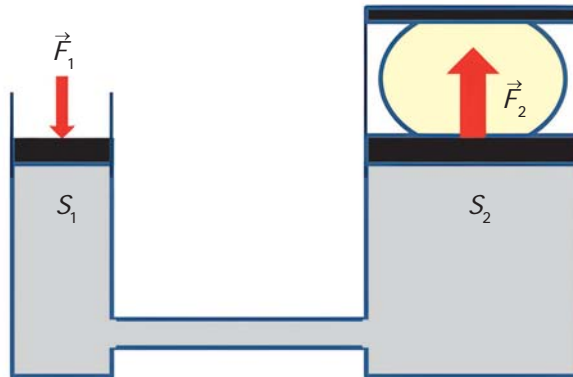
3. Maszyny hydrauliczne

Urządzenia, których działanie jest oparte na prawach ruchu i równowagi cieczy, nazywają się **maszynami hydraulicznymi**.

Maszyna hydrauliczna składa się z dwóch cylindrów o różnej średnicy połączonych między sobą, wypełnionych olejem hydraulicznym i zamkniętych za pomocą tłoków.

Maszynami hydraulicznymi są: podnośnik, prasa, hamulec hydrauliczny i hydrauliczny wzmacniacz kierownicy w samochodzie.

Rozpatrzmy fizyczne podstawy maszyny hydraulicznej na przykładzie działania prasy (rys. 23.7).



Rys. 23.7. Prasa hydrauliczna

Prasa — to maszyna hydrauliczna, przeznaczona do obróbki materiałów pod wpływem ciśnienia.

Działając na mniejszy tłok o polu S_1 z pomocą małej siły F_1 , możemy powodować ciśnienie $p = \frac{F_1}{S_1}$.

Zgodnie z prawem Pascala, takie samo ciśnienie będzie i pod dużym tłokiem o polu S_2 : $p = \frac{F_2}{S_2}$. Stąd $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$, lub $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$.

Z otrzymanego wzoru widać, że prasa czy byle jaka inna **maszyna hydrauliczna daje możliwość zyskać na sile tyle razy, ile razy pole jej dużego tłoka jest większe od pola małego tłoka**.

4. Przykład rozwiązywania zadania

Zadanie. Do naczynia połączonego nalano ropy naftowej i wody. Wysokość słupka nafty dorównuje 10 cm. Jaka jest wysokość słupka wody?

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$h_1 = 10 \text{ cm}$	0,1 m	$p_1 = p_2$	$h_2 = \frac{800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,1 \text{ m}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,08 \text{ m}$
$\rho_1 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\rho_1 g h_1$	
$\rho_2 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\rho_2 g h_2$	
		$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$	
		$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$	
$h_2 = ?$		$h_2 = \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2}$	

Odpowiedź: $h_2 = 0,08 \text{ m}$.



Zapamiętaj

Naczynia połączone — to dwa lub kilka naczyń połączonych między sobą tak, aby między nimi mogła przepływać ciecz.

Przyrządy do pomiaru ciśnienia cieczy i gazów nazywamy **manometrami**.

Maszyna hydrauliczna — to urządzenie, działanie którego jest oparte na prawach ruchu i równowagi cieczy.



Sprawdź się

- Do naczynia połączonego nalano wody i benzyny (rys. 23.3). O ile wyżej ustali się poziom powierzchni benzyny w porównaniu z powierzchnią wody, jeżeli wysokość słupka benzyny 10 cm?
- Według wskazań manometru rtęciowego (rys. 23.4) wyznacz, o ile ciśnienie powietrza w naczyniu jest większe od atmosferycznego.
- Jaki zysk na sile daje podnośnik hydrauliczny, którego tłoki mają pola 2 cm^2 i 1 dm^2 ?



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Wykonaj model maszyny hydraulicznej według samodzielnie ułożonego algorytmu, wykorzystując dwie strzykawkki medyczne o różnej

średnicy (bez igieł) i przezroczystą rurkę od kroplówki. Oblicz, jaki zysk na sile daje Twoja konstrukcja.

Przeznaczaj zasady bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych
(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Naczynia połączone	Communicating vessels
Manometr	Manometer
Maszyna hydrauliczna	Hydraulic machinery



§ 24. Ciężar powietrza. Ciśnienie atmosferyczne. Doświadczenie Torricellego



Ciekawy eksperyment przeprowadził w roku 1654 Otto von Gerike, burmistrz (przewodniczący administracji miejskiej) niemieckiego miasta Magdeburg. On wziął dwie miedziane półkule, mocno przycisnął jedną do drugiej i wypompował powietrze z powstałej wnęki. Potem zaproponował chętnym, aby je rozdzielili. Proces ten trwał długo, nawet szesnaście koni nie było w stanie tego zrobić. Wystarczyło jednak odkręcić kran na jednej z półkul, wpuścić powietrze i półkule same się rozdzieliły.



Na czym polega sens eksperymentu? Skąd bierze się tak ogromna siła i dlaczego jej nie odczuwamy?



Dowiesz się o...

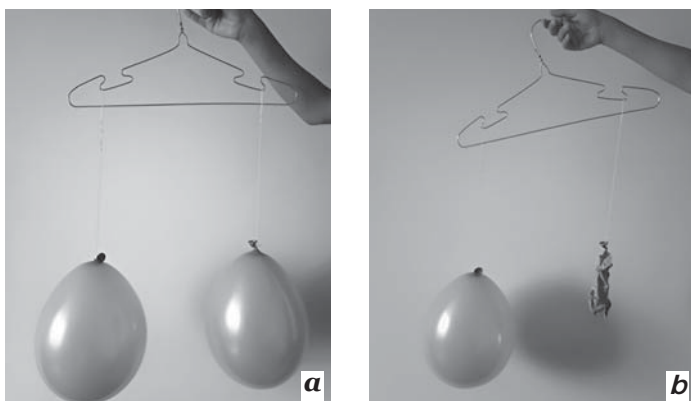
- ▶ ciężarze powietrza;
- ▶ ciśnieniu atmosferycznym;
- ▶ pomiarze ciśnienia atmosferycznego.

1. Czy powietrze ma ciężar?

Pytanie «Czy powietrze ma ciężar?» zdaje się dziwne, ponieważ my nie odczuwamy ciężaru powietrza, które otacza nas ze wszystkich stron. Dawniej ludzie uważali, że powietrze ciężaru nie ma. Dopiero uczony **Ewangelista Torricelli**, uczeń Galileo Galileusza po długich badaniach udowodnił, że powietrze jednak posiada masę, więc także i ciężar. Ale jak się przekonać o tym, że powietrze posiada ciężar? W tym celu wykonamy doświadczenie. Do obu końców wieszaka do odzieży przywiążemy dwa jednakowe baloniki. Wieszak ustawi się poziomo (rys.24.1, *a*). Jeśli przekłujemy igłą jeden z baloników, to powietrze z niego wyjdzie i równowaga się poruszy (rys.24.1, *b*). Widzimy, że balonik z powietrzem jest cięższy od balonika bez powietrza. To znaczy, że powietrze posiada ciężar.



Ewangelista
Torricelli



Rys. 24.1. Doświadczenie z balonikami

Zastanów się i odpowiedz

Oblicz, ile waży powietrze w klasie, jeśli jej długość wynosi 6 m, szerokość — 4 m, wysokość — 3 m. Gęstość powietrza — $1,29 \text{ kg/m}^3$.

2. Ciśnienie atmosferyczne

My znajdujemy się na dnie swego rodzaju oceanu «powietrznego». Podobnie jak woda w oceanie wywiera ciśnienie na jego dno, tak samo atmosfera swoim ciężarem wywiera ciśnienie na powierzchnię Ziemi.

Ciśnienie, które wywiera atmosfera na powierzchnię Ziemi i na wszystkie ciała w jej pobliżu, nazywamy **atmosferycznym**.

Atmosfera ziemską ma bardzo dużą masę. Więc dlaczego powietrze nie rozgniata nas swoim ciężarem? Dlaczego ludzie nie odczuwają ciśnienia atmosfery? Dzieje się tak dlatego, że «słup powietrza» ciśnie na nas nie tylko z góry, ale też z innych stron i czyni to równomiernie. Prócz tego w procesie ewolucji organizmy żywe dostosowały się do działania ciśnienia atmosferycznego — naczynia krwionośne oraz inne jamy ciała wypełnione cieczami lub gazami wywierają od wewnątrz takie samo ciśnienie na ścianki naczyń i jam, jak i atmosfera z zewnątrz. Dlatego tkanki organizmu się nie deformują.

Udowodnijmy istnienie ciśnienia atmosferycznego na przykładzie podnoszenia się cieczy w strzykawce (rys. 24.2). Kiedy tłok posuwa się do góry, to między nim i cieczą tworzy się przestrzeń bezpowietrzna. Tam ciśnienie na powierzchnię cieczy dorównuje zeru. Natomiast na swobodną powierzchnię cieczy w naczyniu działa ciśnienie atmosferyczne i ono «zmusza» ciecz do przemieszczania się za tłokiem i wypełnienia strzykawki.



Rys. 24.2.
Przykład istnienia ciśnienia atmosferycznego

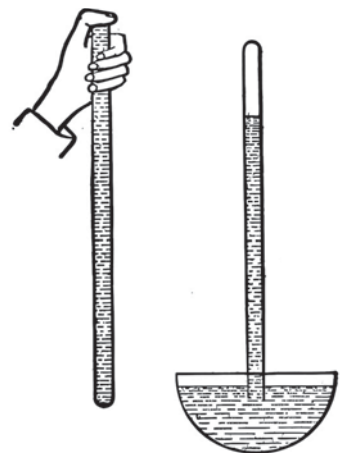
Zastanów się i odpowiedz

Dorośle słońce wciągają wodę przez trąbę, a potem wylewają ją do pyska. Jak wytłumaczyć proces wciągania wody z punktu widzenia fizyki?

3. Pomiar ciśnienia atmosferycznego

Jako pierwszy zmierzył ciśnienie atmosferyczne włoski fizyk i matematyk Ewangelista Torricelli przy pomocy doświadczenia przedstawionego na rys. 24.3.

Do rurki szklanej o długości 1m, która ma jeden koniec zalutowany, uczony nalał rtęci, a otwarty koniec opuścił do naczynia z rtęcią.



Rys. 24.3.
Doświadczenie E. Torricellego

Część cieczy wyciekła do naczynia, ale w rurce pozostał słup rtęci o wysokości 760 mm. Torricelli wyjaśnił wynik eksperymentu w następujący sposób: rtęć wypływała aż do momentu, kiedy ciśnienie słupa rtęci wyrównało się z ciśnieniem wywieranym przez atmosferę na powierzchnię rtęci w naczyniu. Obserwując rurkę, zauważył, że wysokość słupa rtęci w ciągu dnia nieznacznie się zmienia. Doprowadziło to do wniosku, że ciśnienie atmosferyczne zależy od stanu atmosfery i dlatego potrzebne jest urządzenie do jego pomiaru. Uczony przymocował linijkę do rurki z rtęcią i otrzymał pierwszy **barometr** — urządzenie do pomiaru ciśnienia atmosferycznego.

Taki **barometr rtęciowy** mierzy ciśnienie atmosferyczne w **miliimetrach słupa rtęci**. Jest to pozaukładowa jednostka miary ciśnienia, ale w Ukrainie i w wielu innych krajach ciśnienie atmosferyczne najczęściej wyraża się właśnie w **mm sł. rt.**

Ciśnienie o wartości **760 mm sł. rt.** mierzone na poziomie morza nazywa się **normalnym ciśnieniem atmosferycznym**.

Aby podać wartość ciśnienia atmosferycznego w Pa, można skorzystać z następującej równości: **1 mm sł. rt. \approx 133,3 Pa.**

Możesz sprawdzić jej poprawność, obliczając samodzielnie ciśnienie słupa rtęci o wysokości 1 mm ze wzoru **$p = \rho gh$** .

Otóż **760 mm sł. rt. \approx 100 kPa.**

Istnieją też inne pozaukładowe jednostki miary ciśnienia atmosferycznego:

- **atmosfera fizyczna (1 atm)**. Jedna atmosfera fizyczna jest równa normalnemu ciśnieniu atmosferycznemu:

$$1 \text{ atm} \approx 100 \text{ kPa};$$

- **bar** (mniejsza jednostka — **milibar**). Jednostka milibar jest używana w meteorologii (rys. 24.4) i do pomiaru ciśnienia w próżni.

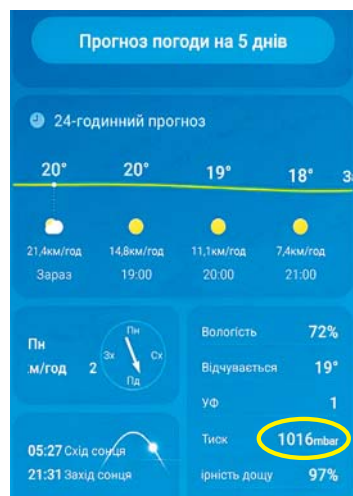
$$1 \text{ bar} \approx 750,062 \text{ mm sł. rt.}$$

$$1 \text{ bar} \approx 0,99 \text{ atm.}$$



Zastanów się i odpowiedz

1. Czy Torricelli mógł w swoim eksperymencie użyć wody zamiast rtęci? Dlaczego?
2. Wyraź proponowane ciśnienie w jednostkach SI: 760 mm sł. rt., 1 atm.



Rys. 24.4. Aplikacja mobilna «Pogoda»



Zapamiętaj

Ciśnienie atmosferyczne jest to ciśnienie, które wywiera atmosfera na powierzchnię Ziemi i wszystkie ciała w jej pobliżu.

Po raz pierwszy udowodnił istnienie ciśnienia atmosferycznego **Ewangelista Torricelli**.

Normalne ciśnienie atmosferyczne: $p_{\text{atm.}} = 760 \text{ mm sł. rt.}$

Barometr — to przyrząd do pomiaru ciśnienia atmosferycznego.



Sprawdź się

1. Wyraż nazwane pó proponowane ciśnienie w jednostkach SI: 753 mm sł. rt., 770 mm sł. rt., 200 kPa, 15 atm.
2. W kopalni zainstalowany jest barometr wodny. Określ wysokość słupa wody, jeśli ciśnienie atmosferyczne w kopalni wynosi 810 mm sł. rt.
3. Przed rozpoczęciem treningu każdy uczestnik wykonuje rozgrzewkę, przy czym powinien prawidłowo oddychać. Wyobraź siebie jako sportowca wykonującego rozgrzewkę. Stań prosto. Połóż dłoń na przeponie. Wykonaj kilka głębokich wdechów i wydechów. Wyjaśnij proces wdechu z punktu widzenia fizyki.



Słowniczek terminów fizycznych

(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Ciśnienie atmosferyczne	Atmospheric pressure
Barometr	Barometer

§ 25. Barometr aneroidowy. Zmiana ciśnienia atmosferycznego wraz z wysokością. Wysokościomierz



Czy studnia może przewidywać pogodę? Okazuje się, że tak. We wsi Pokrowskie w obwodzie mikołajowskim znajduje się niezwykła studnia. Głęboka, zawsze wypełniona pyszną zimną wodą, czasami zasysa powietrze tak bardzo, że trzeba użyć znacznej siły do

otwarcia jej pokrywy. Czasami wręcz przeciwnie, wypycha powietrze z taką siłą, że pokrywa na niej wydaje się mieć gorączkę, cały czas podskakuje, jak na wrzącym czajniku. Jeśli w tym momencie wrzucimy czapkę do studni, to ona z siłą wyleci na zewnątrz.

Miejscowa ludność od dawna wykorzystuje studnię jako «rodzaj barometru» do przewidywania pogody. Okazuje się, że istnieje pewna prawidłowość w «zachowaniu» studni: zawsze «wdycha» powietrze przed dobrą pogodą, a «wydycha» przed deszczem lub śniegiem. Naukowcy tłumaczą to zjawisko osobliwością budowy warstw gleby.

Oczywiście studnia we wsi Pokrowskie nie jest jedyna. Podobne studnie barometryczne znajdują się w południowych rejonach Chersonia, Zaporozża i Odessy.



Dowiesz się o...

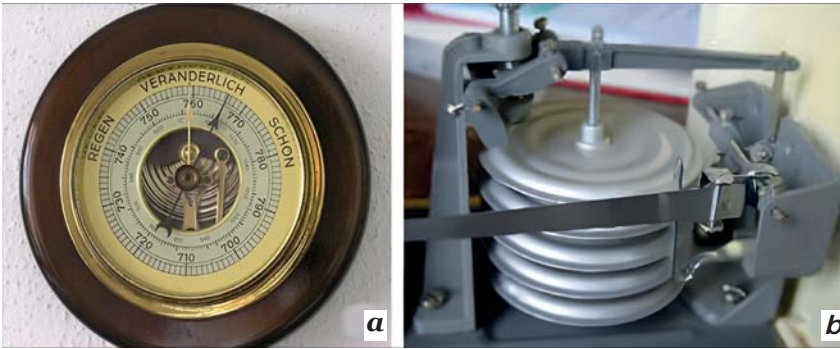
- ▶ barometrze aneroidowym;
- ▶ zmianie ciśnienia atmosferycznego wraz z wysokością;
- ▶ wysokościomierzu.

1. Barometr aneroidowy

Barometr rtęciowy, o którym dowiedziałeś się/dowiedziałaś się w poprzednim akapicie, jest dość dokładnym urządzeniem. Jest on jednak niewygodny ze względu na duży rozmiar rurki i niebezpieczny dla zdrowia, ponieważ zawiera rtęć. Opary rtęci dostają się do organizmu ludzkiego przez narządy oddechowe i są przenoszone przez krew do bardzo ważnych dla życia organów — wątroby, nerek, serca, przewodu pokarmowego, mózgu — i negatywnie wpływają na ich pracę.

Pojawienie się pierwszego barometru bez rtęci wiąże się z nazwiskiem francuskiego inżyniera **Luciena Vidy'ego**. W 1844 roku on zaprojektował i opatentował nowy barometr, który nazwano **aneroidem** (rys. 25.1, a).

Główną częścią barometru aneroidowego jest elastyczne pudełko z blachy falistej, z którego jest wypompowane powietrze (rys. 25.1, b). Ono reaguje na zmiany ciśnienia atmosferycznego, zmieniając kształt. Wzrost ciśnienia prowadzi do zagłębienia się ścianek do wnętrza pudełka, a zmniejszenie — do zwiększenia jego wypukłości. Zmiana kształtu pudełka przekazywana jest na strzałkę, która pokazuje wartość ciśnienia atmosferycznego na skali urządzenia. Skala barometru aneroidowego jest podawana w milimetrach słupa rtęci lub w kilopaskalach.

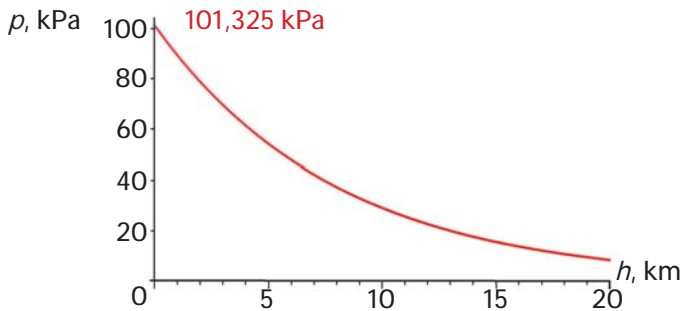


Rys. 25.1. Barometr aneroidowy

2. Zmiana ciśnienia atmosferycznego wraz z wysokością

Obserwując barometr, łatwo zauważyć, że jego wskazania zmieniają się wraz ze zmianą pogody. Ciśnienie atmosferyczne spada przed pogorszeniem warunków pogodowych i wzrasta przed ich poprawą.

Jeśli jednak zmierzmy ciśnienie atmosferyczne na pierwszym piętrze wieżowca oraz na ostatnim lub w pobliżu podnóża góry i na jej szczycie, odczyty barometru również będą się różnić. Dlaczego? Ciśnienie atmosferyczne zależy od wysokości nad poziomem morza. Im wyżej się wspinamy, tym ciśnienie atmosferyczne będzie niższe (rys. 25.2).



Rys. 25.2. Zależność ciśnienia atmosferycznego od wysokości

Wynika to z faktu, że w miarę wznoszenia się nad ziemię liczba molekuł gazów atmosferycznych maleje, a zatem zmniejsza się wytwarzane przez nich ciśnienie.

W pobliżu powierzchni Ziemi ciśnienie atmosferyczne spada o około 1 mm sł. rt. na każde 11 m wysokości.

Wyznacz ciśnienie atmosferyczne na wysokości 200 m, jeśli ciśnienie na powierzchni Ziemi wynosi 720 mm sł. rt.

Ułóżmy i rozwiążmy proporcję:

$$11 \text{ m} — 1 \text{ mm s\l. rt.}$$

$$200 \text{ m} — x \text{ mm s\l. rt.}$$

$$x = \frac{200 \text{ m} \cdot 1 \text{ mm s\l. rt.}}{11 \text{ m}} \approx 18 \text{ mm s\l. rt.}$$

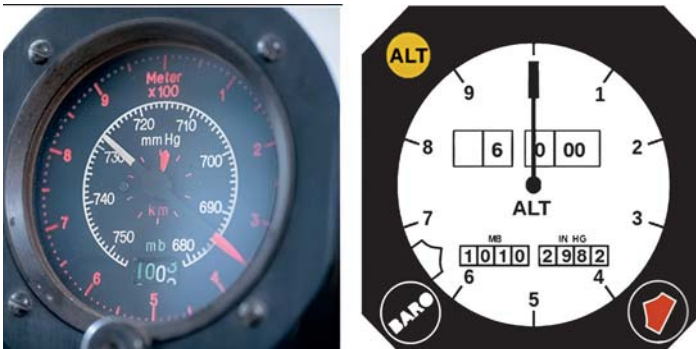
A więc ciśnienie atmosferyczne na wysokości 200 m wynosi:
720 mm s\l. rt. – 18 mm s\l. rt. = 702 mm s\l. rt.

Zastanów się i odpowiedz

Określ wysokość szczytu góry, jeśli barometr u jej podnóża wskazuje 720 mm s\l. rt., a na szczycie góry — 420 mm s\l. rt.

3. Wysokościomierz

Ponieważ ciśnienie atmosferyczne zależy od wysokości, to wysokość nad powierzchnią Ziemi można zmierzyć za pomocą barometru aneroidowego, wyskalowując jego podziałkę w metrach. Takie urządzenie nazywa się *wysokościomierzem* (rys. 25.3).



Rys. 25.3. Wysokościomierze

Wysokościomierz jest niezbędnym urządzeniem we wszystkich stacjach powietrznych — od balonu na ogrzane powietrze po nowoczesny samolot. Używają ich spadochroniarze, alpinieści i geolodzy. Ponadto urządzenie jest popularne w życiu codziennym. Bez problemu można kupić nowoczesny zegarek wyposażony w wysokościomierz (rys. 25.4).

Nawiasem mówiąc, prosty przyrząd do pomiaru kąta służący do określania wysokości gwiazd, planet i innych ciał niebieskich, nazywał się kiedyś wysokościomierzem.



Rys. 25.4. Zegarek zawierający wysokościomierz



Zapamiętaj

Barometr aneroidowy (aneroid) — to przyrząd do pomiaru ciśnienia atmosferycznego.

W pobliżu powierzchni Ziemi ciśnienie atmosferyczne spada o około 1 mm sł.rt. każde 11 m wysokości.

Wysokościomierz — to bardzo czuły barometr metalowy ze skalą, za pomocą której można bezpośrednio określić wysokość nad powierzchnią Ziemi.



Sprawdź się

1. Najwyższa stacja meteorologiczna w Ukrainie znajduje się w Karpatach na zboczu góry Poziżewskiej, której wysokość wynosi 1820 m. Na szczycie tej góry barometr wskazuje ciśnienie atmosferyczne 588 mm sł. rt., a na stacji — 615 mm sł. rt. Określ, na jakiej wysokości znajduje się stacja meteorologiczna.

2. Wyznacz ciśnienie atmosferyczne na wysokości 500 m, jeśli na poziomie morza wynosi ono 760 mm sł. rt.

3. Określ ciśnienie atmosferyczne na szczycie góry Howerla, jeśli na wysokości 183 m ono wynosi 740 mm sł. rt. Wysokość Howerli — 2061 m.



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Barometr aneroidowy	Aneroid barometer
Wysokościomierz	Altimeter



§ 26. Wpływ cieczy i gazu na zanurzone w nich ciało. Siła Archimedesesa



Czy kiedykolwiek próbowałeś zanurzyć piłkę w wodzie? A koło ratunkowe? Spróbuj! Jakaś nieznaną potężną siłą nie pozwala tego zrobić. I nawet jeśli z ogromnym wysiłkiem uda Ci się zanurzyć piłkę lub koło w wodzie, natychmiast pojawią się one na powierzchni, gdy tylko je puścisz. Dowiedzmy się, czym jest ten «wodny potwór».



Dowiesz się o...

- ▶ sile wyporu;
- ▶ wyznaczaniu siły wyporu;
- ▶ prawie Archimedesesa;
- ▶ wykorzystaniu siły Archimedesesa.

1. Siła wyporu

Liczne odkrycia i wynalazki Archimedesesa zawsze były obiektami szczególnego zachwyty ludzkości. Zachowały się legendy, że Archimedes podczas obrony swojego rodzinnego miasta Syrakuzy przed atakiem Rzymian nie tylko użył zaprojektowanych przez siebie maszyn wojennych, ale także użył przeciwko rzymskiej flocie zwierciadeł wklęsłych, przy pomocy których podpalili statki skupionym światłem słonecznym. Inna legenda opowiada o tym, jak Archimedes sprawdzał, czy korona, którą złotnik wykonał dla króla Herona, jest wykonana z czystego złota. W wyniku badań Archimedes zrozumiał, jak należy mierzyć objętości ciał o nieprawidłowym geometrycznym kształcie. Na tej podstawie odkrył prawo działania siły wyporu, a jego okrzyk «Eureka» wszedł do słownika jako określenie sukcesu w odkryciach (rys. 26.1).

Znaczącym dziełem Archimedesesa była jego praca «O ciałach pływających», w której opisał odkryte przez siebie podstawowe prawo hydrostatyki nazwane później prawem Archimedesesa.

Jeśli klocek zanurzymy w naczyniu z wodą, wówczas na jego ścianki ze wszystkich stron będą działać siły nacisku ze strony wody (rys. 26.2).

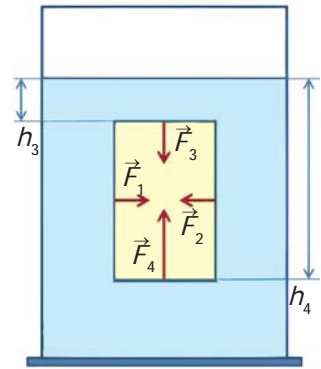


Rys. 26.1.
Ilustracja legendy
o Archimedesie

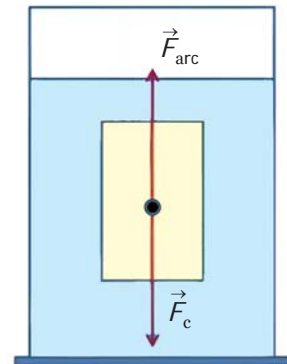
Siły (F_1 i F_2) działające na ścianki boczne równoważą się, ponieważ mają przeciwny kierunek i równą wartość, tak jak pola bocznych powierzchni klocka są jednakowe i znajdują się na tej samej głębokości. Natomiast siły (F_3 i F_4) działające na górną i dolną powierzchnię klocka nie są zrównoważone. Siła nacisku spowodowana przez słup cieczy o wysokości h_3 działa na górną powierzchnię, a słup cieczy o wysokości h_4 na powierzchnię dolną. Ponieważ $h_4 > h_3$, to siła $F_4 > F_3$. Siła wypadkowa jest różnicą pomiędzy tymi dwiema siłami i jest skierowana w stronę większej siły, czyli w górę. Siła ta nazywa się siłą **wyporu**.

Zwróćmy też uwagę na to, że jeśli na początku doświadczenia w naczyniu była woda po brzegi, to w przypadku zanurzenia ciała część wody się wylewa. Objętość tej wody jest równa objętości zanurzonego w niej ciała.

Taka sama siła występuje również w gazach. Siła ta jest również nazywana **siłą Archimedes**a i mierzy się w **niutonach (N)**. *Siła Archimedes*a skierowana jest od strony cieczy (lub gazu) pionowo w górę i ma kierunek przeciwny do kierunku siły ciężkości. Siła ta działa na środek ciała zanurzonego w cieczy lub części ciała zanurzonej w cieczy (rys. 26.3).



Rys. 26.2. Zanurzony w cieczy klocek



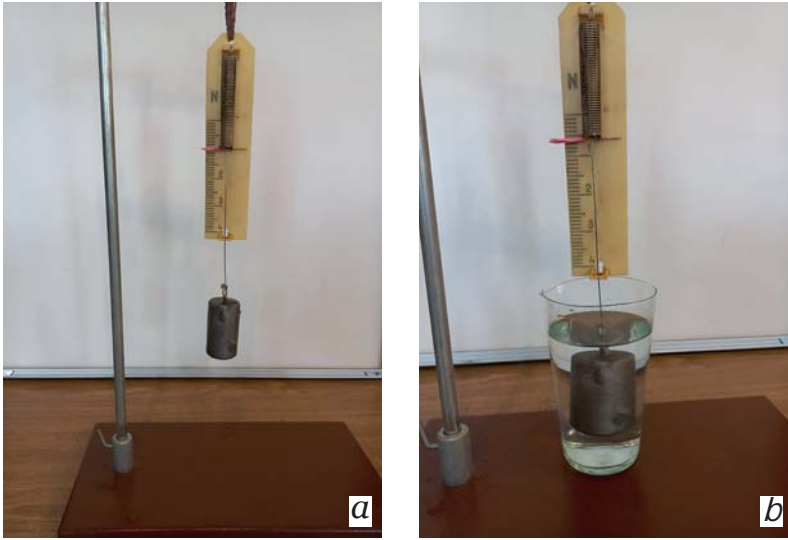
Rys. 26.3. Kierunek siły Archimedes

2. Wyznaczanie siły wyporu. Prawo Archimedes

Siłę wyporu można wyznaczyć eksperymentalnie. Do tego potrzebny jest dynamometr, naczynie z cieczą i badane ciało. Najpierw należy wyznaczyć masę ciała w powietrzu P_1 (rys. 26.4, a). Następnie ciało zanurzyć całkowicie w naczyniu z cieczą i ponownie zmierzyć ciężar P_2 (rys. 26.4, b). Siła Archimedes

$$F_A = P_1 - P_2.$$

Po przeprowadzeniu serii eksperymentów wyciągnięto wnioski dotyczące zależności siły wyporu od objętości zanurzonego ciała, gęstości cieczy i gęstości ciała.



Rys. 26.4. Ciężar ciała: a – w powietrzu; b – w cieczy

- Siła wyporu zależy od objętości ciała zanurzonego w cieczy. ***Im większa jest objętość zanurzonego ciała, tym większa jest siła wyporu.***
- Siła wyporu zależy od gęstości cieczy, w której zanurzone jest ciało. ***Im większa jest gęstość cieczy, w której zanurzone jest ciało, tym większa jest siła wyporu.***
- ***Siła wyporu nie zależy od gęstości ciała zanurzonego w cieczy.***

Podsumowując wyniki eksperymentów, formułujemy wniosek, czyli tak zwane **prawo Archimedesesa**: ***na ciało zanurzone w cieczy (lub gazie) działa siła wyporu równa ciężarowi cieczy (lub gazu) w objętości zanurzonej części ciała:***

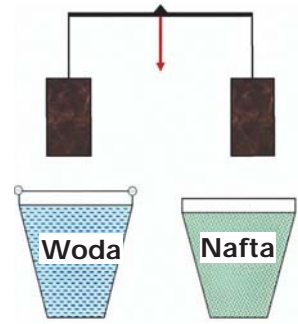
$$F_A = \rho_{\text{cieczy}} g V_{\text{zan. części ciała}}$$

Siła wyporu zależy od gęstości cieczy (lub gazu) i objętości zanurzonej części ciała i nie zależy od gęstości samego ciała.

Zastanów się i odpowiedz

1. Jaka siła uniemożliwia nam zanurzenie piłki w wodzie?
2. Dlaczego z łatwością można podnieść duży kamień w morzu lub innym zbiorniku wodnym, a na brzegu wykonać to samo jest bardzo trudno?

3. Dwa identyczne walce zawieszono na wadze dźwigniowej. Wagi są zrównoważone, ponieważ masy walców są jednakowe (rys. 26.5). Jeden walec zanurzamy w pojemniku z naftą, a drugi — w pojemniku z wodą. Czy równowaga zostanie naruszona? Jeśli tak, to w jakim kierunku?



Rys. 26.5.

Walce o jednakowej objętości

4. Dwa walce, ołowiany i aluminiowy, zostały zrównoważone na wadze (rys. 26.6). Czy równowaga zostanie zakłócona, jeśli zostaną zanurzone w wodzie? Dlaczego?

3. Zastosowanie siły Archimedesesa

Siła Archimedesesa pomaga podnosić ciężkie przedmioty w wodzie. Jeżeli na dnie zbiornika znajduje się ciężkie ciało, to aby wystąpiła siła wyporu, ciało należy podnieść («odkleić») z dna. W przeciwnym razie siła nacisku wypychająca ciało na zewnątrz nie będzie działać na dolną część ciała.

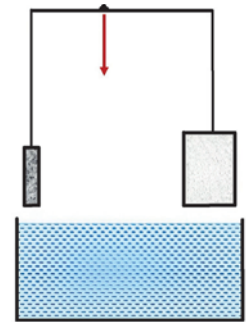
Znajomość siły wyporu jest niezbędna przy budowie łodzi, statków, okrętów i innych zasobów do pływania.

Na zasadzie działania prawa Archimedesesa opiera się działanie *areometru* — urządzenia do pomiaru gęstości cieczy. On pływa na różnych poziomach w cieczach o różnej gęstości (rys. 26.7). Areometr zanurza się w cieczy do momentu, dopóki ciężar wypartej cieczy zrówna się z jego ciężarem. On pływa pionowo, ponieważ jego kolba jest wypełniona granulkami ołowiu.

Areometry służą do monitorowania gęstości elektrolitu w akumulatorach oraz gęstości produktów spożywczych.

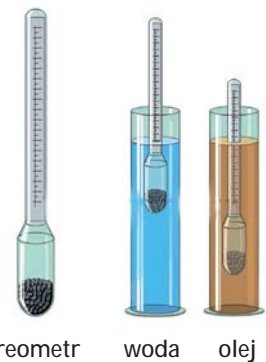
4. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Ciężar detalu z żeliwa w powietrzu stanowi 3,5 N. Określ ciężar tego samego detalu, jeśli będzie on całkowicie zanurzony w nafcie.



Rys. 26.6.

Walce o jednakowej masie



areometr woda olej

Rys. 26.7. Areometry

Dane: $P_1 = 3,5 \text{ N}$ $\rho_n = 800 \text{ kg/m}^3$ $\rho_z = 7000 \text{ kg/m}^3$ $g \approx 10 \text{ N/kg}$	SI	$P_2 = P_1 - F_A$ $F_A = \rho_n g V_c$ $P_1 = mg$ $m = \rho_z V_c$ $P_1 = \rho_z V_T g$ $V_T = \frac{P_1}{\rho_z g}$	Rozwiązanie: $V_c = \frac{3,5 \text{ N}}{7000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,00005 \text{ m}^3$ $F_A = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,00005 \text{ m}^3 = 0,4 \text{ N}$ $P_2 = 3,5 \text{ N} - 0,4 \text{ N} = 3,1 \text{ N}$
$P_2 = ?$			

Odpowiedź: $P_2 = 3,1 \text{ N}$.



Zapamiętaj

Siła wyporu (Archimedesesa) jest siłą wynikającą z różnicy ciśnień na górną i dolną powierzchnię ciała.

Prawo Archimedesesa: na ciało zanurzone w cieczy (lub gazie) działa siła wyporu równa ciężarowi cieczy (lub gazu) w objętości zanurzonej części ciała.

Siła wyporu zależy od gęstości cieczy (lub gazu) i objętości zanurzonej części ciała, nie zależy od gęstości samego ciała.



Sprawdź się

1. Ciężar ciała w powietrzu wynosi 1,5 N, a po zanurzeniu w wodzie maleje do 1,2 N. Jaka jest wartość siły wyporu działającej na ciało?
2. Na ciało o objętości 600 cm^3 , które jest całkowicie zanurzone w niewiadomej cieczy, działa siła Archimedesesa o wartości 4,8 N. Co to za ciecz?
3. Określ objętość walca, jeżeli wiadomo, że po jego całkowitym zanurzeniu w oleju powstaje siła wyporu równa 3,2 N.
4. Określ masę srebrnej bransoletki, jeśli w wodzie na nią działa siła wyporu 9,5 mN.



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Siła wyporu	Buoyant force
Prawo Archimedesesa	Archimedes' principle



§ 27. Warunki pływania ciał



Dlaczego ryby i łodzie podwodne pływają w wodzie i nie wynurzą się na jej powierzchnię? Dlaczego duże statki, ciężkie tankowce pływają, a małe kamienie toną?



Dowiesz się o...

- ▶ warunkach pływania ciał;
- ▶ pływaniu organizmów żywych.

1. Warunki pływania ciał

Przypomnijmy, jakie siły działają na ciało zanurzone w wodzie (rys. 27.1). Siła ciężkości F_c jest skierowana pionowo w dół do środka Ziemi, a w górę — siła wyporu (siła Archimedes) F_A .

Jeśli te siły są sobie równe liczbowo, to znaczy że żadna z nich nie «wygrała», wówczas ciało **będzie pływać w cieczy** (rys. 27.2, a):

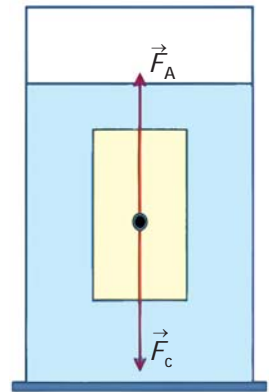
$$F_c = F_A.$$

Jeśli siła ciężkości jest większa niż siła wyporu, wówczas ciało tonie (rys. 27.2, b):

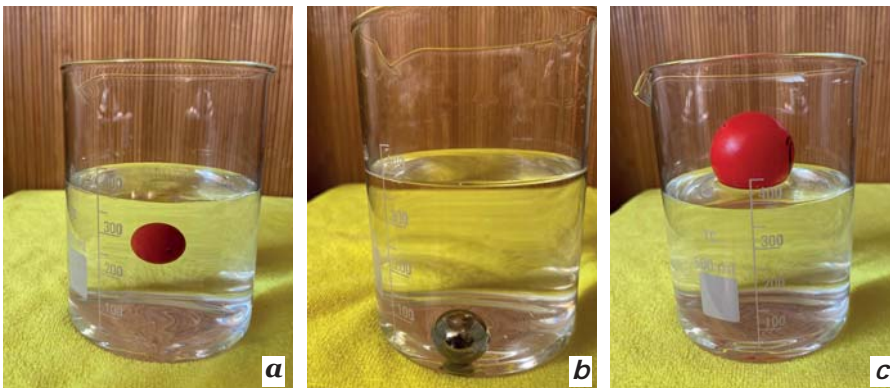
$$F_c > F_A.$$

Jeżeli siła wyporu jest większa niż siła ciężkości, wówczas ciało unosi się na powierzchnię wody (rys. 27.2, c):

$$F_c < F_A.$$



Rys. 27.1.
Ciało pływa



Rys. 27.2. Warunki pływania ciał

Ponieważ siła ciężkości $F_c = mg = \rho_{\text{ciała}} g V_{\text{ciała}}$, a siła Archimedesesa $F_A = \rho_{\text{cieczy}} g V_{\text{ciała}}$, to warunki pływania ciał można zapisać inaczej (tabela 27.1):

Tabela 27.1

Warunki pływania ciał		
pływa	$F_c = F_A$	$\rho_{\text{ciała}} = \rho_{\text{cieczy}}$
tonie	$F_c > F_A$	$\rho_{\text{ciała}} > \rho_{\text{cieczy}}$
wypływa	$F_c < F_A$	$\rho_{\text{ciała}} < \rho_{\text{cieczy}}$

2. Pływanie organizmów żywych

Jak ryby zanurzają się i unoszą w wodzie? Natura o to zadbała. Ryby mają pęcherz pławny, który spełnia kilka funkcji, w tym reguluje głębokość zanurzania. Pęcherz może rozszerzać się lub kurczyć za rachunek powietrza. W ten sposób objętość ryby zwiększa się lub zmniejsza i ona wypływa lub zanurza się na głębokość (rys. 27.3).

Głony mają cienkie i długie łodygi (rys. 27.4). Dlaczego nie potrzebują grubszych i mocniejszych? Pod wpływem siły Archimedesesa łodygi glonów dość trwale zachowują pozycję pionową, dlatego grubość łodygi nie jest dla nich istotna.

Zdolność do zmiany objętości jamy wewnętrznej umożliwiła mięczakowi Nautilus pływanie (rys. 27.5).

Błona powietrzna na brzuchu pająka wodnego pozwala mu wydostać się z głębin na powierzchnię (rys. 27.6).



Rys. 27.3. Ryby



Rys. 27.4. Glony



Rys. 27.5 Mięczak Nautilus



Rys. 27.6. Pająk wodny



Zastanów się i odpowiedz

1. Czy na kamyczki wrzucane do wody działa siła wyporu? Dlaczego toną?
2. Do naczynia wiano trzy niemieszające się ciecze: wodę, naftę i rtęć. W jakiej kolejności się znajdują?

3. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Bryła lodu o powierzchni 2 m^2 i grubości 20 cm pływa po jeziorze. Czy utrzyma się na niej zając o masie 6 kg ?

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$m_1 = 6\text{ kg}$		$F_c = mg$	$V_c = 2\text{ m}^2 \cdot 0,2\text{ m} = 0,4\text{ m}^3$
$\rho_p = 1000\text{ kg/m}^3$		$m = m_1 + m_2$	$m_2 = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4\text{ m}^3 = 360\text{ kg}$
$g \approx 10\text{ N/kg}$		$m_2 = \rho_l V_l$	$m = 6\text{ kg} + 360\text{ kg} = 366\text{ kg}$
$S = 2\text{ m}^2$		$V_c = Sh$	$F_c = 366\text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 3660\text{ N}$
$h = 20\text{ cm}$	$0,2\text{ m}$	$F_A = \rho_w g V_c$	$F_A = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,4\text{ m}^3 =$ $= 4000\text{ N}$
$\rho_l = 900\text{ kg/m}^3$			$F_A > F_c$
$F_A \geq F_c - ?$			

Odpowiedź: zając nie utonie, bo $F_A > F_c$.



Zapamiętaj

Ciało pływa w cieczy (w gazie), jeżeli gęstość ciała jest równa gęstości cieczy (gazu).

Ciało zanurzone w cieczy (gazie), tonie, jeżeli gęstość ciała jest większa od gęstości cieczy (gazu).

Ciało unosi się w górę (wypływa), jeśli gęstość ciała jest mniejsza niż gęstość cieczy (gazu).



Sprawdź się

1. Dlaczego góra lodowa pływa, choć prawie w całości jest zanurzona w wodzie?

2. Czy ciało może w jednej cieczy tonąć, a w drugiej wypływać?

3. Dlaczego płonących produktów naftowych nie można gasić wodą?

4. Czy kłoda dębowa o objętości $0,2 \text{ m}^3$ utonie w wodzie?

5. W mieście Sołotwino na Zakarpaciu znajduje się bardzo słone jezioro Kunigunda (rys. 27.7). Jest też nazywane Martwym Jeziorem. Gęstość wody w nim wynosi $1,2 \text{ g/cm}^3$. Wyznacz ciężar człowieka o masie 70 kg , który pływa w tym jeziorze. Objętość ciała człowieka — 58 dm^3 .



Rys. 27.7. Jezioro Kunigunda



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Ułóż własny algorytm działań sprawdzających warunki pływania ciał na przykładzie modelu tratwy. Musisz przewieźć na tratwie przez staw mini-zwierzątka zabawkowe. Aby to zrobić, użyj dużego naczynia z wodą, jednakowych ołówków, linijki, taśmy klejącej i malutkich zwierzątek zabawkowych.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Ciało tonie	Submerged body
Ciało wypływa	Buoyant body
Ciało pływa	Floating body

Praca laboratoryjna nr 6

USTALENIE WARUNKÓW PŁYWANIA CIAŁ

Cel: sprawdzić doświadczalnie warunki pływania ciał.

Sprzęt: waga dzwigniowa, zestaw odważników, menzurka z wodą, próbówka z korkiem, haczyk z drutu lub nitka, bibuła filtracyjna lub sucha szmatka, pojemnik z suchym piaskiem.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Instrukcje do pracy

1. Wyznacz wartość podziałki menzurki.
2. Do probówki wsyp taką ilość suchego piasku, aby zamknięta korkiem unosiła się w menzurce z wodą w pozycji pionowej i jej część znajdowała się nad powierzchnią wody.
3. Opuść probówkę z piaskiem do menzurki z wodą i określ działającą na nią siłę wyporu. Siła Archimedesesa jest równa ciężarowi wody wypartej przez probówkę:

$$F_w = P_{\text{wyp. wody}} = \rho_{\text{wody}} g V_{\text{zan. części ciała}};$$

$$V_{\text{zan. części ciała}} = V_{\text{wypartej wody}};$$

$$V_{\text{wypartej wody}} = V_2 - V_1.$$

Początkowa objętość wody w zlewce:

$$V_1 = \text{_____ cm}^3 = \text{_____ m}^3.$$

Objętość wody po zanurzeniu probówki z piaskiem:

$$V_2 = \text{_____ cm}^3 = \text{_____ m}^3;$$

$$V_{\text{zan. części ciała}} = \text{_____ m}^3;$$

$$F_w = \text{_____ N}.$$

4. Wyjmij probówkę z wody, przetrzyj ją bibułą filtracyjną. Zmierz masę za pomocą wagi i określ siłę ciężkości działającą na probówkę z piaskiem, korzystając ze wzoru:

$$F_c = mg.$$

$$m = \text{_____ g} = \text{_____ kg};$$

$$F_c = \text{_____ N}.$$

5. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli. 1.

Tabela 1

Nr p/p	V_1 , m^3	V_2 , m^3	$V_{\text{zan. części ciała}}$, m^3	F_w , N	m , kg	F_c , N	Porównanie ($>$, $<$, $=$) F_w i F_c	Obserwowane zjawisko
1								
2								
3								

6. Powtórz doświadczenie, wsypując do probówki taką ilość suchego piasku, aby unosiła się w cieczy.

$$V_1 = \text{_____ cm}^3 = \text{_____ m}^3;$$

$$V_2 = \text{_____ cm}^3 = \text{_____ m}^3;$$

$$V_{\text{zan. części ciała}} = \text{_____ m}^3;$$

$$F_w = \text{_____ N};$$

$$m = \text{_____ g} = \text{_____ kg};$$

$$F_c = \text{_____ N}.$$

7. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli. 1.

8. Powtórz doświadczenie, wsypując do probówki taką ilość suchego piasku, aby zatoneła.

$$V_1 = \text{_____ cm}^3 = \text{_____ m}^3;$$

$$V_2 = \text{_____ cm}^3 = \text{_____ m}^3;$$

$$V_{\text{zan. części ciała}} = \text{_____ m}^3;$$

$$F_w = \text{_____ N};$$

$$m = \text{_____ g} = \text{_____ kg};$$

$$F_c = \text{_____ N}.$$

9. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli. 1.

Przeanalizuj wyniki eksperymentu. Wyciągnij wniosek (co badano podczas pracy laboratoryjnej; jaki był wynik; gdzie zdobytą wiedzę można wykorzystać w praktyce).

§ 28. Pływanie statków



W czerwcu 2023 roku w stoczni w Finlandii zakończono budowę największego na świecie wycieczkowca Icon of Seas i rozpoczęło jego morskie testowanie. Linowiec ma długość 365 m i prognozowaną masę 250 800 t. Na jego pokładzie zmieści się do 7 000 pasażerów i 2500 członków załogi. Osobliwością statku jest największy na świecie park wodny na morzu. Nowy linowiec przyjął pierwszych pasażerów na początku 2024 roku. Jak taki olbrzym utrzymuje się na wodzie?





Dowiedz się o...

- ▶ rozwoju żeglugi;
- ▶ pływaniu statków;
- ▶ cechach statków.

1. Żegluga

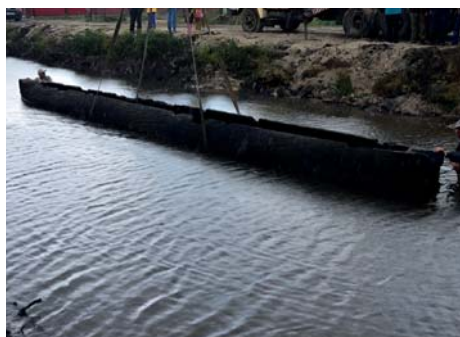
Żegluga – to wykorzystanie dróg wodnych (mórz, rzek, jezior itp.) do przemieszczania statków. Statki to samobieżne lub niesamobieżne konstrukcje pływające, służące do transportu ludzi, zwierząt i ładunków.

Człowiek zaczął opanowywać obszary wodne jeszcze w czasach pradawnych. Pierwszymi środkami, które człowiek stworzył w celu poruszania się po wodzie były tratwy wykonane ze związanych kłód. Później były łodzie- dłubanki (łodzie wykonane z wyłobionego pnia jednolitego drzewa). Jedną z takich łodzi o długości 12 m (rys. 28.1) znaleziono w sierpniu w roku 2015 na Wołyniu nad rzeką Styr w pobliżu wsi Starosillia. Wyniki analizy radiowęglowej wykazały, że łódź ta powstała około roku 1350 i prawdopodobnie należała do książąt litewskich.

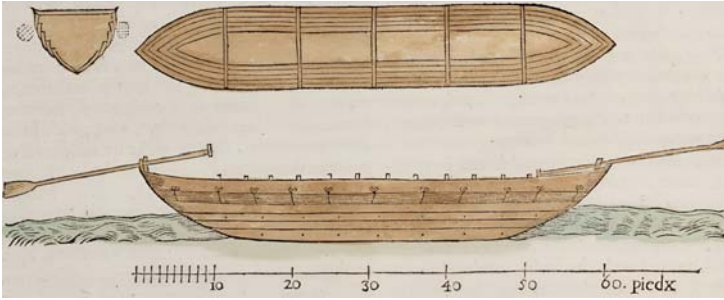
Minęły tysiąclecia, a te najprostsze środki transportu wodnego zostały zastąpione bardziej skomplikowanymi – pokrytymi skórą łodziami, które poruszały się po wodzie za pomocą wiosł. Później pojawiły się żaglowce.

Żegluga ukraińska zaczęła się aktywnie rozwijać w okresie kozackim. Kozacy zaporoscy budowali małe łódki – mewy (rys. 28.2) i duże jednomasztowe statki na wyprawy morskie.

Wszystkie konstrukcje wykonywano z drewna lub trzciny. I dopiero w drugiej połowie XIX wieku w przemyśle stoczniowym zaczęto stosować różne metale. Zwykle kadłub nowoczesnych statków wykonany jest ze stali, stosuje się również aluminium i jego stopy.



Rys. 28.1.
Łódź-dłubanka,
znaleziona na Wołyniu

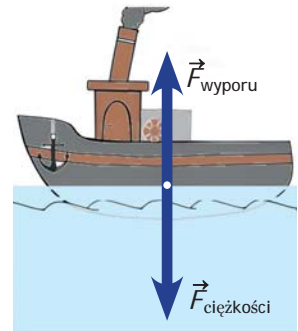


Rys. 28.2.

Ilustracja przedstawiająca «mewę» Kozaków Zaporoskich, 1660 r.

2. Pływanie statków

Podczas zanurzenia statku w wodzie wynika siła wyporu (siła Archimedes), która jest skierowana w kierunku przeciwnym do siły ciężkości działającej na statek (rys. 28.3). Ta siła jest równa ciężarowi wody wypartej przez statek. Statki pływające po jeziorach, rzekach, morzach i oceanach, zbudowane są z różnych materiałów, z których każdy ma swoją własną gęstość (zarówno większą, jak i mniejszą od gęstości wody). Wewnątrz statku znajduje się również powietrze. Konstrukcja statku przypomina metalowe ciało z pustką wewnątrz. Jeśli matematycznie policzyć gęstość statku, to będzie ona mniejsza niż gęstość wody. Dlatego statek pływa, zanurzając się w wodzie na niewielką część swojej objętości.



Rys. 28.3.

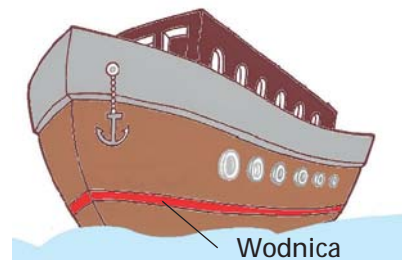
Pływanie statku

Głębokość, na jaką statek zanurza się w wodzie, nazywa się **zanurzeniem**. Zanurzenie statku zmienia się w zależności od obciążenia statku, a także rodzaju wody, w której pływa — zwykłej lub morskiej.

Zastanów się i odpowiedz

Dlaczego i jak zmieni się zanurzenie statku, jeśli przepływie on z rzeki do morza?

Na kadłubie statku zaznaczona jest pozioma linia (rys. 28.4), która wskazuje maksymalnie dopuszczalne zanurzenie



Rys. 28.4.

Wodnica na statku

statku i nazywa się wodnicą lub linią wodną (od holenderskiego wyrazu «vater» — woda).

Jedną z cech eksploatacyjnych statku jest jego **wyporność**. Ona określa ciężar wody wypartej przez statek podczas zanurzania do wodnicy, który dorównuje sile ciężkości działającej na statek z ładunkiem.

Jeśli od wyporności odejmiemy ciężar samego statku, otrzymamy maksymalny ciężar ładunku, jaki może przewozić ten statek, czyli określimy **ładowność statku**.



Zastanów się i odpowiedz

Gdzie jest większa wyporność tej samej barki: w wodzie rzecznej czy morskiej? Dlaczego?

3. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Wyporność statku przewożącego 4000 t ładunku wynosi 60 MN. Określ masę samego statku.

<p>Dane:</p> $P_{\text{wody}} = 60 \text{ MN} = 60\,000\,000 \text{ N}$ $m_{\text{ład}} = 4000 \text{ t} = 4\,000\,000 \text{ kg}$ $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ <hr/> $m_{\text{statku}} \text{ — ?}$	$P_{\text{wody}} = F_A = F_c$ $F_c = (m_{\text{ład}} + m_{\text{statku}})g$ $m_{\text{ład}} + m_{\text{statku}} = \frac{P_{\text{wody}}}{g}$ $m_{\text{statku}} = \frac{P_{\text{wody}}}{g} - m_{\text{ład}}$	<p>Rozwiązanie:</p> $m_{\text{statku}} = \frac{60\,000\,000 \text{ N}}{10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} - 4\,000\,000 \text{ kg} = 2\,000\,000 \text{ kg} = 2000 \text{ t}$
--	---	---

Odpowiedź: $m_{\text{statku}} = 2\,000\,000 \text{ kg} = 2000 \text{ t}$.



Zapamiętaj

Głębokość, na jaką statek zanurza się w wodzie, nazywa się **zanurzeniem**.

Wodnica — to pozioma linia na kadłubie statku, która wskazuje jego maksymalnie dopuszczalne zanurzenie.

Wyporność statku — to ciężar wody wypartej przez statek przy jego zanurzeniu do poziomu wodnicy. On jest równy sile ciężkości działającej na statek z ładunkiem.

Ładowność statku — to maksymalny ciężar ładunku, jaki może być przewożony tym statkiem.



Sprawdź się

1. Czy na statek o wyporności 60 kN można umieścić ładunek o masie 5000 kg, jeżeli masa samego statku wynosi 2 t?

2. Statek pływający po rzece wypiera 5000 m³ wody. Oblicz ciężar ładunku, jeżeli ciężar statku bez ładunku wynosi 5 MN.



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Ułóż algorytm eksperymentalnego potwierdzenia warunków pływania ciał, wykorzystując dwa kawałki plasteliny o tej samej masie i naczynie z wodą. Upewnij się, że kawałek plasteliny tonie w wodzie, a łódka wykonana z tego samego kawałka będzie pływać.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Żegluga	Navigation
Zanurzenie	Draft/ draught
Wodnica	Waterline
Wyporność	Displacement tonnage
Ładowność	Ship's tonnage



§ 29. Żegluga powietrzna



Wyobraź sobie dziesiątki kolorowych balonów powietrznych wznoszących się w niebo jednocześnie, płynnie poruszających się w dół i w górę, z wdziękiem łapiących wiatr na różnych wysokościach. One tworzą niezapomniany widok, a jednocześnie wrażenie lekkości i majestatu. A mówią, że bez skrzydeł nie da się latać...



Dowiesz się o...

- ▶ balonach na ogrzane powietrze i sterowcach;
- ▶ praktycznym zastosowaniu aeronautyki.

1. Podstawy żeglugi powietrznej

Żegluga powietrzna — to loty w atmosferze ziemskiej na urządzeniach lżejszych od powietrza. Na takie urządzenie od strony Ziemi działa siła ciężkości:

$$F_c = m_{\text{ciała}}g = \rho_{\text{ciała}}gV_{\text{ciała}},$$

a od strony powietrza — siła, która podnosi je w górę — siła Archimedes:

$$F_A = \rho_{\text{powietrza}}gV_{\text{ciała}}.$$

Aby się wznieść, konieczne jest, aby siła ciężkości była mniejsza niż siła Archimedes. A jest to możliwe pod warunkiem, że gęstość ciała jest mniejsza niż gęstość powietrza ($\rho_{\text{ciała}} < \rho_{\text{powietrza}}$). Można do tego wykorzystać następujące gazy: wodór, hel, gorące powietrze i inne. Jeśli nimi napełnić balon, wówczas jego średnia gęstość będzie mniejsza niż gęstość powietrza i balon polecą w górę. Na tej zasadzie funkcjonuje żegluga powietrzna. Właśnie dlatego unosi się balon wypełniony helem (rys. 29.1)



Rys. 29.1. Balony



Rys. 29.2. Latające lampiony powietrzne

lub latające lampiony powietrzne, które wykorzystują powietrze ogrzane przez palącą się świecę (rys. 29.2).

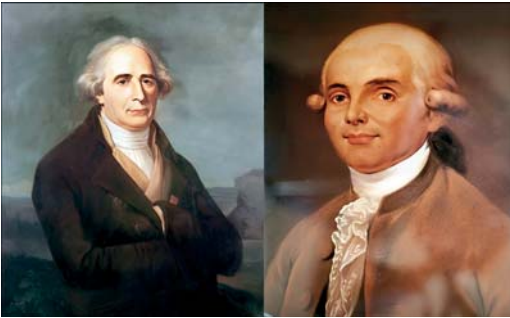
Zastanów się i odpowiedz

Do jakiego momentu balon lub latające lampiony powietrzne będą unosić się w górę?

2. Historia wynalazku balonu

Statki powietrzne lżejsze od powietrza nazywane są *aerostatami* lub *balonami*.

Pierwszy publiczny start bezzałogowego balonu miał miejsce 5 czerwca 1783 roku. Pokazali go francuscy bracia *Joseph-Michel* i *Jacques-Etienne Montgolfier*. Ich balon wypełniony gorącym powietrzem unosił się w powietrzu przez około 10 minut, wznosząc się na wysokość 300 metrów (rys. 29.3).



Bracia Montgolfier



Rys. 29.3.
Powietrzny
balon-montgolfiera

Inny francuski wynalazca Jacques-Alexander-César Charles napełnił balon wodorem. Gęstość wodoru jest 14 razy mniejsza niż gęstość powietrza, dlatego siła nośna aerostatu znacznie wzrosła. Swojego pierwszego lotu taki balon dokonał 27 sierpnia 1783 roku (rys. 29.4).

Balony wykorzystujące wodór, hel lub inny gaz lżejszy od powietrza, nazywane są *charlieami*, a te zawierające gorące powietrze — *montgolfierami*.



J. Charles

Aby unosić się w górę na Charlierach, należy wyrzucać balast z kosza. Aby opuszczać się na dół, należy wypuszczać gaz przez otwór w górnej części balonu.

Balony na ogrzane powietrze sterowane są za pomocą palników gazowych: ogień pali się intensywniej — powietrze bardziej się nagrzewa, a balon się unosi. Palnik nie pali się — powietrze się ochładza i balon się opuszcza.

Wadą obu typów balonów jest to, że w locie poziomym poruszają się tylko z wiatrem.



Rys. 29.4.
Balon Charliera

3. Sterowce w Ukrainie

Aby balon mógł poruszać się w dowolnym kierunku poziomym, zwłaszcza pod wiatr, potrzebny jest silnik i śmigło.

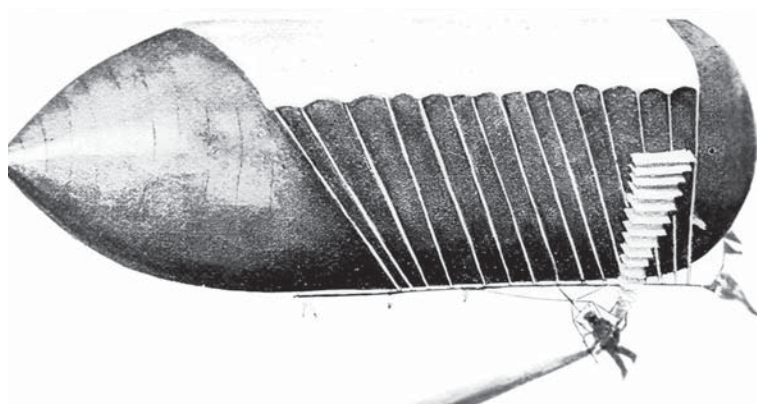
Taki balon pojawił się pod koniec XIX wieku i otrzymał nazwę *«sterowiec»*.

Sterowce rywalizowały wówczas z samolotami. Wykorzystywano je do transportu pasażerów, prowadzenia działań wojennych, a także do celów rozrywkowych i reklamy.

Pierwszy sterowiec w Ukrainie został zaprojektowany, wyprodukowany i pilotowany przez *Ko-stiantyna Danylewskiego* z Charkowa w roku 1897 (rys. 29.5).



K. Danylewski



Rys. 29.5. Sterowiec K. Danylewskiego



F. Anders

A w roku 1911 Fedir Anders zaprojektował sterowiec «Kijów», który zabierał na pokład czterech pasażerów. Z okazji 100. rocznicy tego wydarzenia Ukraina wydała znaczek z wizerunkiem sterowca (rys. 29.6).



Rys. 29.6. Sterowiec «Kijów»

Zastanów się i odpowiedz

Czy uważasz, że sterowce mają przewagę nad samolotami?

4. Siła nośna aerostatu

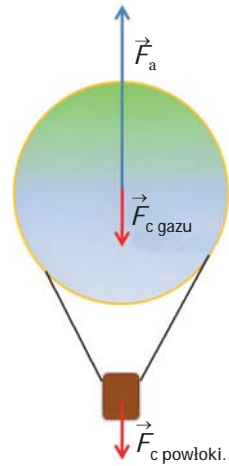
Każdy aerostat (balon) służy do podnoszenia pewnego rodzaju użytecznego ładunku: sprzętu pomiarowego, pasażerów lub innych ciał. Największy ciężar ładunku, jaki może unieść balon, nazywany jest **siłą nośną**. Jak ją obliczyć? Z rys. 29.7 widać, że pusty balon unosi się w górę dzięki sile Archimedesusa, a przeciwdziała temu siła ciężkości gazu i powłoki.

Różnica między siłą Archimedesusa a siłą ciężkości to siła nośna balonu:

$$F_{\text{nośna}} = F_A - (F_{\text{c gazu}} + F_{\text{c powłoki}}).$$

Ze wzoru wynika, że aby zwiększyć siłę nośną, należy zwiększyć siłę Archimedesusa i zmniejszyć masę gazu i samego aerostatu.

W tym celu konieczne jest wykonanie balonu o większej objętości i wypełnienie jego gazem o mniejszej gęstości, a balony wykonywać z lżejszych materiałów.



Rys. 29.7.
Balon

5. Współczesny stan żeglugi powietrznej

Szczyt rozwoju żeglugi powietrznej przypadł na koniec XIX i początek XX wieku. Jednak balony są nadal używane.

Balony na ogrzane powietrze (rys. 29.8) służą do fotografowania powierzchni ziemi i morza, skupisk zwierząt, wyjazdów turystyczno-krajoznawczych, zawodów sportowych.



Rys. 29.8.
Montgolfiera



Rys. 29.9.
Sonda meteorologiczna

Charliery służą do badań meteorologicznych (rys. 29.9), przeprowadzania eksperymentów naukowych, a także do zawodów sportowych.

Balony do badania górnych warstw atmosfery nazywane są **stratostatami**.

Sterowce (rys. 29.10) służą do dostarczania dużych ładunków w trudno dostępne miejsca, do transportu pasażerów, do akcji ratowniczych oraz do monitorowania określonego obszaru.



Rys. 29.10. Współczesny sterowiec



Zastanów się i odpowiedz

Gdzie jeszcze można wykorzystać balony?



Zapamiętaj

Żegluga powietrzna — to loty w atmosferze ziemskiej na urządzeniach lżejszych od powietrza.

Aerostat (balon powietrzny) — to statek lżejszy od powietrza. Sterowiec — to balon, który ma silnik i może się poruszać niezależnie od prądów powietrza.

Siła nośna aerostatu — to największy ciężar ładunku, jaki on może unieść.



Sprawdź się







1. Identyczne baloniki napełniono ciepłym powietrzem, wodorem, dwutlenkiem węgla i helem. Jak będą rozmieszczone w powietrzu?
2. Oblicz siłę nośną, jaką ma balon o objętości $2,5 \text{ dm}^3$, napełniony wodorem. Masa balonu razem z wodorem wynosi 3 g.
3. Ciężar balonu (powłoka i kosz) wynosi 440 kg, objętość balonu 1500 m^3 . Jaką masę podniesie balon, który zostanie wypełniony helem?



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Aeronautyka	Aviation
Balon	Aerostat
Sterowiec	Airship/dirigible/blimp/zepplin

Dokonaj samokontroli

Klasyfikacja «Zwiększenie i zmniejszenie ciśnienia»	https://learningapps.org/watch?v=p4t285w3a23	
Wypełnić luki «Ciśnienie ciał stałych, cieczy i gazów»	https://learningapps.org/watch?v=p6aft6o2k23	
Pary logiczne «Ciśnienie ciał stałych, cieczy i gazów»	https://learningapps.org/watch?v=pirqpv6ak23	
Krzyżówka «Ciśnienie ciał stałych, cieczy i gazów»	https://learningapps.org/watch?v=podzvucg223	
«Rozwiąż zadanie»	https://learningapps.org/watch?v=pt61pnebc23	
Fragmenty obrazu «Przyrządy»	https://learningapps.org/watch?v=pu4713jw323	

Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)

Przykładowe tematy projektów:

- Ciśnienie w naszym życiu.
- Góry Ukrainy i ciśnienie atmosferyczne na ich szczytach.
- Komiks «Siepacze w podróży naokoło świata».
- Model prototypu fontanny parku «Sofijiwka».



**Praca mechaniczna
i moc. Energia**

§ 30. Praca mechaniczna



«To bardzo trudna praca — nie robić nic». Co irlandzki pisarz Oscar Wilde miał na myśli, mówiąc te słowa?



Dowiesz się o...

- ▶ pracy;
- ▶ pracy mechanicznej;
- ▶ warunkach wykonywania pracy mechanicznej.

1. Praca i praca mechaniczna

Wyobraź sobie sytuację, że jedziesz samochodem i w pewnym momencie silnik z manualną skrzynią biegów «gaśnie», choć wcześniej działał prawidłowo. Co należy zrobić w tej sytuacji?

Jest kilka możliwości. Aby samochód mógł ruszyć, należy go pchać, co jest trudne. Można wezwać lawetę, lecz na nią trzeba długo czekać i płacić za usługi, a to dużo pieniędzy. Można też po prostu siedzieć i czekać na «cud»...

Rozważmy wszystkie możliwości, ale zacznijmy od końca. Siedzimy i czekamy, myślimy, analizujemy, marzymy, rozumiemy, że się spóźniliśmy, czekają nas nieprzyjemne chwile, czas mija, ale nic się nie zmienia, samochód stoi w miejscu.

Przyjechała laweta, zabrała samochód, dostarczyła nas do serwisu samochodowego, zapłaciliśmy za jego usługi, ale jednak się spóźniliśmy.

Pchnęliśmy samochód, zmęczyliśmy się, ubrudziliśmy ręce, ale odpalił i odjechaliśmy. Mieliśmy szczęście, nie spóźniliśmy się.

Czy Twoim zdaniem wykonałeś pracę we wszystkich przypadkach? Tak, tylko w dwóch pierwszych była to praca intelektualna, a w trzecim — fizyczna, mechaniczna. Chociaż w drugim przypadku laweta wykonała pracę za Ciebie.

Dlaczego wykonywałeś pracę mechaniczną? Na samochód z Twojej strony działała siła, która spowodowała jego ruch. Wyciągamy wnioski.

Warunki wykonywania pracy mechanicznej:

- na ciało musi działać siła;
- pod działaniem tej siły ciało musi pokonać określoną drogę.

Praca mechaniczna jest to wielkość fizyczna równa iloczynowi siły i drogi przebytej przez ciało pod działaniem tej siły:

$$\text{praca mechaniczna} = \text{siła} \cdot \text{droga.}$$

Praca mechaniczna oznacza się symbolem **A** i oblicza się według wzoru:

$$A = FS.$$

Jednostką pracy mechanicznej w układzie SI jest **dżul (J)**. Jednostka ta została nazwana na cześć angielskiego naukowcy Jamesa Joule'a.

1 J to praca wykonana przez siłę 1 N podczas przemieszczania ciała o 1 m:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

Stosowane są również inne podwielokrotne i wielokrotne jednostki miary: mJ, kJ, MJ.

$$1 \text{ mJ} = 0,001 \text{ J}$$

$$1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$$

$$1 \text{ MJ} = 1\,000\,000 \text{ J}$$

Zastanów się i odpowiedz

1. W którym przypadku mrówka wykonuje większą pracę: niosąc tę samą słomkę na odległość 1 m czy 2 m? Dlaczego?
2. W którym przypadku jeżyk (rys. 30.1) wykonuje większą pracę, niosąc jabłka od jabłoni do swojej norki? Dlaczego?

**a****b**

Rys. 30.1. Jeżyk niesie jabłka

2. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Jehor Leonenko z Sum jest najsilniejszym chłopcem w Ukrainie. W wieku 8 lat, leżąc, wycisnął sztangę o masie 41 kg, podnosząc ją na wysokość 25 cm. Oblicz pracę wykonaną przez chłopca.

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$m = 41 \text{ kg}$		$A = FS$	$F = 41 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 410 \text{ N}$
$h = 25 \text{ cm}$	0,25 m	$S = h$	
$g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$		$F = mg$	$A = 410 \text{ N} \cdot 0,25 \text{ m} = 102,5 \text{ J}$
$A = ?$			

Odpowiedź: $A = 102,5 \text{ J}$.



Zapamiętaj

Warunki wykonywania pracy mechanicznej:

- na ciało musi działać siła;
- pod działaniem tej siły ciało musi pokonać określoną drogę.

Praca mechaniczna jest wielkością fizyczną równą iloczynowi siły i drogi przebytej przez ciało pod działaniem tej siły: $A = FS$.

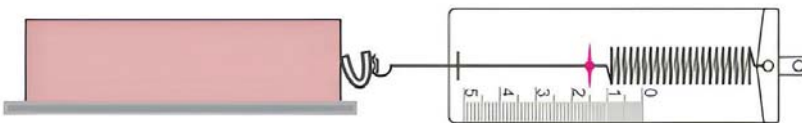


Sprawdź się

1. Jeśli chcesz zjeść jabłko w ogrodzie, możesz to zrobić na dwa sposoby: położyć się pod drzewem, otworzyć usta i poczekać, aż jabłko spadnie, lub możesz je zerwać i cieszyć się wspaniałym smakiem. Jak te propozycje łączą się z motto do paragrafu?

2. Używając znaków matematycznych ($>$, $<$, $=$), porównaj wartości wielkości fizycznych: 350 kJ i 0,35 MJ, 700 mJ i 6 J, 2 MJ i 2000 J.

3. Drewniany klocek o masie 150 g przesuwa się równomiernie po stole na odległość 30 cm za pomocą dynamometru (rys. 30.2). Oblicz pracę wykonaną przez siłę przyłożoną do dynamometru.



Rys. 30.2. Przesuwanie klocka za pomocą dynamometru

4. Paletę z cegłami podnoszą na wysokość 20 m za pomocą dźwigu, wykonując przy tym pracę 170 kJ. Wyznacz siłę potrzebną do podniesienia ładunku.

5. Kasztanowiec Szewczenki jest jednym z najstarszych w Kijowie. Wiek drzewa 150 lat, wysokość 15 m. Oblicz pracę wykonaną przez siłę ciężkości podczas spadania kasztana o masie 30 g z wierzchołka drzewa na ziemię.



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Praca	Work
Praca mechaniczna	Mechanical work

§ 31. Moc



Wyobraź sobie, że w końcu ukazał się długo oczekiwany film, który możesz obejrzeć w kinie rozmieszczonym na trzecim piętrze centrum handlowo-rozrywkowego. Obok klatki schodowej znajduje się winda. Wahasz się: zaczekać na windę, która znajduje się na górnym piętrze, czy wejść po schodach? Co wybierzesz? Dlaczego?



Dowiedz się o...

- ▶ mocy;
- ▶ epoce «koni mechanicznych».

1. Moc

Jeśli wejdiesz po schodach do kina, stracisz więcej czasu i się zmęczysz. Jeśli skorzystasz z windy, stanie się to znacznie szybciej i bez wysiłku. Dlaczego? Winda i Ty wykonujecie tę samą pracę, ale w różnym czasie. Dlatego można powiedzieć, że moc windy jest większa niż moc człowieka.

Moc jest wielkością fizyczną charakteryzującą prędkość wykonywania pracy mechanicznej.

Moc jest liczbowo równa stosunkowi pracy do czasu jej wykonania:

$$\text{moc} = \frac{\text{praca}}{\text{czas}}.$$

Moc oznacza się symbolem ***N*** i oblicza według wzoru:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Jednostką mocy w układzie SI jest **wat (W)**, nazwany na cześć angielskiego naukowca Jamesa Watta. Jest to moc, z jaką praca 1 J zostanie wykonana w ciągu 1 s.

Stosowane są również inne wielokrotne jednostki miary: kW, MW.

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W}$$

Znając moc i czas, można obliczyć pracę:

$$A = Nt.$$

2. Zależność mocy od siły ciągu i prędkości ruchu

Przypomnijmy, że podczas prostoliniowego ruchu jednostajnego prędkość ciała oblicza się według wzoru:

$$v = \frac{S}{t},$$

a praca mechaniczna — według wzoru:

$$A = FS.$$

Podstawimy do wzoru mocy $N = \frac{A}{t}$ wyrażenie służące do obliczania pracy. Wtedy $N = \frac{FS}{t}$. Jeśli uwzględnimy, że $\frac{S}{t} = v$, otrzymamy wzór:

$$N = Fv.$$

3. Epoka «koni mechanicznych»

Jak głosi legenda, angielski wynalazca James Watt, przebywając w kopalni węgla, obserwował pracę koni, które za pomocą maszyn prostych ciągnęły kosz z węglem o masie 150 kg z głębokości 30 m w ciągu 1 minuty. Oczywiście jest, że konie rozwijały pewną moc przy wykonywa-

niu tej pracy. Watt przyjął tę wartość za jednostkę mocy — jeden **koń mechaniczny** (horse power, oznacza się HP lub hp) i po raz pierwszy użył do określenia mocy uniwersalnego silnika parowego stworzonego przez niego w 1784 roku.

Złoty wiek «koni» Watta zakończył się w październiku 1960 roku, kiedy na XI Generalnej Konferencji Miar i Wąg przyjęto Międzynarodowy Układ Jednostek SI. W tym układzie moc mierzona jest w watach. Moc jednego konia mechanicznego $\approx 735,5$ W.

Ta jednostka miary jest nadal używana do określania mocy silników pojazdów.

Podamy przykłady marek samochodów, które dzięki opływowym kształtom i dużej mocy silnika osiągają rekordowe prędkości (tabela 31.1).

Tabela 31.1

Marka samochodu	Kraj-producent	Moc silnika, KM	Maksymalna prędkość, km/h
Hennessey Venom F5	USA	1842	484
Bugatti Chiron Super Sport 300+	Francja	1600	482,8
Koenigsegg Agera RS	Szwecja	1360	445
SSC Tuatara	USA	1350	443
Hennessey Venom GT	USA	1451	435



Zastanów się i odpowiedz

Autobus szkolny «Bohdan A092S2» ma silnik o mocy 129 KM. Wyraź tę moc w jednostkach SI.

4. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Silnik autobusu MAN D26 rozwija moc 375,1 kW. Określ, jaką pracę wykonuje za 2 h jazdy podczas przewożenia pasażerów. Odpowiedź podaj w MJ.

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$N = 375,1 \text{ kW}$	$375\,100 \text{ W}$	$A = Nt$	$A = 375\,100 \text{ W} \cdot 7200 \text{ s} =$
$t = 2 \text{ h}$	7200 s		$= 2\,700\,720\,000 \text{ J} =$
$A = ? \text{ (MJ)}$			$= 2700,72 \text{ MJ}$

Odpowiedź: $A = 2700,72 \text{ MJ}$.



Zapamiętaj

Moc jest wielkością fizyczną charakteryzującą prędkość wykonania pracy mechanicznej.

Moc jest liczbowo równa stosunkowi pracy do czasu jej wykonania: $N = \frac{A}{t}$.



Sprawdź się

1. W warsztacie przedsiębiorstwa przemysłowego pracują trzy maszyny, których silniki rozwijają określoną moc: pierwszy — 25 kW, drugi — 25 000 W, trzeci — 0,025 MW. Porównując te wartości możemy powiedzieć, że:

- A) silnik pierwszego samochodu ma największą moc;
- B) silnik drugiego samochodu ma największą moc;
- C) silnik trzeciego samochodu ma największą moc;
- D) moc wszystkich silników jest taka sama.

2. Dowiedz się od znajomego właściciela samochodu, jaką moc rozwija silnik jego samochodu. Oblicz pracę, jaką ten silnik może wykonać w ciągu 1 s, 1 minuty i 1 h.

3. Dźwig podnosi płytę żelbetową o masie 1 t na wysokość 20 m w ciągu 20 s. Jaką moc rozwija?



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Moc	Power
Koń mechaniczny	Horsepower



§ 32. Maszyny proste. Dźwignia. Równowaga sił na dźwigni. Moment siły



«Dajcie mi oparcie, a poruszę Ziemię».

Archimedes



Dowiesz się o...

- ▶ maszynach prostych i ich zastosowaniu;
- ▶ dźwigni i warunkach równowagi dźwigni;
- ▶ momencie siły.



1. Maszyny proste i ich rodzaje

Jeszcze tysiąc lat temu ludzie wykonywali całą pracę za pomocą siły mięśni własnych lub zwierzęcych. Z biegiem czasu, aby ułatwić pracę, zaczęto tworzyć najprostsze urządzenia, które w fizyce nazywane są maszynami prostymi.

Maszyny proste to urządzenia umożliwiające zmianę siły lub kierunku siły.

Zauważywszy, że ciężkie przedmioty znacznie łatwiej toczyć niż przesuwać, ludzie wynaleźli **koło**. Stało się to około 6 tysięcy lat temu. W wielowiekowej historii ludzkości wynalazek ten uznawany jest za największe osiągnięcie w dziedzinie mechaniki. Obecnie koło najczęściej stosowane jest w pojazdach: samochodach, pociągach, rowerach, hulajnogach, wozach konnych, a także jako podwozie w samolotach, helikopterach itp.

Pomysłowość ludzi doprowadziła ich do zrozumienia, że ciężkie ładunki łatwiej jest przenosić za pomocą drążka, pod którym umieszczona jest podpora. Drążek nazywany jest **dźwignią**, a punkt podparcia (punkt obrotu) znajduje się w miejscu podparcia. Ludzie na tym nie poprzestali. Kolejnym krokiem było zastosowanie **bloków** (nieruchomych i ruchomych) oraz **kołowrotu** jako rodzaju dźwigni.

Blok to okrągła tarcza zaopatrzona na obwodzie w rowek dla sznura, liny lub łańcucha. Bloki pomagają podnosić lub opuszczać ła-

dunek. Przy tym opuszczanie ładunków za pomocą bloków jest jeszcze łatwiejsze, ponieważ pomaga w tym własny ciężar ładunku. Wykorzystanie układu bloków daje możliwość podnieść dość duże ładunki (rys. 32.1).

Kołowrót to także maszyna prosta. Stosowany jest do podnoszenia wiader z wodą ze studni (rys. 32.2), do wiercenia otworów w drewnie i innych miękkich materiałach itp.

Jeszcze jedna maszyna prosta to **równia pochyła**. Ona też ułatwia podnoszenie ładunków (przy tym zmniejsza się przykładana siła, ale odległość, którą należy pokonać, wzrasta).

Równia pochyła używana jest do wjeżdżania na most lub wielopoziomowy parking, jako trap do przejścia pasażerów na pokład samolotu czy statku (rys. 32.3). Dla ludzi, którym samodzielne poruszanie się sprawia trudności, bardzo ważną rolę odgrywa rampa (rys. 32.4). Ta maszyna prosta instalowana jest przy klatkach schodowych w domach, parkach, zakładach medycznych, bibliotekach, szkołach, przedsiębiorstwach i nawet w transporcie.



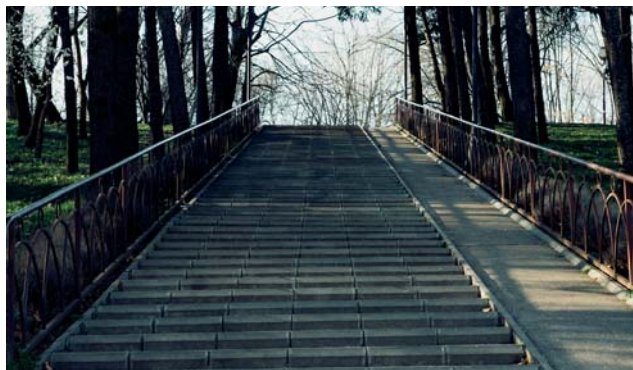
Rys. 32.1.
Układ bloków



Rys. 32.2. Studnia

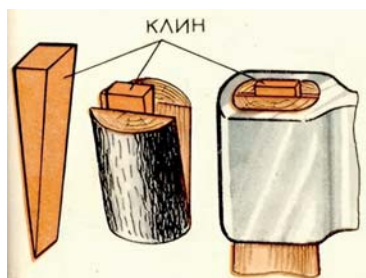


Rys. 32.3.
Trap na pokład statku



Rys. 32.4.
Rampa w parku

Rodzaje równi pochyłej to *klin* i *śruba*. *Klin* to trójkątny mechanizm wykonany z drewna lub metalu. Za pomocą klina łatwiej jest rozłupywać drewniane kłody i kamienie (rys. 32.5). Gwint *śrubby* to równia pochyła, która wielokrotnie owija rdzeń (rys. 32.6). Spiralne schody to także równia pochyła (rys. 32.7).



Rys. 32.5.
Klin



Rys. 32.6.
Cięcie śrubowe



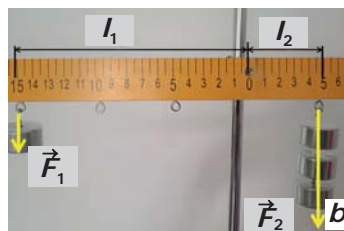
Rys. 32.7.
Schody spiralne

2. Dźwignia i warunki równowagi dźwigni

Dźwignia — ciało stałe, które może obracać się wokół nieruchomej osi — osi obrotu. Po przyłożeniu siły z jednej strony dźwigni (rys. 32.8, a), druga strona uniesie się wraz z ładunkiem. Twój wysiłek będzie mniejszy, niż gdybyś sam podnosił ładunek, to znaczy będzie Ci łatwiej. **Dźwignia daje zysk na sile, ale tracimy na odległości.**

Najmniejsza odległość od punktu obrotu dźwigni do linii działania siły nazywa się **ramieniem dźwigni** (l_1 , l_2) (rys. 32.8, b).

Żuraw studzienny, nożyce, obcęgi, waga, huśtawka dla dzieci to przykłady użycia dźwigni (rys. 32.9).



Rys. 32.8.
Dźwignia



Rys. 32.9.
Dźwignie
w technice
i życiu
codziennym

Dźwignia jest w równowadze, jeśli ramiona sił dźwigni są odwrotnie proporcjonalne do wartości działających na nią sił (warunek równowagi dźwigni):

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}.$$

Zgodnie z właściwością proporcji:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

Iloczyn siły działającej na jego ramię nazywa się **momentem siły** i oznacza się symbolem M :

$$M = Fl.$$

Jednostką miary momentu siły w układzie SI jest **niuton na metr** (N · m).

Warunek równowagi dźwigni można również sformułować następująco: ***dźwignia jest w równowadze, jeśli moment siły obracający dźwignię w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara jest równy momentowi siły obracającej dźwignię w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara:***

$$M_1 = M_2.$$



Zastanów się i odpowiedz

1. Rodzajem jakiej maszyny prostej jest taczka ogrodowa?
2. Do jakiego rodzaju maszyny prostej należy bariera?



Zapamiętaj

Maszyny proste to urządzenia umożliwiające zmianę siły lub kierunku działania siły.

Dźwignia — ciało stałe, które może obracać się wokół nieruchomej osi, nazywanej osią obrotu.

Ramię dźwigni — najmniejsza odległość od osi obrotu dźwigni do linii działania siły.

Moment siły jest to iloczyn działającej siły na jej ramię.

Warunek równowagi dźwigni: dźwignia jest w równowadze, jeśli moment siły obracający dźwignię w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara jest równy momentowi siły obracającej dźwignię w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara.

3. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Na mniejsze ramię dźwigni działa siła 4 N. Do większego ramienia o długości 12 cm przymocowano ładunek o masie 250 g. Jaka jest długość całej dźwigni?

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$F_1 = 4 \text{ N}$		$l = l_1 + l_2$	$F_2 = 0,25 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 2,5 \text{ N}$
$l_2 = 12 \text{ cm}$	0,12 m	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$	$l_1 = \frac{2,5 \text{ N} \cdot 0,12 \text{ m}}{4 \text{ N}} = 0,075 \text{ m}$
$m_2 = 250 \text{ g}$	0,25 kg	$F_1 l_1 = F_2 l_2$	$l = 0,075 \text{ m} + 0,12 \text{ m} = 0,195 \text{ m}$
$g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$		$l_1 = \frac{F_2 l_2}{F_1}$	
$l = ?$		$F_2 = m_2 g$	

Odpowiedź: $l = 0,195 \text{ m}$.



Sprawdź się

1. Dlaczego nie da się kopać łopata, trzymając ją jedną ręką? Jaka jest funkcja drugiej ręki i w jaki sposób należy nią trzymać łopatę?

2. Ramiona dźwigni mają długości 5 cm i 8 cm. Do mniejszego ramienia przymocowany jest ładunek o masie 400 g. Oblicz siłę, jaką należy przyłożyć do dłuższego ramienia, aby utrzymać dźwignię w równowadze.

3. Jaka jest długość dźwigni, do której końców przykładane są siły 5 N i 10 N, jeżeli znajduje się ona w równowadze, a jej mniejsze ramię ma długość 30 cm?



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Dźwignia	Lever
Równia pochyła	Inclined plane
Blok	Block
Ramię dźwigni	Lever arm
Równowaga	Equilibrium
Moment siły	Torque/Moment (of force)

Praca laboratoryjna nr 7
BADANIE WARUNKU RÓWNOWAGI DŹWIGNI

Cel: zbadać, przy jakim stosunku sił i ich ramion dźwignia znajduje się w równowadze; sprawdzić doświadczalnie regułę momentów.

Sprzęt: dźwignia mocowana na statywie, komplet odważników (masa każdego odważnika 102 g), linijka z podziałką milimetrową, dynamometr.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Instrukcje do pracy

1. Zrównoważ dźwignię za pomocą nakrętek regulacyjnych na jej końcach.
2. Zawieś dwa odważniki po lewej stronie dźwigni tak, aby odległość od osi obrotu do punktu zawieszenia wynosiła 12 cm ($l_1 = 12$ cm).
3. Za pomocą doświadczenia określ, w jakiej odległości na prawo od osi obrotu należy zawiesić odważnik, aby utrzymać dźwignię w równowadze:
 - A) jeden odważnik: $l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$;
 - B) dwa odważniki: $l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$;
 - C) trzy odważniki: $l_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.
4. Zapisz w tabeli 1 wartości sił przyłożonych na lewą i prawą część dźwigni (biorąc pod uwagę, że każdy odważnik ma ciężar 1 N) oraz ich ramion.
5. Wyznacz stosunek sił i stosunek ramion sił dla każdego z doświadczeń. Wyniki obliczeń zapisz w tabeli 1.

Tabela 1

Nr p/p	Siła na lewej części dźwigni, F_1 , N	Ramie siły F_1 , l_1 , m	Siła na prawej części dźwigni, F_2 , N	Ramie siły F_2 , l_2 , m	Stosunek	
					$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{l_2}{l_1}$
1						
2						
3						

6. Wyznacz momenty sił ($M_1 = F_1 l_1$, $M_2 = F_2 l_2$), obracające dźwignię w kierunku zgodnym z ruchem wskazówki zegara i przeciwnym do niego dla każdego doświadczenia.
7. Porównaj uzyskane wartości momentów sił.
8. Wyniki obliczeń zapisz w tabeli 2.

Tabela 2

Nr p/p	Moment siły obracający dźwignię		Porównanie momentów sił (>, <, =) M_1 oraz M_2
	w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówki zegara, $M_1, \text{N} \cdot \text{m}$	w kierunku zgodnym z ruchem wskazówki zegara, $M_2, \text{N} \cdot \text{m}$	
1			
2			
3			

Przeanalizuj wyniki eksperymentu. Wyciągnij wniosek (co badano w trakcie pracy laboratoryjnej; jaki uzyskano wynik; czy wynik eksperymentów potwierdza regułę równowagi dźwigni pod działaniem przyłożonych sił oraz regułę momentów; gdzie zdobytą wiedzę można wykorzystać w praktyce).

§ 33. Maszyny proste w przyrodzie i technice



Czy uwierzyłbyś, że możesz być silniejszy od samego siebie? Jeśli trzymasz w dłoni hantle o ciężarze 2 N, mięsień ramienia wytwarza siłę 16 N. Dzieje się tak dlatego, że miejsce połączenia kości z mięśniami dzieli kość w stosunku 1 : 8. Okazuje się, że jesteś silniejszy od samego siebie. Dziwne, ale to fakt.



Dowiedz się o...

- ▶ maszynach prostych w technice;
- ▶ maszynach prostych w przyrodzie.

1. Maszyny proste w technice

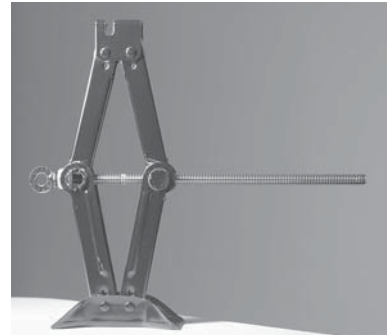
Istnieją przedmioty, których używamy na co dzień: łyżka, widelec, łopata, koromysło, pedały i hamulce roweru, klawisze fortepianu. To są przykłady dźwigni. Do wiosłowania w łodzi lub wyciągania gwoździ z deski również korzysta się z dźwigni.

Jeśli mówimy o nożycach, to jest to układ dwóch połączonych ze sobą dźwigni zaostzonych klinem. Nawiasem mówiąc, wszystkie narzędzia do cięcia i strugania są zaostzone klinem.

Maszyny składające się z połączonych ze sobą dwóch lub więcej maszyn prostych nazywane są maszynami złożonymi. Przykładem może być podnośnik. Składa się on z dźwigni i śruby. Podnośnik to mechanizm służący do podnoszenia ładunków na niewielką wysokość. One bywają różne i mogą podnosić ładunki od kilku kilogramów do kilkuset ton. Są szeroko stosowane w pracach budowlano-montażowych, przy remontach itp. Istnieją również podnośniki samochodowe (rys. 33.1).

Istnieją również bardziej złożone maszyny, które składają się z układu wielu maszyn prostych. Są to żurawie wieżowe i koparki kamieniołomowe (rys. 33.2).

Koparka Bagger 288 (rys. 33.3), stworzona w Niemczech, uważana jest za jedną z największych koparek na świecie. Jej masa wynosi 13 500 t. Długość gigantycznej koparki wynosi 240 m, szerokość 46 m, a wysokość 94 m (30 pięter). Duża powierzchnia gąsienic zapewnia bardzo małe ciśnienie ($17,1 \text{ N/cm}^2$) Bagger 288 do pod-



Rys. 33.1.
Podnośnik samochodowy



Rys. 33.2.

Maszyny złożone: a – koparka kamieniołomowa; b – dźwиг wieżowy



Rys. 33.3. Koparka Bagger 288

łoża, które pozwala koparce poruszać się po żwirze, ziemi, a nawet trawie, nie pozostawiając zauważalnego śladu.

2. Maszyny proste w przyrodzie

Człowiek stworzył maszyny proste jeszcze przed naszą erą. Jednak sama natura też stwarzała maszyny proste. Szkielet człowieka i zwierzęcia to także zestaw dźwigni, przy czym kończyny są dźwigniami, a stawy punktami podparcia. Naukowcy obliczyli, że w ludzkim szkielecie znajduje się ponad dwieście różnych dźwigni. Wprawiane są w ruch przez siły powstające w przypadku skurczu mięśni.

Drzewa i krzewy są również utrzymywane w glebie na zasadzie dźwigni: pień (dźwignia) i korzenie (podparcie). Korzenie przenikają głęboko w ziemię i tworzą niezawodne podparcie (rys. 33.4).

Jak wspiąć się na wysokie wzgórze? Oczywiście idziesz po łagodnym zboczach, a nie po linii prostej, bo tak jest łatwiej. Jest to naturalna równia pochyła. Autostrady na wyżynach są również budowane na zasadzie równi pochyłej (rys. 33.5).



Rys. 33.4. Drzewo

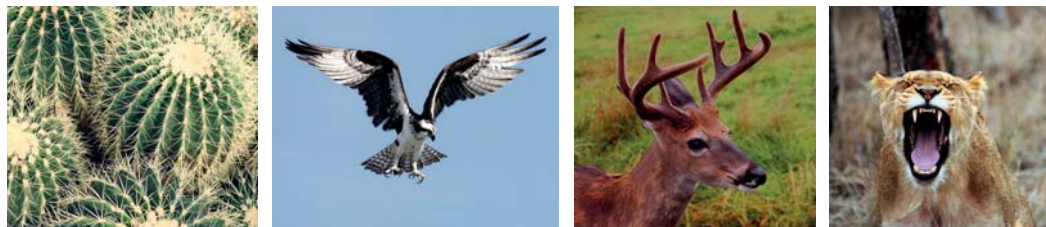


Rys. 33.5. Naturalna równia pochyła

Zastanów się i odpowiedz

Wyjaśnij znaczenie przysłowia: «Tylko wrony latają na wprost, a ludzie chodzą drogą».

Natura posiada jeszcze jedną maszynę prostą — klin. Być może nawet nie domyślasz się, że klin u roślin to ciernie, a u zwierząt — pazury, rogi i zęby (rys. 33.6).



Rys. 33.6. «Klin» w przyrodzie

Sprawdź się


1. Podaj przykłady maszyn prostych, które posiadasz w domu.
2. Jaki rodzaj maszyny prostej zastosowano w roletach?

Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

Stwórz model dźwigni w oparciu o własny algorytm działania, wykorzystując dostępne materiały.

Podczas pracy przestrzegaj zasad bezpieczeństwa!

§ 34. Bloki. «Złota zasada» mechaniki

 Podczas wykopalisk na terenie Iraku archeolodzy odkryli narzędzia wykonane z lin i winorośli, których 1500 lat przed naszą erą używano do podnoszenia pojemników z wodą. Jako najstarsze bloki wykorzystywano gałęzie drzew. Przerzucano przez nie linę, do której przymocowany był ładunek. W IV wieku p. n. e. starożytni Sumerowie, a także w II wieku p. n. e. niezależnie od nich Chińczycy, wymyślili koło, przez które przerzucano linę. A układy składające się z połączo-

nych różnego rodzaju bloków do dziś pomagają ludziom podnosić ładunki, które na pierwszy rzut oka są nie do uniesienia.



Dowiesz się o...

- ▶ nieruchomym bloku;
- ▶ ruchomym bloku;
- ▶ «złotej zasadzie» mechaniki.

1. Nieruchomy blok

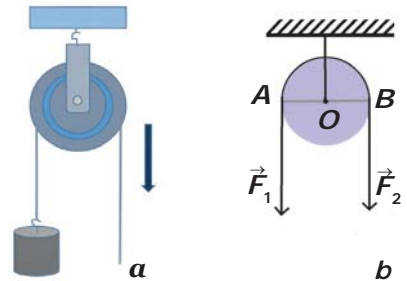
Blok — jedna z maszyn prostych (rys. 34.1). Jest to okrągła tarcza, która obraca się wokół swojej osi, zaopatrzona na obwodzie w rowek dla sznura, liny lub łańcucha.

Jeśli oś bloku jest mocno przytwierdzona do stałego podłoża, wówczas taki blok nazywa się **nieruchomym**. Już wiesz, że dźwignia to ciało stałe, które obraca się wokół osi, więc blok nieruchomy jest rodzajem dźwigni (dźwignia równoramienna).

Rysunek 34.2 (a) pokazuje podnoszenie ładunku za pomocą bloku nieruchomego, którego ramiona są równe promieniowi koła (rysunek 34.2, b): $AO = OB = R$. Taki blok nie daje zysku na sile ($F_1 = F_2$), ale umożliwia zmianę jej kierunku.



Rys. 34.1. Bloki



Rys. 34.2. Podnoszenie ładunku za pomocą bloku nieruchomego

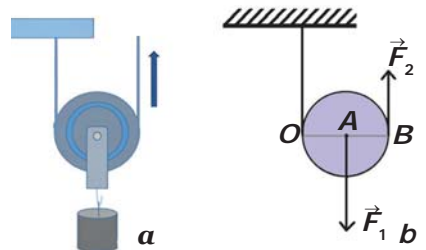


Zastanów się i odpowiedz

Po co stosować blok nieruchomy, skoro nie daje on zysku na sile? Gdzie można z niego skorzystać?

2. Ruchomy blok

Ruchomy blok jest blokiem, którego oś podnosi się i opuszcza wraz z obciążeniem (rys. 34.3, a). W takim



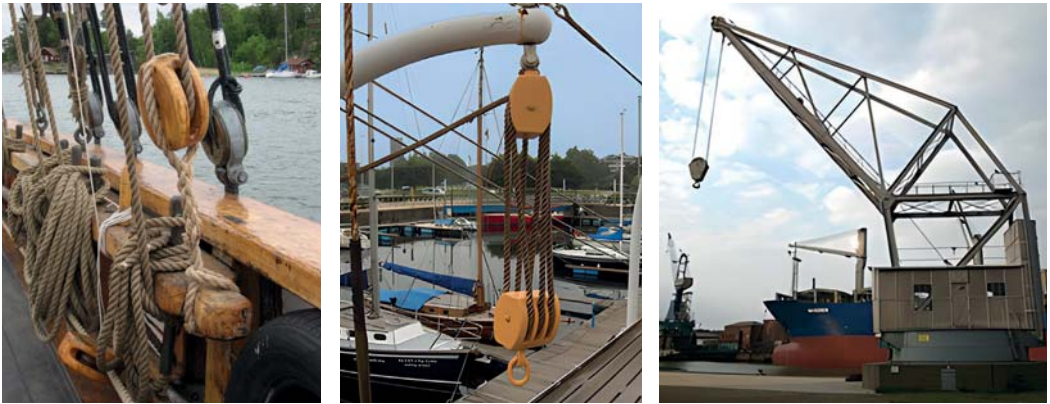
Rys. 34.3. Podnoszenie ładunku za pomocą bloku ruchomego

bloku OA jest ramieniem siły F_1 , a OB jest ramieniem siły F_2 (rys. 34.3, b). O ile $OB = 2OA$ (OB to średnica koła), to siła F_2 jest połową siły F_1 ($F_1 = 2F_2$). Dlatego **blok ruchomy daje 2-krotny zysk na sile**.

Zastanów się i odpowiedz

Czy za pomocą bloków można zyskać na sile więcej niż 2 razy?

W technice, alpinizmie, na okrętach wykorzystuje się układy, które są połączeniem bloków ruchomych i nieruchomych (rys. 34.4).



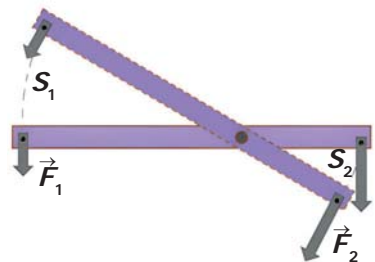
Rys. 34.4. Przykłady wykorzystania układu bloków

W XII wieku n. e. zbudowano wiele świątyń. Są to bardzo duże konstrukcje, które mogą osiągnąć wysokość 150 m. Dzięki zastosowaniu układu bloków budowniczowie podnosili ogromne kamienie na potrzebną wysokość.

3. «Złota zasada» mechaniki

Stosując maszyny proste, można otrzymać zysk na sile, ale jednocześnie stracimy na odległości. I odwrotnie, można zyskać na odległości, ale wtedy na pewno stracimy na sile. A czy maszyny proste dają zysk na pracy?

Rys. 34.5 pokazuje, jak równoważąc dwie siły o różnej wartości działające na dźwignię, można ją wprawić w



Rys. 34.5. Równoważenie na dźwigni działania jednej siły przez drugą

ruch. W tym samym czasie punkt przyłożenia mniejszej siły pokonuje większą drogę. I odwrotnie, punkt przyłożenia większej siły pokonuje mniejszą drogę. Potwierdzono eksperymentalnie: ile razy siła F_2 jest większa od siły F_1 , tyle razy droga S_2 jest mniejsza od drogi S_1 . Jednak wartość pracy pozostaje taka sama, gdyż ona jest równa iloczynowi siły i drogi.

Zatem stosując maszyny proste **zyskujemy na sile tyle razy, ile razy przegrywamy w pokonanej odległości lub tyle razy zyskujemy na odległości, ile razy tracimy na sile**. Stwierdzenie to nazwano «**złotą zasadą**» mechaniki. Dlatego zrozumiałe jest, że maszyny proste nie dają zysku w pracy.

4. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Ładunek podnosi się za pomocą bloku ruchomego. Oblicz masę ładunku, jeśli na wolny koniec liny przyłożona jest siła 211 N. Pomiń ciężar bloku i tarcie.

Dany:	SI		Rozwiązanie:
$F_2 = 211 \text{ N}$		$F_1 = 2F_2$	$F_1 = 2 \cdot 211 \text{ N} = 422 \text{ N}$
$g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$		$F_1 = mg$	$m = \frac{422 \text{ N}}{10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 42,2 \text{ kg}$
$m = ?$		$m = \frac{F_1}{g}$	

Odpowiedź: $m = 42,2 \text{ kg}$.



Zapamiętaj

Blok to jedna z maszyn prostych, która ma postać okrągłej tarczy z rowkiem, obracającej się wokół własnej osi.

Blok nieruchomy jest blokiem, którego oś jest mocno przytwierdzona do stałego podłoża.

Blok nieruchomy nie daje zysku na sile, ale pozwala na zmianę kierunku siły.

Blok ruchomy to blok, którego oś się porusza.

Blok ruchomy daje 2-krotny zysk na sile.

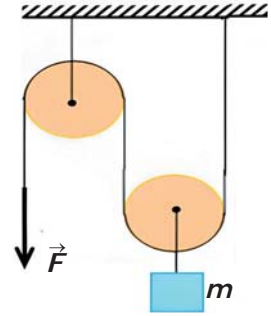
«Złota zasada» mechaniki: *zyskujemy na sile tyle razy, ile razy tracimy w pokonanej odległości lub tyle razy zyskujemy na odległości, ile razy tracimy na sile.*



Sprawdź się

1. Ładunek podnoszą za pomocą bloku nieruchomego, przykładając do jednego końca liny siłę 0,3 kN. Wyznacz masę ładunku, który jest zawieszony na drugim końcu liny? ($g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$).

2. Jaka jest największa masa ładunku, jaki można podnieść za pomocą układu bloków (rys. 34.6), jeśli na wolny koniec liny przyłożona zostanie siła 420 N? Pomiń masę bloków i tarcie ($g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$).



Rys. 34.6.
Podnoszenie
ładunku
za pomocą układu
bloków



Zastanów się, zmodeluj, wykonaj...

W wyniku trzęsienia ziemi ludzie w budynku zostali zablokowani przez dwustukilogramowy fragment płyty betonowej. Ułóż algorytm ratowania ofiar za pomocą maszyn prostych w celu nadania im pierwszej pomocy.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Nieruchomy blok	Immovable block
Ruchomy blok	Moving block

§ 35. Sprawność maszyn



Dowiedz się o...

- ▶ pracy użytecznej i pracy całkowitej (wykonanej);
- ▶ sprawności maszyn.

1. Praca użyteczna i praca całkowita

W idealnych warunkach podczas pracy maszyn prostych nie brałmy pod uwagę powstałej siły tarcia, dlatego też praca wykonana

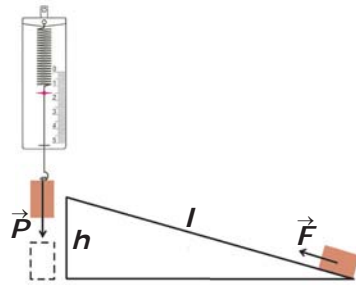
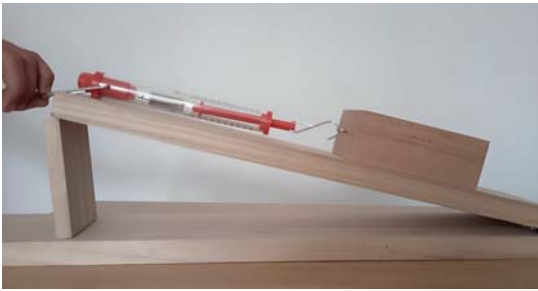
przez przyłożoną siłę była równa pracy użytecznej przy podnoszeniu ładunku.

W praktyce podczas pracy dowolnej maszyny prostej należy uwzględnić wpływ siły tarcia, który powoduje wykorzystanie większej ilości energii na wykonanie pracy. Taka praca nazywa się **całkowitą** i oznacza się A_c . Jest ona nieco większa niż praca użyteczna oznaczona przez A_u .

Rozważ podnoszenie ciała z pomocą równi pochyłej (rys. 35.1). Przyłożona siła F , skierowana jest wzdłuż równi i wykonuje pracę całkowitą:

$$A_c = Fl,$$

gdzie l jest długością równi pochyłej.



Rys. 35.1. Ruch ciała po równi pochyłej

Jeśli ciało będzie podniesione na wysokość h , zostanie wykonana praca użyteczna:

$$A_u = Ph,$$

gdzie P to ciężar ładunku, a h jest wysokością równi pochyłej.

Jeśli przeprowadzimy eksperyment i dokonamy obliczeń matematycznych, otrzymamy: $A_u < A_c$.

2. Sprawność maszyn

Aby określić skuteczność działania maszyny, należy wiedzieć, jaką część pracy całkowitej stanowi praca użyteczna. W tym celu wprowadza się współczynnik skuteczności — sprawność.

Sprawność to wielkość fizyczna charakteryzująca maszynę, która jest równa stosunkowi pracy użytecznej do pracy całkowitej (wykonanej):

$$\eta = \frac{A_u}{A_c} \cdot 100 \%$$

Sprawność oznacza się literą alfabetu greckiego η («eta»). Często wyraża się ją w procentach, na przykład $\eta = 60\%$ lub $\eta = 0,6$.

Ponieważ praca użyteczna jest zawsze mniejsza niż praca całkowita, sprawność dowolnej maszyny jest mniejsza od jedności.



Zastanów się i odpowiedz

Co należy zrobić, aby skonstruować maszynę prostą, której sprawność będzie maksymalna?

3. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Za pomocą dźwigni równomiernie podniesiono ładunek, posiadający ciężar 2,4 kN na wysokość 6 cm. Przy tym na większe ramię dźwigni działała siła 500 N i punkt przyłożenia tej siły obniżył się o 30 cm. Określ sprawność dźwigni.

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$P = 2,4 \text{ kN}$	2400 N	$\eta = \frac{A_u}{A_c} \cdot 100\%$	$A_u = 2400 \text{ N} \cdot 0,06 \text{ m} = 144 \text{ J}$
$S_1 = 6 \text{ cm}$	0,06 m	$A_u = F_1 S_1$	$A_c = 500 \text{ N} \cdot 0,3 \text{ m} = 150 \text{ J}$
$F_2 = 500 \text{ N}$		$F_1 = P$	$\eta = \frac{144 \text{ J}}{150 \text{ J}} \cdot 100\% = 96\%$
$S_2 = 30 \text{ cm}$	0,3 m	$A_c = F_2 S_2$	
$\eta = ?$			

Odpowiedź: $\eta = 96\%$.



Zapamiętaj

Sprawność jest to wielkość fizyczna, charakteryzującą maszynę i równa stosunkowi pracy użytecznej do pracy całkowitej (wykonanej).

$$\eta = \frac{A_u}{A_c} \cdot 100\%.$$



Sprawdź się

1. Czy sprawność maszyny może być większa niż 100%?
2. Jaka jest sprawność maszyny, jeśli praca użyteczna stanowi jedną czwartą całkowitej?

3. Ładunek o masie 600 g podnoszą przy pomocy równi pochyłej, przykładając siłę 2,5 N skierowaną wzdłuż równi. Znajdź sprawność równi pochyłej, jeśli jej długość wynosi 30 cm, a wysokość — 10 cm.



Słowniczek terminów fizycznych
(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Praca całkowita (wykonana)	Input work
Praca użyteczna	Useful output
Sprawność	Energy conversion efficiency

Praca laboratoryjna nr 8

WYZNACZENIE SPRAWNOŚCI

PODCZAS PODNOSZENIA CIAŁA PO RÓWNI POCHYLEJ

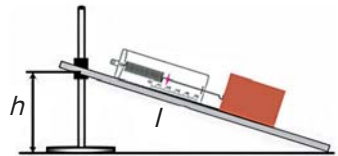
Cel: upewnić się eksperymentalnie, że praca użyteczna wykonana za pomocą równi pochyłej jest mniejsza niż praca całkowita; wyznaczyć sprawność podczas podnoszenia ciała wzdłuż równi pochyłej.

Sprzęt: linijka z podziałką milimetrową, dynamometr, trzy odważniki o masie 102 g każdy, drewniany klocek z otworami, linijka (trybometr), statyw ze sprzęgłem i łapą.

Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa podczas pracy!

Instrukcje do pracy

1. Przymocuj drewnianą linijkę w łapie statywu, tworząc równię pochyłą (rys. 1).
2. Zmierz linijką długość (l) i wysokość (h) równi pochyłej:
 $l = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m,}$
 $h = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m.}$
3. Wyznacz ciężar drewnianego klocka za pomocą dynamometru:
 $P_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N.}$



Rys. 1

4. Umieść klocek na równi pochyłej i za pomocą dynamometru przesunij go równomiernie w górę po równi pochyłej.
5. Zmierz siłę ciągu działającą na klocek ze strony dynamometru:
 $F_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$.
6. Użyj dynamometru, aby zmierzyć ciężar klocka z jednym ciężarkiem, dwoma ciężarkami lub trzema ciężarkami:
 $P_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}, \quad P_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N},$
 $P_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}.$
7. Nie zmieniając kąta nachylenia równi, powtórz doświadczenie (pkt 4) jeszcze trzy razy, umieszczając najpierw jeden, potem dwa, a następnie trzy ciężarki na klocku. W każdym przypadku zmierz siłę ciągu działającą na klocek z ciężarkami ze strony dynamometru:
 $F_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}, \quad F_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N},$
 $F_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}.$
8. Wyniki pomiarów zapisz w tabeli 1.
9. Dla każdego doświadczenia określ:
 - A) pracę użyteczną $A_u = P \cdot h$:
 $A_u = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J};$
 - B) pracę całkowitą $A_c = F \cdot l$:
 $A_c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J};$
 - C) Sprawność równi pochyłej $\eta = \frac{A_u}{A_c} \cdot 100 \%$:
 $\eta = \underline{\hspace{2cm}} \%$.
10. Wyniki obliczeń zapisz w tabeli 1.

Tabela 1

Nr p/p	Długość równi pochyłej, l , m	Wysokość równi pochyłej, h , m	Ciężar klocka z ciężarkami, P , N	Siła ciągu, F , N	Praca użyteczna, A_u , J	Praca całkowita, A_c , J	Sprawność, η , %
1							
2							
3							

Przeanalizuj wyniki eksperymentu. Wyciągnij wniosek (co badano podczas pracy laboratoryjnej; jakie wielkości mierzone; jaki uzyskano wynik; gdzie zdobytą wiedzę można wykorzystać w praktyce).

§ 36. Energia mechaniczna i jej rodzaje



Osoba, która jest w stanie wykonać dużą ilość pracy, nazywa się energiczną. A skąd ona czerpie energię? Oczywiście spożywając pokarm. A co oznacza słowo «energia»?



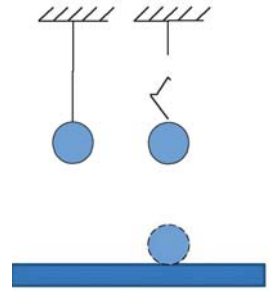
Dowiesz się o...

- ▶ energii;
- ▶ rodzajach energii mechanicznej.

1. Energia

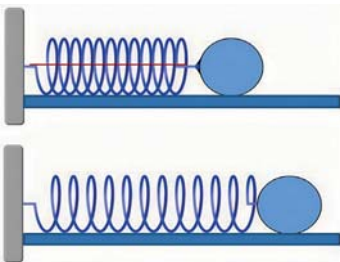
Aby odpowiedzieć na pytanie, czym jest «energia», przeanalizujemy kilka eksperymentów.

Rozglądniemy kulkę zawieszoną na sznurku nad stołem (rys. 36.1). Ona jest w stanie spoczynku. Działające na nią siły (siła ciężkości i siła sprężystości nici), równoważą się nawzajem. Jeśli przetniesz nić, siła sprężystości przestanie działać, a kula pod działaniem siły ciężkości spadnie na stół, deformując jego i siebie. Zatem piłka wykona pracę mechaniczną.

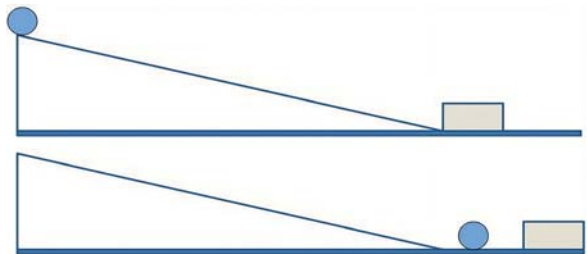


Rys. 36.1.
Spadanie piłki

Ściśnięta sprężyna, prostując się, też jest w stanie wykonać pracę podczas przesuwania piłki (rys. 36.2). Poruszające się ciała również wykonują pracę mechaniczną. Metalowa kulka, po stoczeniu się z równi pochyłej uderza w drewniany klocek i wykonuje pracę podczas jego przesuwania (rys. 36.3).



Rys. 36.2.
Prostowanie sprężyny



Rys. 36.3.
Toczenie się piłki

W fizyce mówi się, że wszystkie ciała, które w określonych warunkach są w stanie wykonać pracę mechaniczną, posiadają energię.

Energia jest miarą zdolności ciała lub kilku oddziałujących ciał do wykonania pracy. *Im większą pracę wykonuje ciało, tym większą energię posiada.*

2. Rodzaje energii mechanicznej

Energia mechaniczna jest wielkością fizyczną, która pokazuje, jaką pracę można wykonać podczas przemieszczenia ciała.

Energię mechaniczną oznacza się symbolem E . Jednostką miary energii w układzie SI jest **dżul (J)**.

Rodzaje energii mechanicznej: energia potencjalna (E_p) i energia kinetyczna (E_k).

Kulka uniesiona nad powierzchnię Ziemi na określonej wysokości, ściśnięta lub rozciągnięta sprężyna posiada energię potencjalną.

Zatem **energia potencjalna** to energia powstająca w wyniku oddziaływania ciał lub części tego samego ciała.

Energię potencjalną ciała podniesionego na wysokość h nad powierzchnią Ziemi wyznacza się za wzorem:

$$E_p = mgh.$$

Energia potencjalna zależy od masy ciała i wysokości, na jakiej znajduje się ono nad powierzchnią.

Wszystkie poruszające się ciała mają energię kinetyczną (na przykład: piłka tocząca się po równi pochyłej, ptak w locie, spadająca kropla deszczu, poruszający się pojazd).

Energia kinetyczna to energia wywołana ruchem ciał, którą wyznacza się za wzorem:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Energia kinetyczna zależy od masy ciała i jego prędkości.



Zastanów się i odpowiedz

1. Jaką energię ma pszczoła, która siedzi na kwiatku i zbiera nektar?

2. Szpak dziobał wiśnie na dolnej gałęzi drzewa. Następnie poleciał na szczyt drzewa, gdzie wiśnie były najbardziej dojrzałe. Jak zmieniła się jego energia potencjalna? Dlaczego?

3. Przykład rozwiązania zadania

Zadanie. Pszczoła o masie 0,1 g może latać z prędkością 54 km/h. Wyznacz jej energię kinetyczną.

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$m = 0,1 \text{ g}$	0,0001 kg	$E_k = \frac{mv^2}{2}$	$E_k = \frac{0,0001 \text{ kg} \cdot (15 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} =$
$v = 54 \text{ km/h}$	15 m/s		
$E_k = ?$			$= 0,01125 \text{ J}$

Odpowiedź: $E_k = 0,01125 \text{ J}$.



Zapamiętaj

Energia jest miarą zdolności ciała lub kilku oddziałujących na siebie ciał do wykonania pracy.

Im większą pracę wykonuje ciało, tym więcej energii posiada.

Energia mechaniczna jest wielkością fizyczną, która pokazuje, jaką pracę można wykonać podczas przemieszczania ciała.

Energia potencjalna jest to energia powstająca w wyniku oddziaływania ciał lub części tego samego ciała, która wyznacza się wzorem: $E_p = mgh$.

Energia kinetyczna jest energią wywołaną ruchem ciał, która wyznacza się za wzorem: $E_k = \frac{mv^2}{2}$.



Sprawdź się

1. Na podstawie podanych przykładów określ rodzaj energii, jaką posiada ciało: *statek pływa po jeziorze, siatka trampoliny ugina się, gdy po niej skaczą dzieci, sople lodu zwisa z dachu, mysz ucieka od kota, papuga siedzi na nieruchomej huśtawce w klatce, samochód, który przejeżdża przez most.*

2. Oblicz energię szpaka o masie 75 g, który siedzi na gałęzi wiśni na wysokości 3 m nad ziemią. Przyjmij, że $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

3. Na jakiej wysokości względem ziemi znajduje się jagoda wiśni masy 10 g jeżeli jej energia potencjalna wynosi 0,3 J? Przyjmij, że $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

4. Prędkość mustanga może osiągnąć 90 km/h. Oblicz maksymalną energię kinetyczną konia, jeśli jego masa 300 kg.

§ 37. Przemiana jednego rodzaju energii mechanicznej w inny. Zasada zachowania energii mechanicznej



«Energia jest dawana człowiekowi na jakiś czas i w pewnym momencie musi zostać zwrócona».

Cytat z filmu «Avatar»



Dowiesz się o...

- ▶ całkowitej energii mechanicznej;
- ▶ przemianie jednego rodzaju energii mechanicznej w inny;
- ▶ zasadzie zachowania energii mechanicznej.

1. Całkowita energia mechaniczna

Jaką energię mają ptaki podczas przelotów, sportowiec — podczas skoku, samolot — w locie, wiewiórka — podczas skoku z drzewa na drzewo, narciarz — na ruchomym podnośniku, strumienie wody rzecznej spadające z wysokiego stromego urwiska? Kinetyczną czy potencjalną? We wszystkich tych przypadkach ciała posiadają jednocześnie oba rodzaje energii mechanicznej.

Suma energii kinetycznej i potencjalnej ciała nazywa się **całkowitą energią mechaniczną**:

$$E_c = E_k + E_p.$$

Jeden rodzaj energii mechanicznej może przemieniać się w inny. Zatem kiedy orzech spada z drzewa, jego energia potencjalna zamienia się w energię kinetyczną. W rezultacie energia potencjalna maleje, a energia kinetyczna wzrasta, przy tym całkowita energia mechaniczna nie ulega zmianie. Podczas wrzucania piłki do kosza jej energia kinetyczna zamienia się w energię potencjalną, energia kinetyczna maleje, a energia potencjalna wzrasta, lecz energia całkowita pozostaje stała. A jeśli koszykarz uderzy piłką w ziemię, piłka odkształci się, nabywając przy tym energii potencjalnej, a w procesie prostowania piłki jej energia potencjalna zmniejszy się i przemieni się w energię kinetyczną. I znowu całkowita energia mechaniczna pozostanie bez zmiany.

2. Zasada zachowania całkowitej energii mechanicznej

W omówionych powyżej przykładach działała siła ciężkości i siła sprężystości. Nie uwzględniliśmy siły tarcia. W tym przypadku potwierdza się zasada zachowania całkowitej energii mechanicznej.

Zasada zachowania całkowitej energii mechanicznej: w układzie ciał, które oddziałują ze sobą jedynie siłami sprężystości i siłami ciężkości, całkowita energia mechaniczna nie ulega zmianie.

Oprócz energii mechanicznej istnieją inne rodzaje energii, o których będziemy się uczyć w starszych klasach. Dlatego dla wszystkich zjawisk przyrody prawdziwa jest **zasada zachowania energii: energia nie powstaje z niczego i nie znika bez śladu, ulega jedynie przemianie z jednego rodzaju w inny lub przekazaniu od jednego ciała do drugiego.**



Zastanów się i odpowiedz

Jakie przemiany energii zachodzą, gdy wiatr unosi liście do góry; podczas spadku wody z tamy; podczas schodzenia lawiny śnieżnej z gór?

3. Przykład rozwiązania zdania

Zadanie. Zielony konik polny o masie 3 g odpycha się od ziemi pionowo w górę z energią kinetyczną 15 mJ. Jak wysoko może skoczyć?

Dane:	SI		Rozwiązanie:
$m = 3 \text{ g}$	0,003 kg	$E_k = E_p$	$E_p = 0,015 \text{ J}$
$E_k = 15 \text{ mJ}$	0,015 J	$E_p = mgh$	$h = \frac{0,015 \text{ J}}{0,003 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,5 \text{ m}$
$g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$		$h = \frac{E_p}{mg}$	
$h = ?$			

Odpowiedź: $h = 0,5 \text{ m}$.



Zapamiętaj

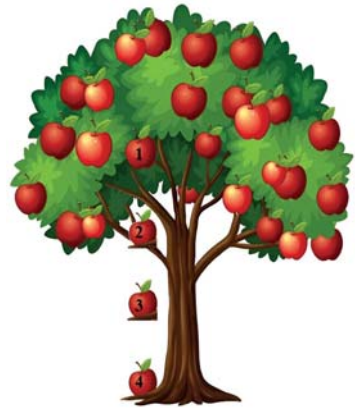
Suma energii kinetycznej i potencjalnej ciała nazywa się **całkowitą energią mechaniczną**: $E_c = E_k + E_p$.

Zasada zachowania całkowitej energii mechanicznej: w układzie ciał, które oddziałują ze sobą jedynie siłami sprężystości i siłami ciężkości, całkowita energia mechaniczna pozostaje stała.

Zasada zachowania energii: energia nie powstaje z niczego i nie znika bez śladu, ulega jedynie przemianie z jednego rodzaju w inny lub przekazaniu od jednego ciała do drugiego.

Sprawdź się

1. Jabłko spadające z drzewa jest przedstawione na zdjęciu w czterech położeniach. W którym położeniu jabłko ma największą energię kinetyczną? Największą energię potencjalną? Największą prędkość? W jakich położeniach siły działające na jabłko równoważą się wzajemnie?



2. Piłka została rzucona pionowo w górę. Oblicz, jaką energię potencjalną będzie miała w najwyższym punkcie toru, jeśli jego energia kinetyczna w chwili rzucania była równa 20 J?

3. Kamień o masie 6 kg spada z wysokości 2 m. Oblicz energię kinetyczną, jaką będzie posiadał kamień w chwili, gdy spadnie na ziemię. Przyjmij, że $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.



Słowniczek terminów fizycznych (do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Energia	Energy
Energia potencjalna	Potential energy
Energia kinetyczna	Kinetic energy
Całkowita energia mechaniczna	Total mechanical energy
Prawo zachowania (energii)	The law of conservation (of energy)

§ 38. Energia rzek i wiatru. Ekologiczne charakterystyki źródeł energii



W dzisiejszych czasach trudno sobie wyobrazić dzień bez gadżetu czy komputera. Każdy wie, że do ich pracy potrzebna jest energia elektryczna. Uzyskuje się ją na różne sposoby. W tym paragrafie dowiesz się, w jaki sposób jest ona pozyskiwana z wody i wiatru oraz jakie są zalety i wady takiego produkowania.



Dowiesz się o...

- ▶ pierwszych silnikach;
- ▶ elektrowni wodnej;
- ▶ elektrowni wiatrowej.

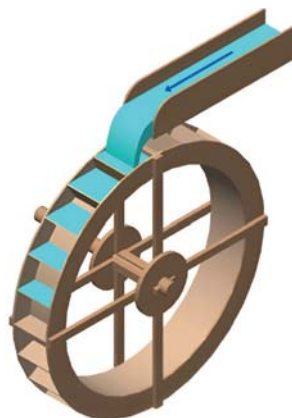
1. Silniki wodne i wiatrowe

Jeśli ciało posiada pewną energię mechaniczną, to ono może wykonywać pracę. Od czasów starożytnych człowiek próbował wynaleźć urządzenia, które wykonywałyby za niego ciężką lub monotonną pracę. Urządzenia zamieniające energię w pracę nazywane są *silnikami*. Obecnie intensywnie wykorzystywane są silniki spalinowe, odrzutowe czy elektryczne.

A wszystko zaczęło się od koła wodnego (rys. 38.1).

Takim urządzeniem jest silnik wodny, ponieważ zamienia energię kinetyczną wody na pracę mechaniczną. Zasada jego działania jest bardzo prosta — woda, spadając na łopatki koła, wprawia je w ruch obrotowy. Jeśli do osi koła przymocuje się jakieś urządzenie, to ono będzie wykonywać pracę. W starożytnym Egipcie wodę podnoszono na pola w celu nawadniania za pomocą przenośnika taśmowego z pojemnikami.

Po przymocowaniu do osi kamienia młyńskiego uzyskano młyn wodny (rys. 38.2).



Rys. 38.1.
Koło wodne



Rys. 38.2.
Młyn wodny

Na rzekach Ukrainy było wiele młynów wodnych, które działały do połowy XX wieku, do czasu wymiany silnika wodnego na elektryczny.

Oprócz wody mamy jeszcze jedno źródło darmowej energii – wiatr. Człowiek nauczył się z niego korzystać już dawno temu. Silnik wiatrowy to urządzenie, które zamienia energię kinetyczną wiatru na pracę mechaniczną. Używaliśmy go najczęściej w postaci wiatraka (rys. 38.3). Ukraińscy malarze przedstawiali wiatrak na wielu obrazach (rys. 38.4).



Rys. 38.3.
Wiatrak



Rys. 38.4.
«Krajobraz ukraiński», W. Orłowski

Zastanów się i odpowiedz

Porównaj młyn wodny i wiatrak. Który z nich jest skuteczniejszy i dlaczego?

2. Elektrownie wodne i wiatrowe

Silniki wodne i wiatrowe straciły na znaczeniu wraz z wynalezieniem **generatora** – urządzenia przetwarzającego energię mechaniczną na energię elektryczną, którą można przesyłać na duże odległości i tam już przy pomocy **silnika elektrycznego** można wykonywać pracę mechaniczną. Przekształciły się one w elektrownie wodne i elektrownie wiatrowe, których podstawą stał się generator.

Elektrownia wodna to urządzenie, które zamienia energię kinetyczną wody na energię elektryczną. Jej głównymi elementami są: turbina wodna i generator. Woda spadająca na łopatki turbiny wprawia ją w ruch obrotowy. Na tym samym wale co turbina znajduje się generator wytwarzający prąd elektryczny (rys. 38.5). Aby zwiększyć ilość produkowanej energii elektrycznej, konieczne jest, aby woda spadała

z większej wysokości. Osiąga się to poprzez podniesienie poziomu wody za pomocą tamy (rys. 38.6).

Ukraina posiada kaskadę dużych elektrowni wodnych na Dnieprze oraz wiele małych elektrowni wodnych, które dostarczają energię elektryczną do okolicznych terytoriów. Są zbudowane na małych rzekach. Pierwszą dużą elektrownią wodną na Ukrainie jest Dniprowska (rys. 38.7). Została zbudowana w roku 1932 nad Dnieprem w Zaporżu. Wiosną 2024 roku została uszkodzona przez wroga (Rosyjska Federacja).

Elektrownia Kachowska, położona 5 km od miasta Nowa Kachowka w obwodzie chersońskim, była szóstym i ostatnim stopniem Dnieprowskiej kaskady elektrowni wodnych. 6 czerwca 2023 roku okupanci (Federacja Rosyjska) wysadzili elektrownię wodną, powodując ekobójstwo na ogromną skalę, które grozi bezprecedensowymi konsekwencjami ekologicznymi dla południa Ukrainy i całego regionu Morza Czarnego.

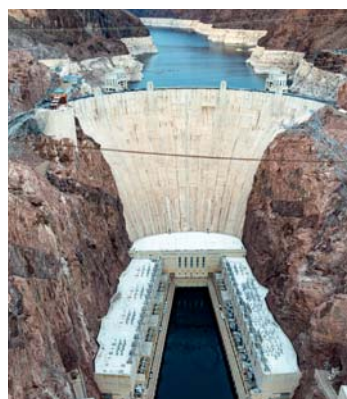
Instalacja przetwarzająca energię kinetyczną wiatru na energię elektryczną nazywa się **elektrownią wiatrową** (rys. 38.8).

Zasada działania elektrowni wiatrowej jest podobna do działania elektrowni wodnej: turbina wiatrowa obraca się pod wpływem uderzającego w nią strumienia powietrza. Prowadzi to do obrotu wirnika generatora i uzyskania energii elektrycznej (rys. 38.8).

Elektrownie wiatrowe należą do alternatywnych źródeł energii. Ich udział w całkowitej produkcji energii elektrycznej jest niewielki ze względu na wysoki koszt tej energii oraz fakt, że mogą pracować wyłącznie na wietrze. Dlatego turbiny wiatrowe budowane



Rys. 38.5. Generator wody



Rys. 38.6. Zapora elektrowni wodnej



Rys. 38.7. Dniprowska elektrownia wodna

są nad brzegiem morza, w górach lub w innych obszarach, gdzie często wieje wiatr.



Zastanów się i odpowiedz

Gdzie, Twoim zdaniem, na Ukrainie można budować turbiny wiatrowe? Sprawdź poprawność swoich przypuszczeń za pomocą atlasu.



Rys. 38.8.
Elektrownia wiatrowa

3. Wpływ elektrowni wodnych i wiatrowych na ekologię

Na pierwszy rzut oka zarówno elektrownie wodne, jak i wiatrowe nie są szkodliwe dla środowiska. Przecież korzystają z odnawialnych źródeł energii, nie zanieczyszczają powietrza i otoczenia, nie tworzą odpadów wymagających przetworzenia lub unieszkodliwienia. Jednak tak nie jest.

Aby zbudować elektrownię wodną, należy podnieść poziom wody, blokując rzekę zaporą. Ponieważ nasze tereny są w większości równinne, prowadzi to do zatapiania dużych obszarów. W efekcie tracimy grunty orne, podnosi się poziom wód gruntowych, obumiera roślinność, a zwierzęta zmuszone są szukać nowych siedlisk.

Tama na rzece uniemożliwia migrację ryb do miejsca przechodzenia tarła, powoduje zamulenie rzeki. Powstałe zbiorniki wodne mają małą głębokość, ich dno łatwo się nagrzewa, glony rosną bardzo szybko. Następnie obumierają, a produkty ich rozkładu zanieczyszczają wodę, zamieniając obszar przybrzeżny w bagno.

Elektrownie wiatrowe buduje się nad brzegiem morza lub w górach. Technika ich montażu rujnuje pierwotny krajobraz, niszczy roślinność i odstrasza zwierzęta. Wiatrak podczas swego obrotu powoduje pewne zanieczyszczenie hałasem, które niekorzystnie wpływa na organizmy żywe, a także utrudnia migrację ptaków wędrownych – wpadając pod łopatki turbiny one giną, przez co zmuszone są zmieniać swoje tradycyjne trasy.

Dlatego należy bardzo rzetelnie wybierać miejsca na budowę elektrowni wodnej czy wiatrowej, biorąc pod uwagę wszystkie negatywne czynniki, które mogą pojawić się na tym terenie.



Zapamiętaj

Silnik — urządzenie zamieniające energię na pracę mechaniczną.

Silnik wodny zamienia energię kinetyczną wody na pracę mechaniczną.

Silnik wiatrowy zamienia energię kinetyczną wiatru na pracę mechaniczną.

Generator — urządzenie zamieniające energię mechaniczną na energię elektryczną.

Elektrownia wodna to instalacja wytwarzająca energię elektryczną przy wykorzystaniu wody.

Elektrownia wiatrowa to instalacja wytwarzająca energię elektryczną za pomocą wiatru.

Silnik elektryczny to urządzenie zamieniające energię elektryczną na pracę mechaniczną.



Sprawdź się

1. Dlaczego woda i wiatr są odnawialnymi źródłami energii?

2. Monter, który przeprowadzał bieżące naprawy generatora wiatrowego, upuścił z rąk narzędzie o masie 2 kg, które upadło na ziemię i straciło 2,38 kJ energii. Określ wysokość turbiny wiatrowej.

Przyjmij, że $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

3. Co minutę na łopatkę turbiny wodnej spada 200 m^3 wody z wysokości 10 m. Określ moc elektrowni wodnej. Przyjmij, że $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.



Słowniczek terminów fizycznych

(do poszukiwania informacji w źródłach anglojęzycznych)

Silnik	Engine
Generator	Generator
Elektrownia	Power plant

Dokonaj samokontroli

Swobodna odpowiedź tekstowa «Maszyny proste»	https://learningapps.org/watch?v=peugbri0v23	
Wypełnić luki «Praca mechaniczna i moc. Energia»	https://learningapps.org/watch?v=p616082vc23	
Puzzle «Praca mechaniczna i moc. Energia»	https://learningapps.org/watch?v=ppzoc1pbj23	
«Rozwiąż zadanie»	https://learningapps.org/watch?v=prf44su8j23	
Fragmenty obrazu «Przemiany energii»	https://learningapps.org/watch?v=pu3322ee223	

Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)

Przykładowe tematy projektów:

- Dźwignie w ciele człowieka.
- Dźwignie w służbie człowieka.
- Maszyny proste Archimedesesa.
- Człowiek, energia, praca.
- Moc ucznia/uczennicy na lekcji wychowania fizycznego.
- Energetyka alternatywna.

Tabela gęstości substancji w stanie stałym
(w temperaturze 20°C, przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym)

Substancja	Gęstość		Substancja	Gęstość	
	kg/m ³	g/cm ³		kg/m ³	g/cm ³
Aluminium	2700	2,70	Miedź	8900	8,90
Beton	2200	2,20	Cyna	7300	7,30
Granit	2600	2,60	Nikiel	8900	8,90
Dąb suchy	800	0,80	Parafina	900	0,90
Żelazo	7800	7,80	Platyna	21 500	21,50
Złoto	19 300	19,30	Ołów	11 300	11,30
Iryd	22 400	22,40	Szkło	2500	2,50
Korek	240	0,24	Srebro	10 500	10,50
Kapron	1140	1,14	Sosna sucha	440	0,44
Kreda	2400	2,40	Stal	7800	7,80
Mosiądz	8500	8,50	Cegła	1400–1600	1,40–1,60
Lód	900	0,90	Cynk	7100	7,10
Marmur	2700	2,70	Żeliwo	7000	7,00

Tabela gęstości substancji w stanie ciekłym
(w temperaturze 20°C, przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym)

Substancja	Gęstość		Substancja	Gęstość	
	kg/m ³	g/cm ³		kg/m ³	g/cm ³
Aceton	790	0,79	Olej maszynowy	900	0,90
Benzyna	710	0,71	Miód	1350	1,35
Woda zwykła	1000	1,00	Ropa naftowa	800	0,80
Woda morską	1030	1,03	Olej	900	0,90
Nafta	800	0,80	Rtęć	13 600	13,60
Gliceryna	1260	1,26	Alkohol	800	0,80
Olej napędowy	840	0,84	Kwas siarkowy	1800	1,80

Tabela gęstości substancji w stanie gazowym
(w temperaturze 20°C, przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym)

Substancja	Gęstość		Substancja	Gęstość	
	kg/m ³	g/cm ³		kg/m ³	g/cm ³
Azot	1,250	0,00125	Tlen	1,430	0,00143
Wodór	0,090	0,00009	Powietrze	1,290	0,00129
Dwutlenek węgla	1,980	0,00198	Tlenek węgla	1,250	0,00125
Hel	0,180	0,00018	Chlor	3,210	0,00321

Orientacyjny algorytm pracy nad projektem

I. Planowanie projektu edukacyjnego.

1. Utworzenie grupy projektowej.
2. Wybór tematu projektu.
3. Sformułowanie problemu projektowego.
4. Określenie celów projektu.
5. Podział obowiązków i zadań pomiędzy uczestnikami co do realizacji celów projektu wraz z układaniem planu pracy i uwzględnieniem ram czasowych.

II. Realizacja projektu edukacyjnego.

1. Realizacja zadań wynikających z planu pracy.
2. Przygotowanie publicznej prezentacji wyników pracy.

III. Publiczna prezentacja projektu.

IV. Ocena projektu (*ocena pracy własnej i współpracy w zespole*).








Pytania orientacyjne do oceny własnej pracy i współpracy w zespole









1. Czego się nauczyłem/nauczyłam?
2. Jakie umiejętności i zdolności nabyłem/nabyłam podczas pracy nad projektem?
3. Co sprzyjało pracy nad projektem?
4. Co przeszkadzało w pracy nad projektem?
5. Jakie były zalety/wady pracy zespołowej?
6. Czy jestem zadowolony/zadowolona rezultatem pracy grupy nad projektem i własnym wkładem w niego?
7. Gdybym musiał/musiała rozpocząć nowy projekt, co zrobiłbym/zrobiłabym inaczej?









Przybliżony paszport projektu




Nazwa Projektu	
Uczestnicy projektu	
Argumentacja co do wybranego tematu	
Problem	
Cele projektu	
Opis (krok po kroku) działań dotyczących realizacji projektu	
Uzyskany wynik	
Wnioski	
Ocena projektu	
Wykorzystane zasoby (<i>lista linków i wykorzystanych źródeł informacji</i>)	

Materiały wideo

Paragraf	Link	Kod QR
§ 2	Zjawiska fizyczne https://academiabook.club/f7/2.mp4	
§ 6	Ściśnięte cylindry pod obciążeniem https://academiabook.club/f7/6.mp4	
§ 7	Zależność prędkości dyfuzji w cieczech od temperatury https://academiabook.club/f7/7.mp4	
§ 9	Rodzaje torów https://academiabook.club/f7/9.mp4	
§ 13	Tellurium https://academiabook.club/f7/13.mp4	
§ 14	Oddziaływanie ciał https://academiabook.club/f7/14_1.mp4	
	Bezwładność i inercja https://academiabook.club/f7/14_2.mp4	

§ 15	Budowa i zasada działania areometru https://academiabook.club/f7/15.mp4	
§ 16	Mierzenie siły za pomocą siłomierza https://academiabook.club/f7/16.mp4	
§ 18	Siła ciężkości https://academiabook.club/f7/18.mp4	
§ 19	Rodzaje odkształceń https://academiabook.club/f7/19_1.mp4	
	Ciężar i nieważkość https://academiabook.club/f7/19_2.mp4	
§ 20	Tarcie i jego rodzaje https://academiabook.club/f7/20.mp4	
§ 21	Ciśnienie ciał stałych https://academiabook.club/f7/21.mp4	
§ 22	Ciśnienie gazów https://academiabook.club/f7/22.mp4	

§ 23	Naczynia połączone https://academiabook.club/f7/23_1.mp4	
	Manometr cieczowy (budowa i zasada działania) https://academiabook.club/f7/23_2.mp4	
§ 24	Eksperyment magdeburski https://academiabook.club/f7/24.mp4	
§ 26	Zależność siły wyporu od gęstości cieczy, do jakiej zanurzono ciało https://academiabook.club/f7/26_1.mp4	
	Zależność siły wyporu od gęstości ciała w niej zanurzonego https://academiabook.club/f7/26_2.mp4	
	Zależność siły wyporu od objętości ciała w niej zanurzonego https://academiabook.club/f7/26_3.mp4	
	Głębokość zanurzenia ciała i siła wyporu https://academiabook.club/f7/26_4.mp4	
	Budowa i zasada działania areometru https://academiabook.club/f7/26_5.mp4	

§ 27	Warunki pływania ciał https://academiabook.club/f7/27.mp4	
§ 29	Żegluga powietrzna https://academiabook.club/f7/29.mp4	
§ 32	Maszyny proste w działaniu https://academiabook.club/f7/32.mp4	

Odpowiedzi do zadań rubryki «Sprawdź się»

Para- graf	Zadanie	Odpowiedź
§ 9	3	Droga — 6 km; przemieszczenie — 0 km
	4	Droga — 2 m; przemieszczenie — 1 m
§ 10	1	30 m/s; 0,54 m/s; 0,0009 m/s
	2	8640 m
	3	50 s
	4	12,8 minuty
§ 11	2	Ruch jednostajny; motocykl; 450 m, 600 m
§ 12	1	1,5 m/s; 3,08 m/s
	2	1,77 h
§ 14	2	0,025 kg
§ 15	1	0,9 kg
	2	1,2 m ³
	3	Ma, ponieważ jej gęstość jest mniej- sza od wartości podanej w tabeli
	4	2,925 kg
§ 16	2	0,1 N/podziałka; 1,4 N
§ 17	1	100 N; 20 N
	2	30 N; 270 N
§ 18	3	0,0018 kg
§ 19	5	4 N
	6	0,5 kg
§ 21	4	400 000 Pa
	5	500 N
	6	0,01 m ²

§ 22	3	3883 m
	4	W morzu
§ 23	1	≈ 3 cm
	2	13 600 Pa
	3	50 razy
§ 24	2	≈ 11 m
§ 25	1	1523 m
	2	715 mm sł. rt.
	3	570 mm sł. rt.
§ 26	1	0,3 N
	2	800 kg/m ³ — to może być nafta lub ropa naftowa
	3	0,0004 m ³
	4	≈ 0,01 kg
§ 27	5	4 N
§ 28	2	45 MN
§ 29	1	2,25 mN
	2	1225 kg
§ 30	3	0,45 N
	4	8500 N
	5	4,5 J
§ 31	3	10 kW
§ 32	2	2,5 N
	3	0,9 m
§ 34	1	30 kg
	2	84 kg
§ 35	3	72 %
§ 36	2	2,25 J
	3	3 m
	4	93750 J
§ 37	2	20 J
	3	120 J
§ 38	2	129 m
	3	≈ 333 kW

TREŚĆ

Instrukcja zasad bezpieczeństwa podczas zajęć lekcyjnych w pracowni fizycznej.....	5
--	---

Rozdział I. Fizyka i astronomia — nauki o przyrodzie

§ 1. Fizyka i astronomia jako nauki przyrodnicze. Twórcy nauki fizycznej	8
§ 2. Metody badania przyrody. Ciała fizyczne i zjawiska fizyczne	10
§ 3. Mikro-, makro- i megaświat. Rozwój poglądów o budowie Układu Słonecznego. Rola astronomii w poznawaniu ciał megaświata	15
§ 4. Wielkości fizyczne i jednostki ich miary. Międzynarodowy układ jednostek SI	20
§ 5. Przyrządy do pomiaru wielkości fizycznych. Wartość podziałki przyrządu pomiarowego	24
<i>Praca laboratoryjna nr 1</i>	29
<i>Praca laboratoryjna nr 2</i>	30
§ 6. Substancje w przyrodzie. Atomy i molekuły. Ich ruch i oddziaływanie	32
§ 7. Stany skupienia substancji. Ruch Browna. Dyfuzja. Osmoza	36
<i>Praca laboratoryjna nr 3</i>	42
Dokonaj samokontroli	44
Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)	44

Rozdział II. Ruch mechaniczny i jego charakterystyki

§ 8. Ruch mechaniczny. Względność ruchu. Ciało odniesienia. Układ odniesienia. Punkt materialny	46
§ 9. Tor. Droga. Przemieszczenie	50
§ 10. Ruch prostoliniowy jednostajny. Prędkość	52
§ 11. Graficzne przedstawienie jednostajnego ruchu prostoliniowego	55
§ 12. Ruch niejednostajny. Prędkość chwilowa. Prędkość średnia	58

§ 13. Ruch ciał niebieskich	62
Dokonaj samokontroli	66
Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)	66

Rozdział III. Siły w przyrodzie

§ 14. Oddziaływanie ciał. Zjawisko inercji. Przejawy inercji w życiu codziennym i technice. Bezwładność. Masa jako miara bezwładności ciała. Pomiar masy	68
§ 15. Gęstość substancji	72
<i>Praca laboratoryjna nr 4</i>	75
§ 16. Siły. Pomiar sił. Siłomierz	77
§ 17. Graficzny obraz sił. Dodawanie sił	81
§ 18. Powszechne ciężenie. Siła ciężkości. Oddziaływanie ciał Układu Słonecznego. Galaktyki. Metagalaktyka	83
§ 19. Odształcenie ciał. Rodzaje odształceń. Siła sprężystości. Ciężar ciała	87
§ 20. Tarcie. Siły tarcia. Tarcie w przyrodzie i technice	92
<i>Praca laboratoryjna nr 5</i>	96
Dokonaj samokontroli	98
Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)	98

Rozdział IV. Ciśnienie ciał stałych, cieczy i gazów

§ 21. Ciśnienie. Jednostki ciśnienia. Sposoby zmiany ciśnienia	100
§ 22. Ciśnienie cieczy i gazów. Prawo Pascala	103
§ 23. Naczynia połączone. Manometry. Prasa hydrauliczna	107
§ 24. Ciężar powietrza. Ciśnienie atmosferyczne. Doświadczenie Torricellego	112
§ 25. Barometr aneroidowy. Zmiana ciśnienia atmosferycznego wraz z wysokością. Wysokościomierz	116
§ 26. Wpływ cieczy i gazu na zanurzone w nich ciało. Siła Archimedesesa	121
§ 27. Warunki pływania ciał	126
<i>Praca laboratoryjna nr 6</i>	129

§ 28. Pływanie statków	131
§ 29. Żegluga powietrzna	136
Dokonaj samokontroli	142
Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)	142

Rozdział V. Praca mechaniczna i moc. Energia

§ 30. Praca mechaniczna	144
§ 31. Moc	147
§ 32. Maszyny proste. Dźwignia. Równowaga sił na dźwigni. Moment siły	151
<i>Praca laboratoryjna nr 7</i>	156
§ 33. Maszyny proste w przyrodzie i technice	157
§ 34. Bloki. «Złota zasada» mechaniki	160
§ 35. Sprawność maszyn	164
<i>Praca laboratoryjna nr 8</i>	167
§ 36. Energia mechaniczna i jej rodzaje	169
§ 37. Przemiana jednego rodzaju energii mechanicznej w inny. Zasada zachowania energii mechanicznej	172
§ 38. Energia rzek i wiatru. Ekologiczne charakterystyki źródeł energii	175
Dokonaj samokontroli	180
Wykonaj projekt zgodnie z algorytmem (załącznik 2)	180

Załącznik

1. Tabela gęstości	181
2. Orientacyjny algorytm pracy nad projektem	182
3. Pytania orientacyjne do oceny własnej pracy i współpracy w zespole	182
4. Przybliżony paszport projektu	183
Materiały wideo	184
Odpowiedzi do zadań rubryki «Sprawdź się»	188

Навчальне видання

**МАКСИМОВИЧ Зоряна Юріївна
БЛИК Марія Михайлівна
ВАРЕНИЦЯ Ліана Володимирівна
КОВАЛЬ Галина Степанівна
МИКИТЕЄК Ольга Михайлівна
ОРДИНОВИЧ Марія Богданівна
ШЕВЦІВ Василь Федорович**

ФІЗИКА

**Підручник для 7 класу
з навчанням польською мовою
закладів загальної середньої освіти**

*Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України*

**Видано за державні кошти.
Продаж заборонено**

Підручник відповідає Державним санітарним нормам і правилам
«Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей»

У підручнику з навчальною метою використано деякі ілюстративні матеріали,
що перебувають у вільному доступі в мережі «Інтернет».

Переклад з української мови

Перекладачі *Ганна Юріївна Мельник, Віолета Тадеушівна Ільчук*

Польською мовою

Редактори, коректори *Г. Ю. Мельник, В. Т. Ільчук*
Дизайн (композиція палітурки, титульного аркуша,
внутрішнього блоку) книжки *В. М. Штогриня*
Ілюстрації *Н. В. Максимович, Р. О. Самка*
Комп'ютерна верстка *Н. Л. Ленської*
Відеоматеріали *І. В. Коваль, Г. С. Коваль, Д. Є. Богданов,
М. Б. Ординович, В. Ю. Кравець, С. Т. Вітик, С. Т. Онишко*

Формат 70×100/16. Ум. друк. арк. 15,6. Обл.-вид. арк. 8,25.
Наклад 112 прим. Зам.

Видавничий центр «Академія»,
03057, м. Київ, вул. Олександра Довженка, б. 3.
Тел./факс: (044) 456-84-63. E-mail: academia.book@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 7175 від 02.11.2020 р.

Видруковано в АТ «Харківська книжкова фабрика "Глобус"
корпоративне підприємство ДАК "Укрвидавполіграфія"»,
вул. Різдва, 11, м. Харків, 61012.

Свідоцтво серія ДК № 7032 від 27.12.2019 р.

$$v = \frac{S}{t} \quad S = vt$$
$$t = \frac{S}{v} \quad v_{sr} = \frac{S}{t}$$



$$V = \frac{m}{\rho} \quad m = \rho V$$
$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$F_c = mg$$

$$P = mg$$

$$g = 9,8 \frac{N}{kg}$$

$$p = \frac{F}{S} \quad F = pS$$

$$p = \rho gh$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$
$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

$$F_A = \rho_{\text{cieczy}} g V_{\text{zan. części ciała}}$$

$$A = FS$$

$$N = \frac{A}{t}$$

$$A = Nt$$

$$N = Fv$$

$$M_1 = M_2 \quad M = Fl$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$\eta = \frac{A_u}{A_c} \cdot 100 \%$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_p = mgh$$

$$E_c = E_k + E_p$$



Fizyka

