

## Wyznaczanie gęstości materii

# Wyznaczanie gęstości materii

---

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



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

Źródło: Bionerd, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY 3.0.

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

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

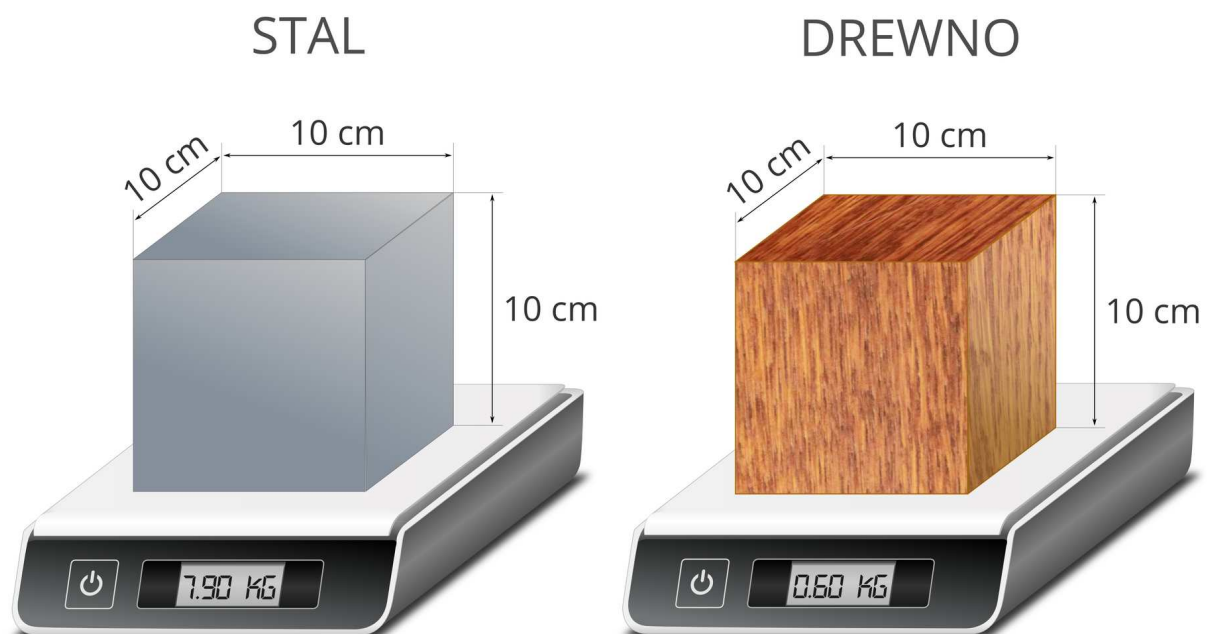
- kinetyczno-cząsteczkowa teoria budowy materii;
- klasyfikacja ciał ze względu na stan skupienia;
- jaka wielkość fizyczna jest miarą ilości substancji.

Nauczysz się

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

## Rozmiary ciał a ich masa

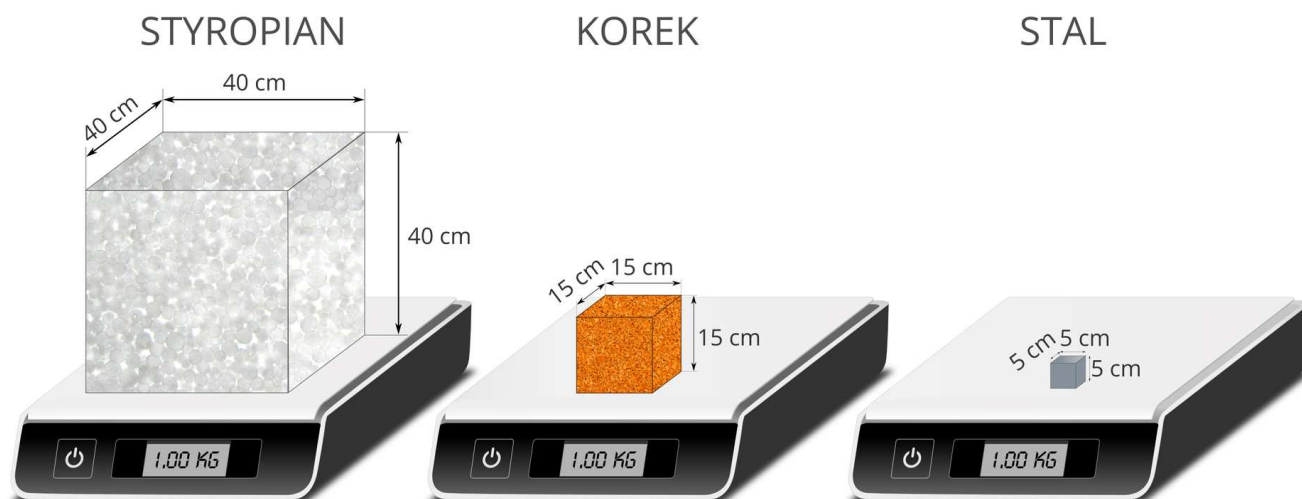
Niekiedy zaskakuje cię ciężar pewnych przedmiotów, np. gdy niesiesz dwie płyty (styropianową i gipsowo-kartonową) o tych samych rozmiarach, czujesz, że ich masy zdecydowanie się różnią. W codziennym życiu możesz się także przekonać, że drewniany sześcian jest lżejszy od sześcianu ze stali o tym samym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



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

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

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



Sześciany o masie 1 kg wykonane z różnych materiałów

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

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

### Zapamiętaj!

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

## Ćwiczenie 1



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

Zdanie	Prawda	Fałsz
Ciała o tych samych wymiarach muszą posiadać zawsze taką samą masę.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ciała o tych samych wymiarach mogą mieć różną masę.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ciała o tej samej masie muszą mieć zawsze identyczne wymiary.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

## Objętość

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

Jak można wyznaczyć objętość ciała o dowolnym kształcie?



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RK7vAvFScOefu>

Wyznaczanie objętości ciał o dowolnym kształcie

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

Film dotyczący wyznaczania objętości ciał o dowolnym kształcie

## Ćwiczenie 2

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

## Uwaga!

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

### Ćwiczenie 3



Oceń, czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe. Zaznacz stwierdzenie prawdziwe.

Objętość informuje o tym, ile wody zmieści się w danym ciele.

Objętość informuje o tym, jak ciężkie jest ciało.

Objętość informuje o tym, jak dużą przestrzeń zajmuje ciało.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

## Zależność masy od objętości

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

## Doświadczenie 1

### Problem badawczy

---

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

### Hipoteza

---

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

### Co będzie potrzebne

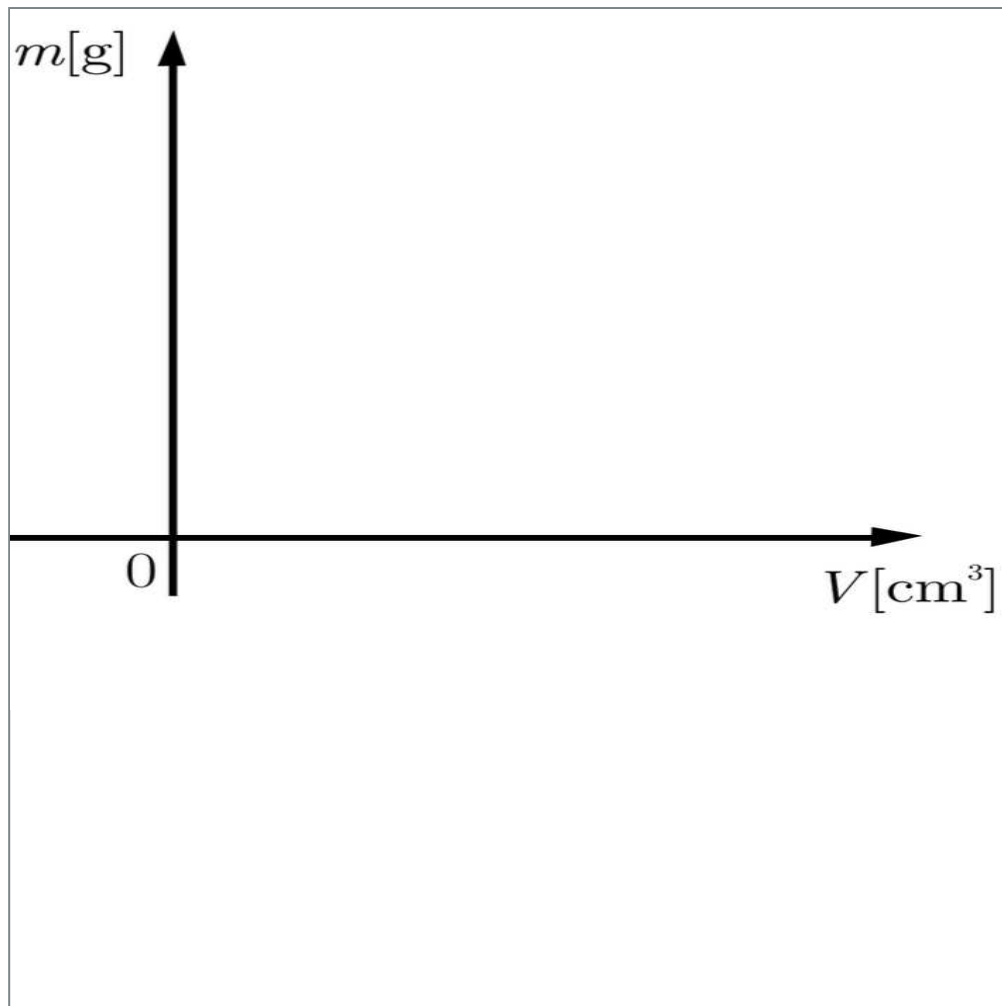
---

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

### Instrukcja

---

1. Za pomocą menzurki zmierz objętość poszczególnych odważników.
2. Wyniki pomiarów zapisz w tabeli.
3. Zilustruj graficznie wyniki pomiarów. Wykonaj wykres zależności masy ciała od jego objętości  $m(V)$ . Na osi poziomej odłóż wartości objętości, wyrażone w centymetrach sześciennych. Na osi pionowej odłóż wartości masy, wyrażone w gramach. Na tak przygotowany układ współrzędnych nanieś odpowiednie punkty (posłuż się wartościami zapisanymi w tabeli). Poniżej znajduje się wzór, którym możesz się posłużyć rysując własny wykres.



Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Podsumowanie

---

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

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

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

**Zapamiętaj!**

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

## Ćwiczenie 4



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

Zdanie	Prawda	Fałsz
Stosunek masy do objętości dla ciał wykonanych z tej samej substancji jest zawsze taki sam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stosunek masy do objętości dla ciał wykonanych z różnych substancji zawsze będzie taki sam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wraz ze wzrostem objętości ciał wykonanych z tego samego materiału, rośnie ich masa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

## Gęstość ciał

Iloraz masy i objętości danego ciała nazywamy jego **gęstością**. Z doświadczenia z poprzedniego paragrafu wiesz już, że w przypadku ciał wykonanych z tego samego materiału iloraz masy i objętości pozostaje stały. Gęstość jest więc wielkością charakterystyczną dla danej substancji. Jednostką gęstości w układzie SI jest  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Oznaczamy ją literą  $d$  lub rzadziej grecką literą  $\rho$  („ro”).

### gęstość ( $d$ )

– wartość ilorazu masy ( $m$ ) ciała i jego objętości ( $V$ ) stała dla danej substancji.

Wzór na gęstość:

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

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

### Zapamiętaj!

Gdy podasz gęstość w kilogramach na metr sześcienny, dowiadujesz się, jaką masę w kilogramach ma jeden metr sześcienny substancji.

Korzystając z aplikacji poniżej możesz samodzielnie spróbować wyznaczyć gęstość sztabek ze złota, ołowiu, miedzi i marmuru. Objętość i masę możesz odczytać wykonując pomiary - odpowiednio: wrzucając sztabki do menzurki z wodą oraz kładąc je na wadze.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D10ul8WR2>

Wyznaczanie gęstości wybranych ciał

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

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

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

$$1 \text{ g} = \frac{1}{1000} \text{ kg} = 0,001 \text{ kg}$$

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1H6GqopImSJA>

Przeliczanie wybranych jednostek

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

Materiał filmowy dotyczący przeliczania jednostek.

---

### Ciekawostka

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

### Ciekawostka

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

### Ciekawostka

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

## Ćwiczenie 5



Adrian, Lech i Marek rozmawiają o znaczeniu gęstości. Zapoznaj się z opinią każdej z osób i zaznacz poprawną odpowiedź.

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

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

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

## Gęstości różnych substancji

### Przykłady substancji o zbliżonych gęstościach

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

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

### Gęstości wybranych ciał stałych

Ciało stałe	$d \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$
cynk	7131
drewno topoli	350 – 400
drewno lipy	320 – 590
drewno sosny	370 – 600
drewno dębu	600 – 900
duraluminium	2790
kwarc	2300 – 2700
miedź	8960
mosiądz	8200 – 8950
ołów	11336
platyna	21410
stal nierdzewna	8100
złoto	19320
żelazo kute	7800 – 7900
lód (0 °C)	920
sól kamienna	2160

### Gęstości wybranych cieczy

Ciecze	$d \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$
alkohol etylowy	791

<b>Ciecze</b>	$d \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$
ciekły azot ( $-196^\circ \text{C}$ )	808
benzyna	700
eter	720
gliceryna	1260
nafta	800
oliwa	920
rtęć	13550
woda destylowana ( $4^\circ \text{C}$ )	1000
ciekły wodór ( $-253^\circ \text{C}$ )	71

**Gęstości wybranych gazów (pod ciśnieniem atmosferycznym 1013 hPa)**

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

**Podsumowanie**

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

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

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

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

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

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

## Ćwiczenie 6

Dokonaj zamiany jednostek. Uzupełnij luki w równościach, wpisując odpowiednią liczbę.

•  $21 \text{ mm}^3 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ dm}^3$

•  $15 \text{ m}^3 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ cm}^3$

•  $36 \text{ dm}^3 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ m}^3$

•  $4 \text{ dm}^3 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ cm}^3$

•  $4,5 \text{ cm}^3 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ dm}^3$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

## Ćwiczenie 7

Dokonaj zamiany jednostek. Uzupełnij luki w równościach, wpisując odpowiednią liczbę.

•  $4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \boxed{\phantom{000000}} \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

•  $49 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \boxed{\phantom{000000}} \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$

•  $35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \boxed{\phantom{000000}} \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$

•  $67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \boxed{\phantom{000000}} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

## Ćwiczenie 8

Staś, Zuzia i Marek rozmawiają o najsilniejszym uczniu w szkole, który jest w stanie podnieść ciało o masie 65 kg. Czy temu uczniowi udałoby się podnieść 6-litrowe naczynie wypełnione rtęcią? Gęstość rtęci wynosi  $13550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Uzupełnij poniższe luki. Kliknij w nie, aby rozwinąć listę, a następnie wybierz poprawną odpowiedź w każdym przypadku.

**Odpowiedź:** Najsilniejszemu uczniowi  się podnieść takiego naczynia, ponieważ ważyło .

82, 1 kg

udałoby

nie udałoby

63, 1 kg

81, 3 kg

76, 2 kg

58, 8 kg

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

## Ćwiczenie 9

Oblicz gęstość ciała, które po zanurzeniu w wodzie wypełniającej częściowo menzurkę zmieniło jej poziom z  $52 \text{ cm}^3$  do  $75 \text{ cm}^3$ . Przyjmij, że masa ciała wynosiła 55, 2 g.

Następnie odczytaj z tabeli gęstości wybranych ciał stałych z czego jest zrobione zanurzone ciało. Zaznacz poprawną odpowiedź.

$1,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$2,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$2,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$2,4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

## Ćwiczenie 10

O ile wzrośnie masa samochodu, gdy pusty zbiornik paliwa o objętości 40 l całkowicie wypełnimy benzyną?

## Zobacz także

Zajrzyj do zagadnień pokrewnych:

- [Masa i ciężar ciała](#)
- [Pomiary w fizyce. Niepewność pomiaru. Przeliczanie wielokrotności i podwielokrotności](#)

## Zadania

## Ćwiczenie 11



Które informacje, dotyczące wyznaczania objętości ciał o nieregularnych kształtach są prawdziwe, a które fałszywe? Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz „Prawda” albo „Fałsz”.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Nie da się wyznaczyć objętości takiego ciała bez poznania jego dokładnych wymiarów.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Objętość ciała o nieregularnych kształtach można wyznaczyć za pomocą menzurki.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bez użycia skomplikowanej aparatury badawczej nie jesteśmy w stanie wyznaczyć objętości takich ciał.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

## Ćwiczenie 12



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



Marcel: Nie jesteśmy w stanie sprawdzić, czy korona została wykonana ze szczerzego złota bez wykonania analizy chemicznej.



Darek: Jesteśmy w stanie sprawdzić, z czego wykonana jest korona po zważeniu jej.



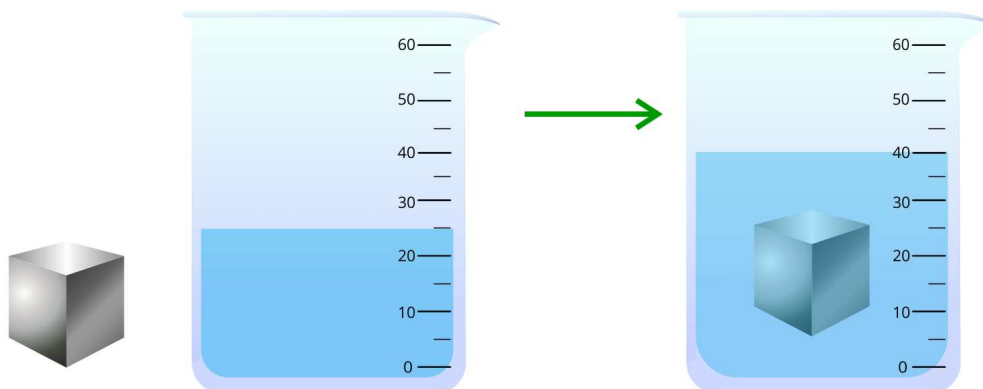
Asia: Można sprawdzić czy korona została wykonana z czystego złota, po wyznaczeniu jej gęstości i porównaniu jej z wartościami tablicowymi gęstości złota.

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

### Ćwiczenie 13



Kostkę (czystego) metalu najpierw zważono, otrzymując masę 235,51 g, a następnie zanurzono w menzurce z wodą. Odczytaj z rysunku objętość wody wypartej przez kostkę, a następnie wykonaj zadania pod rysunkiem.



Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Uzupełnij luki w zdaniach, wpisując poprawne wartości. Zwróć uwagę na jednostki. Gęstość wpisz z dokładnością do setnych części jedności.

Objętość kostki wynosi   $\text{cm}^3$ .

Gęstość materiału, z którego wykonana jest kostka wynosi   $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ , co jest równe   $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Źródło: ZPE, licencja: CC BY 3.0.

Porównaj obliczoną przez siebie gęstość kostki z tabelą gęstości ciał stałych. Z czego zrobiona jest kostka? Zaznacz poprawną odpowiedź.

ze złota

z kutego żelaza

ze stali nierdzewnej

z platyny

## Słownik

### **masa**

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

### **objętość**

wielkość fizyczna, która jest miarą przestrzeni zajmowanej przez dane ciało

### **gęstość**

wartość ilorazu masy ( $m$ ) ciała i jego objętości ( $V$ )

### **prawa Archimedesesa**

na ciało zanurzone w cieczy działa siła wyporu, skierowana ku górze i równa co do wartości ciężarowi cieczy wypartej przez to ciało