

Prawo Pascala

Wprowadzenie do prawa Pascala. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

Zasób zawiera: informacje o kinetycznej teorii gazów; opis doświadczenia, w którym należy zbadać, czy ciśnienie wywołane siłą zewnętrzną jest takie samo w całej objętości cieczy; sformułowanie prawa Pascala i zadanie interaktywne typu prawda/fałsz składające się z trzech sformułowań dotyczących prawa Pascala.

Zasób zawiera: informację, że prawo Pascala znalazło szerokie zastosowanie w konstrukcji pras, podnośników, pomp i hydraulicznych układów hamulcowych; nagranie wideo pt. Prasa hydrauliczna z wnioskiem; opis doświadczenia, którego celem jest wykonanie prostego modelu układu hydraulicznego wraz z załącznikiem - opisem doświadczenia; zadanie z luką (miejscem do wypełnienia) i ciekawostką dotyczącą prasy hydraulicznej.

Zasób zawiera: objaśnienie procesu sprężania gazu, nagranie wideo pt. Sprężanie gazu, nagranie wideo pt. Kompresor, wyjaśniające proces sprężania gazu przez zwiększenie ilości cząsteczek przy zachowaniu stałej objętości zajmowanej przez gaz; zadanie interaktywne sprężania za pomocą pompki rowerowej.

Podsumowanie tematu Prawo Pascala. Zasób zawiera sześć sformułowań podsumowujących i trzy polecenia dla ucznia.

Słowniczek zawiera terminy: kinetyczna teoria gazów, podnośnik hydrauliczny, pompa hydrauliczna, prasa hydrauliczna, sprężanie gazu, układ hamulcowy

Zasób zawiera dwa zadania wyboru odpowiedzi sprawdzające znajomość prawa Pascala.

Prawo Pascala

Fizyka jest użyteczna. Nie wierzysz? To spróbuj bez lewarka wymienić przebitą oponę w samochodzie, bez pompki napompować dętkę rowerową albo zatrzymać samochód nogą, a nie hamulcem! Dasz radę? Jeśli tak, to nie musisz już dalej czytać.



Aby zrozumieć, dlaczego woda dociera do naszego kranu, należy znać jedno z praw dotyczących ciśnienia w cieczy

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com>, licencja: CC BY 3.0.

Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- definicja ciśnienia;
- podstawowa jednostka ciśnienia w układzie SI;
- definicja ciśnienia hydrostatycznego;
- jak obliczyć ciśnienie hydrostatyczne, które zależy od wysokości słupa cieczy i jej gęstości;
- definicja ciśnienia atmosferycznego wywieranego przez gazową powłokę Ziemi;
- od czego zależy ciśnienie atmosferyczne i w jaki sposób zmienia się ono wraz z wysokością;
- czy ciśnienie atmosferyczne jest stałe;
- definicja ciśnienia normalnego;
- przyrządy służące do pomiaru ciśnienia atmosferycznego;
- przyrządy służące do pomiaru ciśnienia wywieranego przez gazy.

Ich opracowanie znajdziesz materiały [Ciśnienie. Ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczne](#).

Nauczysz się

- treści prawa Pascala, które mówi, że ciśnienie zewnętrzne wywierane na gazy i ciecze przekazywane jest w całej ich objętości i jednakowo we wszystkich kierunkach;
- przeprowadzać proste doświadczenia potwierdzające słuszność prawa Pascala;
- wymieniać i opisywać urządzenia, w których prawo Pascala znalazło swoje zastosowanie.

Ciśnienie w cieczech i gazach

Mimo, że ciecze i gazy wykazują wiele podobieństw, to jednak rządzą się różnymi prawami. Cząsteczki gazów znajdują się w bezustannym i chaotycznym ruchu, zderzają się wzajemnie oraz ze ściankami naczynia, w którym się znajdują. Podlegają regułom [kinetycznej teorii gazów](#).

W cieczech oddziaływania między cząsteczkami są znacznie silniejsze niż w gazach, ale słabsze niż w ciałach stałych. O położeniu molekuly decyduje jej otoczenie. Każda zmiana rozmieszczenia sąsiadujących cząsteczek może spowodować przejście molekuly do nowej lokalizacji. Ten mechanizm pozwala cząsteczkom przemieszczać się w całej objętości cieczy, jest jednak różny od tego obserwowanego w gazach.

Fakt, że cząsteczki zarówno w gazach, jak i cieczech mogą poruszać się we wszystkich kierunkach, był podstawą prawa Pascala, sformułowanego doświadczalnie w XVII wieku.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy ciśnienie wywołane siłą zewnętrzną jest takie samo w całej objętości cieczy?

Hipoteza

Jeżeli na ciecz lub gaz będziemy wywierać parcie z zewnątrz, to wytworzy ono w cieczy lub gazie dodatkowe ciśnienie jednakowe w całej objętości tej cieczy lub gazu.

Co będzie potrzebne

- strzykawka z grubą igłą;
- igła lub szpilka;
- woda;
- piłeczka pingpongowa.

Instrukcja

1. Za pomocą szpilki wykonaj otwory w piłeczce – równomiernie na całej jej powierzchni.
2. Nabierz wodę do strzykawki.
3. Przebij powierzchnię piłeczki igłą i wsuń ją dość głęboko.
4. Napełnij piłeczkę wodą ze strzykawki. Jeśli wody w strzykawce nie wystarczy, odłącz ją od igły, nabierz do niej ponownie wodę, połącz z igłą i napełniaj piłeczkę, aż ta będzie

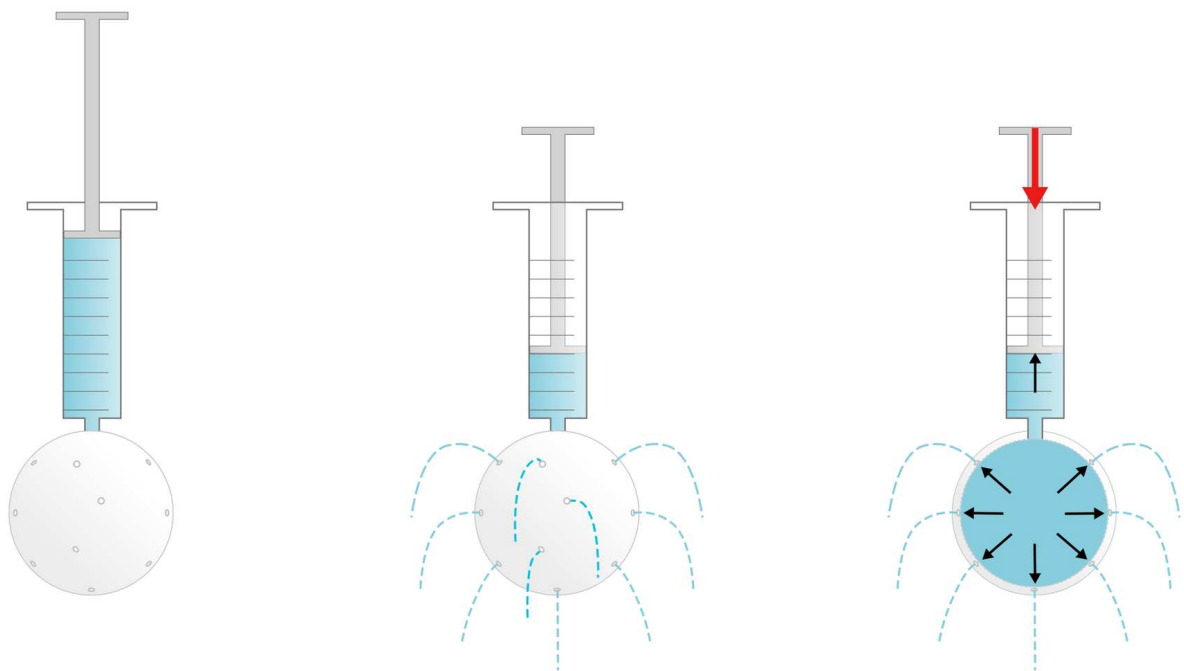
pełna.

5. Gdy piłeczka i strzykawka zostaną wypełnione wodą, naciśnij tłok strzykawki.
6. Obserwuj strumienie wody tryskające z otworów na powierzchni piłeczki.

Podsumowanie

Siła, z jaką naciskamy na tłok strzykawki, wytwarza takie samo ciśnienie w całej objętości cieczy. Widzimy, że z każdego otworu piłeczki (położonego na dole, z boku, u góry) woda tryska tak samo. Pokazuje to, że we wszystkie strony działa takie samo parcie, wywołane naciskaniem tłoka.

Demonstracja



Gdy działa określonej wielkości siła zewnętrzna, ciśnienie wody wywierane na wewnętrzną ściankę piłeczki jest takie samo w każdym jej punkcie

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Reguła: prawo Pascala

Jeżeli na ciecz lub gaz będziemy wywierać parcie z zewnątrz, to wytworzy ono w cieczy lub gazie dodatkowe ciśnienie jednakowe w całej objętości tej cieczy lub tego gazu.

Opisana przez prawo Pascala właściwość cieczy i gazów wynika z faktu, iż w tych ciałach oddziaływania międzycząsteczkowe mogą być przenoszone jednakowo we wszystkich kierunkach. Ciśnienie wytworzone w zbiorniku będzie jednakowe i równe ciśnieniu zewnętrznemu.

Ćwiczenie 1



Oceń prawdziwość poniższych zdań. Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz „Prawda” albo „Fałsz”.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Ciśnienie zewnętrzne rozchodzi się w cieczach we wszystkich kierunkach, natomiast w gazach tylko zgodnie z kierunkiem działania siły zewnętrznej.	☐	☐
W cieczach i w gazach ciśnienie zewnętrzne przekazywane jest we wszystkich kierunkach, ale słabiej ku górze niż ku dołowi naczynia.	☐	☐
W cieczach i w gazach ciśnienie zewnętrzne przekazywane jest jednakowo we wszystkich kierunkach.	☐	☐

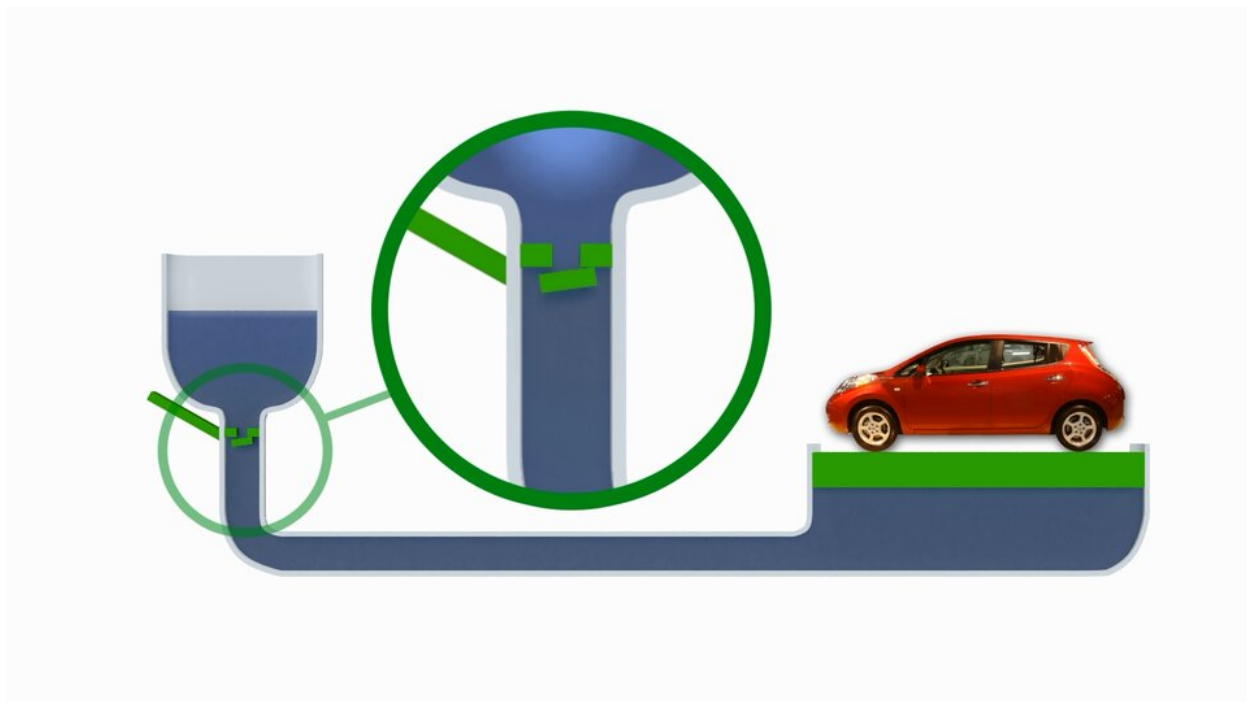
Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Zastosowanie prawa Pascala

Prawo Pascala znalazło szerokie zastosowanie w konstrukcji [pras](#), [podnośników](#), [pomp](#) i hydraulicznych [układów hamulcowych](#).

Zasada działania podnośnika hydraulicznego opiera się na prawie Pascala.

Jego zadaniem jest zwielokrotnienie zewnętrznej siły nacisku i wykorzystanie jej do wykonania pracy.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1AWl13CchEt6>

Zasada działania podnośnika hydraulicznego i jego zastosowanie

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Animacja przedstawia zasadę działania i zastosowanie podnośnika hydraulicznego.

Ciśnienie cieczy w prasie hydraulicznej jest równe – jak definicja ciśnienia głosi – sile nacisku podzielonej przez powierzchnię, na którą działa. Czyli naciskając na tłok z siłą F_1 na powierzchnię mniejszego tłoka S_1 wywrzemy pewne ciśnienie p . Ciśnienie to jest takie samo wewnątrz całego zbiornika z cieczą. Także na większym tłoku. Jednakże możemy także zauważyć, że ciśnienie na większym tłoku powinno także dać się zapisać jako stosunek siły F_2 do powierzchni S_2 . Stąd możemy zapisać następującą równość:

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

Obecnie prasa hydrauliczna przyczynia się do rozwoju rynku samochodowego. Pozwala ona na szybką i sprawną produkcję części karoserii samochodowej, którą tłoczy się z fragmentów płaskiej blachy.



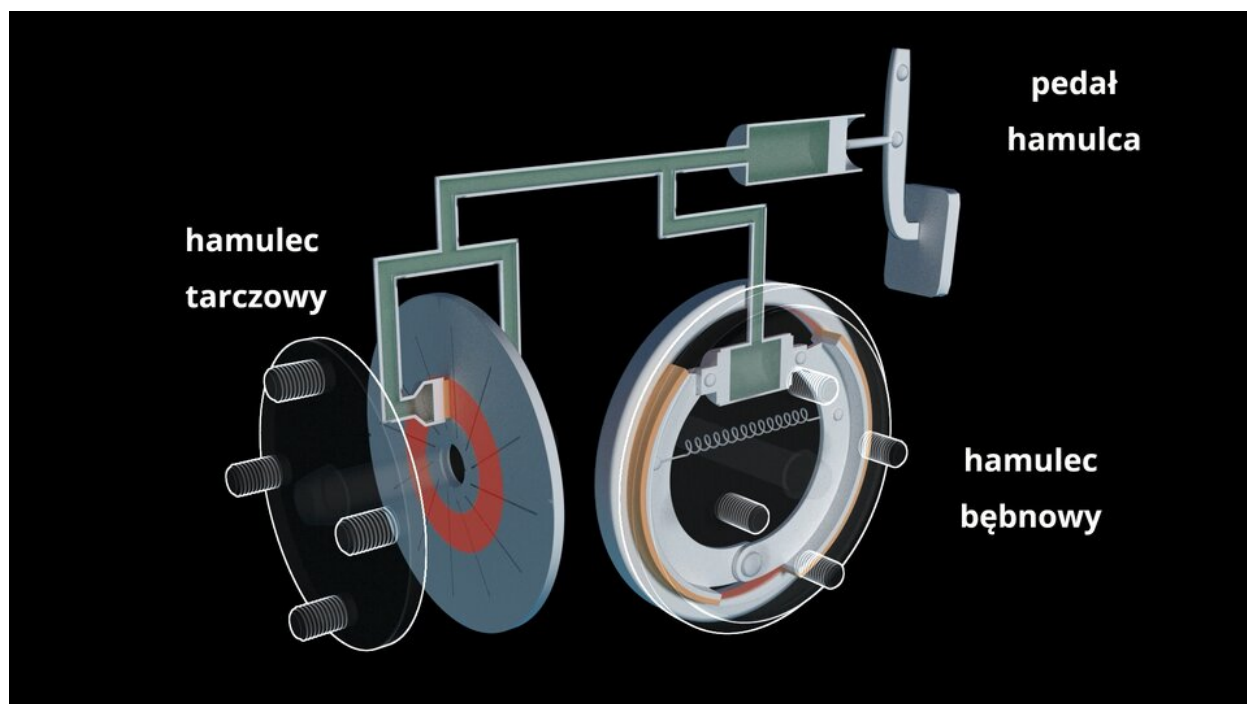
Film dostępny pod adresem </preview/resource/RGgv6wOhYKpng>

Prasa hydrauliczna wytłaczająca elementy karoserii samochodowej

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Animacja prezentująca tłoczenie blachy samochodowej.

Układy hydrauliczne możemy znaleźć także we współczesnych samochodach – zarówno przednie, jak i tylne hamulce są hamulcami hydraulicznymi.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RIX19JqN6fWS1>

Zasada działania hamulców hydraulicznych w samochodach osobowych

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Animacja przedstawia zasadę działania hamulców hydraulicznych w samochodach osobowych.

Doświadczenie 2

Prosty model układu hydraulicznego

Co będzie potrzebne

- dwie strzykawki;
- gumowy elastyczny wężyk o średnicy pozwalającej nasadzić go szczelnie na końcówki strzykawek;
- woda.

Instrukcja

1. Napełnij pierwszą strzykawkę wodą.
2. Na drugą strzykawkę nałóż wężyk i nabierz do niego wody.
3. Nałóż wolny koniec wężyka na pierwszą strzykawkę i naciśnij jej tłok.
4. Uważaj, by w układzie nie było pęcherzyków powietrza. Małe pęcherzyki nie przeszkodzą, natomiast duże utrudnią działanie naszego modelu. Czy wiesz dlaczego?

Podsumowanie

Nacisk na tłok spowodował, że ciśnienie wody w strzykawce wzrosło. Zgodnie z prawem Pascala ciśnienie w wężyku spowodowało nacisk na tłok drugiej strzykawki i w rezultacie go podniosło.



Uzupełnij lukę w zdaniu, wpisując słowo **większa** lub **mniej**.

Dwie strzykawki połączono ze sobą wężykiem. W jednej strzykawce i w wężyku zamknięta jest pewna ilość wody. Jeżeli strzykawka z wodą ma średnicę 2 razy mniejszą od strzykawki bez wody, to w trakcie wsuwania jej tłoka do środka siła jaka będzie działać na tłok strzykawki bez wody, będzie cztery razy niż siła wsuwająca tłok strzykawki z wodą.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

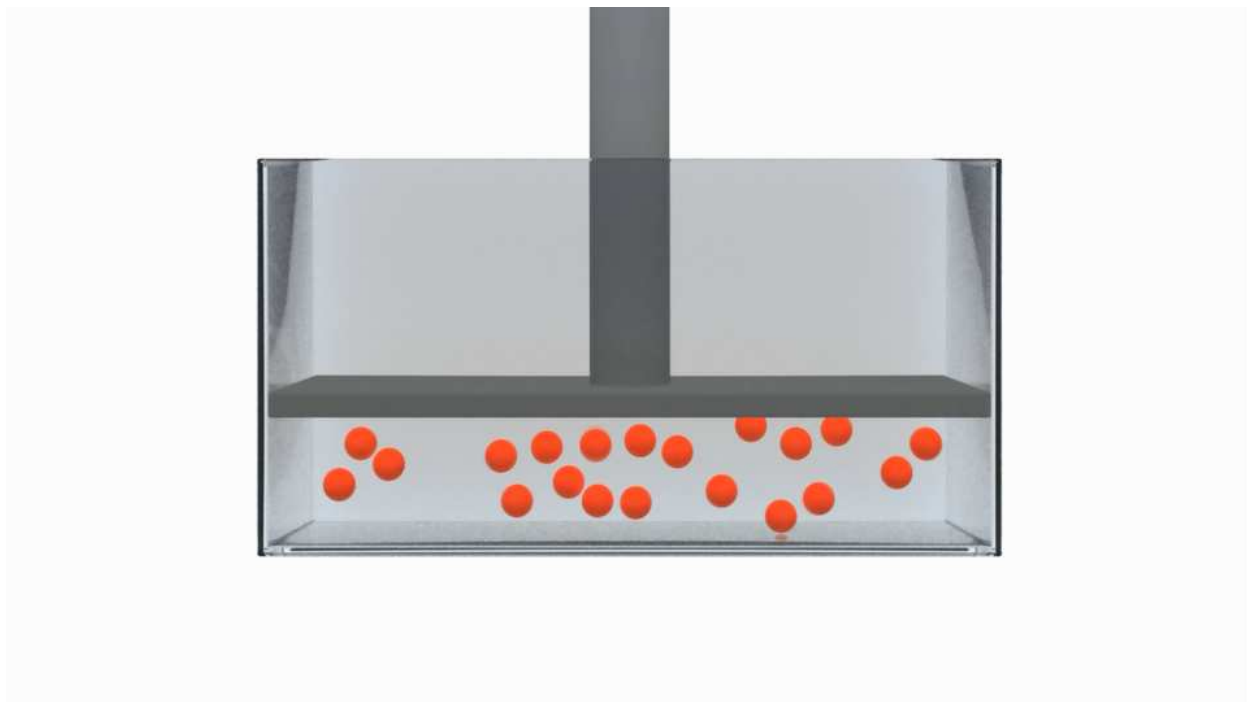
Ciekawostka

Teoria funkcjonowania prasy hydraulicznej powstała w 1651 r., ale w praktyce wykorzystano ją dopiero w 1820 r.! Posłużyła ona do wyciskania ołowianych rur, które wykorzystano w instalacjach wodnych.

Jak sprężamy gazy?

Sprężanie gazu polega na zwiększeniu jego ciśnienia. Jeżeli nie wzrośnie przy tym temperatura gazu, to można sprężyć go na dwa sposoby.

Pierwszy polega na zmniejszeniu objętości zbiornika, w którym znajduje się gaz. Wtedy wzrasta częstotliwość uderzeń cząsteczek w ścianki zbiornika. Wzrasta również średnia siła działająca na te ścianki, co prowadzi do wzrostu ciśnienia. Można to zaobserwować na przykładzie niezbyt mocno napompowanego balonika. Jego powierzchnia daje się łatwo ugniatać. Gdy jednak ściśniemy część balonika, to pozostała część będzie miała mniejszą objętość, ale powierzchnia będzie twardsza.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RaeYRTkq1PvVC>

Sprężanie gazu przez zmniejszenie jego objętości

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Animacja przedstawia sprężanie gazu przez zmianę jego objętości.

Drugą metodą **sprężania gazu** jest zwiększenie ilości cząsteczek przy zachowaniu stałej objętości zajmowanej przez gaz.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R16lauNBEcphW>

Sprężanie gazu w stałej objętości przez zwiększanie liczby cząstek

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Animacja przedstawia sprężanie gazu w stałej objętości przez zwiększanie liczby cząstek.

Wraz ze zwiększaniem się ilości cząsteczek gazu zderzają się one częściej ze ściankami naczynia i wywierają na nie większe ciśnienie. Im bardziej sprężamy gaz, tym większe jest jego ciśnienie.

Ćwiczenie 3



Oceń, czy poniższe zdania są prawdziwe, czy fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Do sprężania gazu może dochodzić w pompce rowerowej, gdy wsuwamy jej tłok do środka przy zatkanym wylocie pompki	☐	☐
Pompka rowerowa nie może posłużyć do sprężania gazu.	☐	☐
Pompka poprzez dostarczanie gazu do wnętrza dętki rowerowej spręża powietrze we wnętrzu dętki.	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Jeżeli na ciecz lub gaz będziemy wywierać parcie z zewnątrz, to wytworzy ono w cieczy lub gazie dodatkowe ciśnienie jednakowe w całej objętości tej cieczy lub tego gazu. Mówimy, że ciśnienie zewnętrzne wywierane na ciecz rozchodzi się we wszystkich kierunkach jednakowo. Prawo to sformułował Blaise Pascal i od jego nazwiska nosi nazwę.
- Prawo Pascala znalazło szerokie zastosowanie m.in. w konstrukcji pras, podnośników, pomp i hydraulicznych układów hamulcowych.
- Fizyczna zasada działania prasy hydraulicznej wykorzystuje prawo Pascala. Zadaniem prasy jest wielokrotnienie zewnętrznej siły nacisku i wykorzystanie jej do wykonania pracy. Prasa hydrauliczna jest w praktyce najważniejszym elementem każdego siłownika.
- Wartość siły F_2 uzyskanej za pomocą prasy jest tyle razy większa od siły F_1 działającej z zewnątrz na tłok, ile razy powierzchnia S_2 większego tłoka jest większa od powierzchni S_1 mniejszego tłoka.
$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$
- Sprężanie gazu polega na zwiększeniu jego ciśnienia. Można to zrobić na dwa sposoby. Pierwszy polega na zmniejszeniu objętości zbiornika, w którym znajduje się gaz. Drugą metodą sprężania gazu jest zwiększenie ilości cząsteczek przy zachowaniu stałej

objętości gazu. W obu przypadkach cząsteczki częściej uderzają w ścianki zbiornika i w ten sposób zwiększają ciśnienie.

Zobacz także

[Ciśnienie. Ciśnienie hydrostatyczne i atmosferyczne](#)

[Cząsteczkowa budowa materii](#)

Ćwiczenia podsumowujące

Ćwiczenie 4



Duży tłok podnośnika hydraulicznego unosi masę 450 kg, gdy na mały tłok działa siła o wartości 150 N. Ile wynosi powierzchnia małego tłoka, jeśli powierzchnia dużego tłoka jest równa 60 cm²? Przyjmij, że przyspieszenie ziemskie wynosi 10 $\frac{\text{N}}{\text{kg}}$. Zaznacz poprawną odpowiedź.

☐ $S = 7 \text{ cm}^2$

☐ $S = 2 \text{ cm}^2$

☐ $S = 1 \text{ cm}^2$

☐ $S = 3 \text{ cm}^2$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5



Szczepionka wstrzykiwana jest przez igłę strzykawki z siłą 0,01 N. Tłoczek strzykawki ma powierzchnię 3 cm², a działająca na niego siła wynosi 6 N. Ile wynosi pole powierzchni przekroju otworu igły? Zaznacz poprawną odpowiedź.

☐ $S = 0,05 \text{ cm}^2$

☐ $S = 0,09 \text{ cm}^2$

☐ $S = 0,005 \text{ cm}^2$

☐ $S = 0,02 \text{ cm}^2$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6



Mały tłok siłownika hydraulicznego o powierzchni 5 cm^2 pod działaniem siły o wartości 250 N przesunie się o 8 cm . O ile przesunie się duży tłok siłownika mający powierzchnię 20 cm^2 ? Zaznacz poprawną odpowiedź.

☐ $h = 0,8 \text{ cm}$

☐ $h = 3,2 \text{ cm}$

☐ $h = 2,4 \text{ cm}$

☐ $h = 2 \text{ cm}$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7



Uczennice i uczniowie rozmawiają o tym, jak pompuje się balonik. Oceń, czy ich stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Wypowiedź	Prawda	Fałsz
Asia: Balonik podczas pompowania rozszerza się we wszystkie strony, ponieważ wraz z wdmuchiwanym powietrzem ciśnienie wywierane na balonik zwiększa się we wszystkich kierunkach.	☐	☐
Krysia: W przypadku rozszerzającego się w trakcie pompowania balonika prawo Pascala nie jest spełnione, ponieważ dotyczy tylko cieczy.	☐	☐
Monika: Balonik rozszerza się we wszystkie strony w czasie pompowania zgodnie z tym, co przewiduje prawo Pascala.	☐	☐

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8



Dokończ zdanie, wybierając poprawną odpowiedź.

Urządzenie działające zgodnie prawem Pascala i zwielokrotniające siłę działania, to

☐ prasa hydrodynamiczna.

☐ prasa hydrauliczna.

☐ prasa hydrostatyczna.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Słowniczek

kinetyczna teoria gazów

dział fizyki statystycznej, zajmujący się wyjaśnieniem makroskopowych właściwości gazów na podstawie praw rządzących ruchem atomów, cząsteczek, jonów, elektronów itp.

podnośnik hydrauliczny

urządzenie, którego zasada funkcjonowania opiera się na prawie Pascala; służy do podnoszenia przedmiotów o dużym ciężarze.

pompa hydrauliczna

urządzenie, którego zadaniem jest utrzymywanie wysokiego poziomu ciśnienia oleju w układach hydraulicznych.

prasa hydrauliczna

urządzenie zwielokrotniające siłę nacisku, działające zgodnie z prawem Pascala.

sprężanie gazu

zwiększanie ciśnienia gazu znajdującego się w zamkniętym pojemniku; polega albo na zmianie objętości pojemnika, albo na zwiększeniu ilości cząsteczek (atomów) gazu przy zachowaniu stałej objętości.

układ hamulcowy

hydrauliczny system zatrzymywania pojazdów znajdujących się w ruchu lub utrzymywania ich w spoczynku; zasada działania układu hamulcowego (podobnie jak prasy hydraulicznej) opiera się na prawie Pascala.