

§ 10. ГУСТИНА. ОДИНИЦІ ГУСТИНИ

■ Ми часто вживаємо вирази «легкий, мов повітря» або «важкий, як свинець». Але чи знаєте ви, що повітря всередині, скажімо, супермаркету важить більш ніж 400 кг. А підняти таку масу не подужає й силач. Свинцеве ж грузило для вудки легко підніме навіть малюк. Отже, наведені вище вирази — неправильні? З'ясуймо, у чому тут річ.

1

Проводимо деякі вимірювання й робимо розрахунки

На рис. 2.8 ви бачите два бруски, обидва виготовлені з тієї самої речовини — свинцю, але мають різні розміри. Наше завдання — знайти відношення маси кожного бруска до його об'єму.

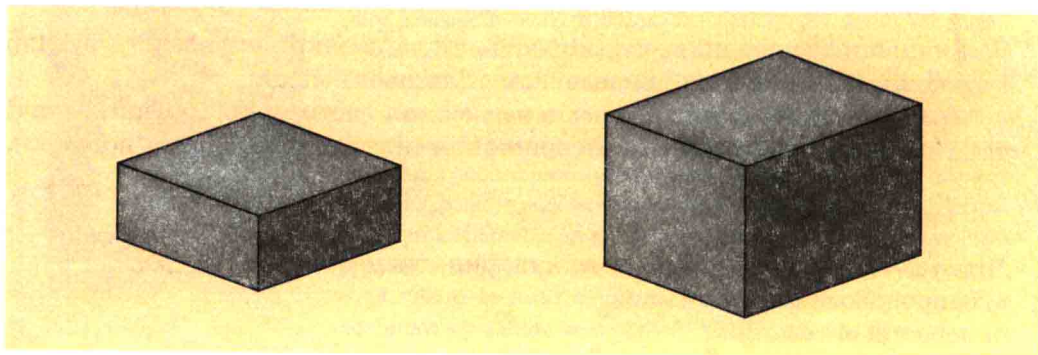


Рис. 2.8. Два свинцеві бруски, що мають різний об'єм

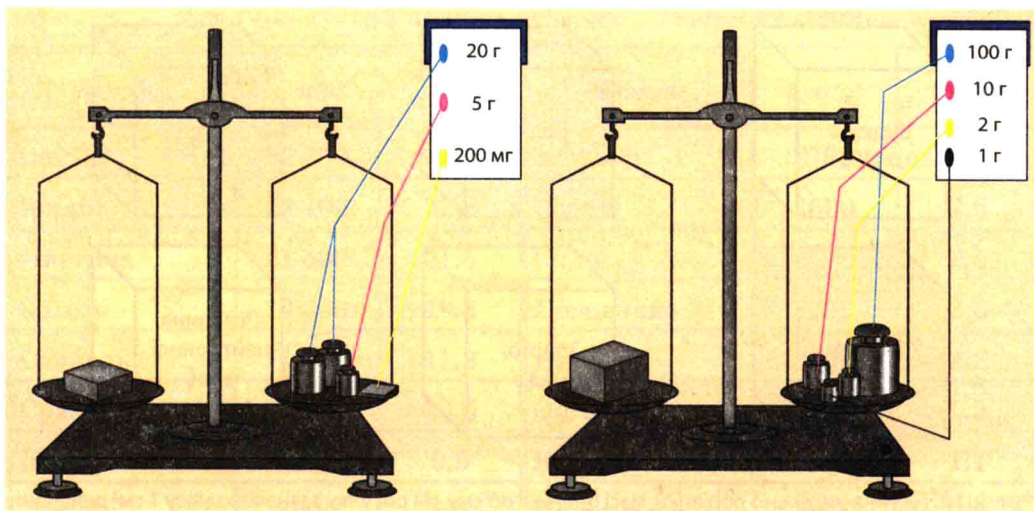


Рис. 2.9. Вимірювання мас свинцевих брусків, які мають різний об'єм

Для початку виміряйте довжину, ширину й висоту брусків і обчисліть їхні об'єми. (Якщо ви правильно виконаєте вимірювання й не помилитеся в розрахунках, то дістанете такі результати: об'єм меншого бруска дорівнює 4 см^3 , більшого бруска — 10 см^3 .)

Визначивши об'єми брусків, зважимо їх. На ліву шальку терезів помістимо один із брусків, на праву — важки (рис. 2.9). Терези перебувають у рівновазі, ваше завдання — порахувати масу важків.

Нам залишилося знайти відношення маси кожного бруска до його об'єму, тобто вирахувати, чому дорівнює маса свинцю об'ємом 1 см^3 для меншого і для більшого брусків. Очевидно, що коли маса меншого бруска $45,2 \text{ г}$ і він займає об'єм 4 см^3 , то маса свинцю об'ємом 1 см^3 для цього бруска дорівнює $45,2 : 4 = 11,3 \text{ (г)}$. Виконавши аналогічні розрахунки для більшого бруска, одержимо $113 : 10 = 11,3 \text{ (г)}$. Таким чином, *відношення маси свинцевого бруска до його об'єму (маса свинцю одиничного об'єму) однакове як для більшого, так і для меншого бруска.*

Якщо тепер узяти бруски, виготовлені з іншої речовини (наприклад алюмінію), і повторити ті ж дії, то *відношення маси алюмінієвого бруска до його об'єму також не буде залежати від розмірів бруска.* Ми знову одержимо постійне число, але вже *інше*, ніж у досліді зі свинцем.

2 Даємо означення густини речовини

Фізична величина, що характеризує певну речовину й чисельно дорівнює масі речовини одиничного об'єму, називається **густиною речовини**.

Густина позначається символом ρ і обчислюється за формулою

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

де V — об'єм, зайнятий речовиною масою m .

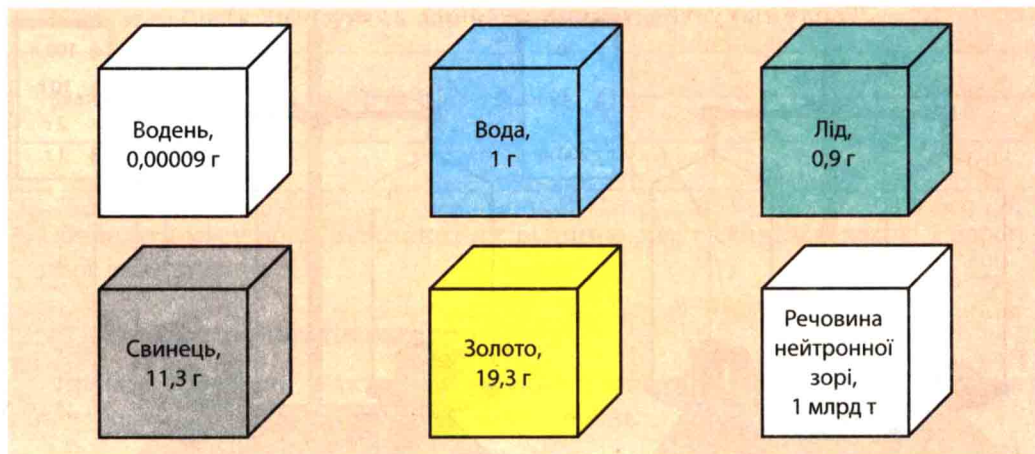


Рис. 2.10. Густина чисельно дорівнює масі одиниці об'єму. На рисунку зазначено масу 1 см³ речовини

Густина — це характеристика речовини, що не залежить від маси речовини та її об'єму. Якщо збільшити масу речовини, наприклад, у два рази, то об'єм, який вона займе, також зросте у два рази.*

Із визначення густини речовини дістанемо одиницю густини. Оскільки в СІ одиницею маси є кілограм, а одиницею об'єму — метр кубічний, то *одиницею густини в СІ буде кілограм на метр кубічний (кг/м³).*

1 кг/м³ — це густина такої однорідної речовини, маса якої в об'ємі один кубічний метр дорівнює одному кілограму.

На практиці також дуже часто застосовують одиницю густини грам на сантиметр кубічний (г/см³).

Одиниці густини кілограм на метр кубічний (кг/м³) та грам на сантиметр кубічний (г/см³) пов'язані між собою співвідношенням:

$$1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{0,001 \text{ кг}}{0,01 \text{ м} \cdot 0,01 \text{ м} \cdot 0,01 \text{ м}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

3 Порівнюємо густини різних речовин

Густини різних речовин і матеріалів можуть суттєво відрізнятися одна від одної (рис. 2.10). Розгляньмо кілька прикладів. Густина водню за температури 0 °С та тиску 760 мм рт. ст. становить 0,090 кг/м³ — це означає, що маса водню об'ємом 1 м³ дорівнює 0,090 кг, або 90 г. Густина свинцю становить 11 300 кг/м³. Це означає, що свинець об'ємом 1 м³ має масу 11 300 кг, або 11,3 т. Густина речовини нейтронної зорі сягає 10¹⁸ кг/м³. Маса такої речовини об'ємом 1 см³ дорівнює 1 млрд тонн. Далі в таблицях наведено густини деяких речовин.

* Густина, однак, суттєво змінюється в разі зміни температури й агрегатного стану речовини. Із причинами зміни густини речовини ви познайомитеся далі.

Таблиця густин деяких речовин у твердому стані

| Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ | Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ |
|---------------|----------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| Осмій | 22 500 | 22,5 | Мармур | 2700 | 2,7 |
| Іридій | 22 400 | 22,4 | Граніт | 2600 | 2,6 |
| Платина | 21 500 | 21,5 | Скло | 2500 | 2,5 |
| Золото | 19 300 | 19,3 | Порцеляна | 2300 | 2,3 |
| Свинець | 11 300 | 11,3 | Бетон | 2200 | 2,2 |
| Срібло | 10 500 | 10,5 | Оргскло | 1200 | 1,2 |
| Мідь | 8900 | 9,9 | Капрон | 1140 | 1,1 |
| Латунь | 8500 | 8,5 | Поліетилен | 940 | 0,9 |
| Сталь, залізо | 7800 | 7,8 | Парафін | 900 | 0,9 |
| Олово | 7300 | 7,3 | Лід | 900 | 0,9 |
| Цинк | 7100 | 7,1 | Дуб сухий | 800 | 0,8 |
| Чавун | 7000 | 7,0 | Сосна суха | 440 | 0,4 |
| Алюміній | 2700 | 2,7 | Пробка | 240 | 0,2 |

Таблиця густин деяких речовин у рідкому стані

| Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ | Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ |
|--|----------------------------|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| Ртуть | 13600 | 13,60 | Бензол | 880 | 0,88 |
| Рідке олово (за $t = 409\text{ }^{\circ}\text{C}$) | 6830 | 6,83 | Рідке повітря (за $t = -194\text{ }^{\circ}\text{C}$) | 860 | 0,86 |
| Сульфатна кислота | 1800 | 1,80 | Нафта | 800 | 0,80 |
| Мед | 1420 | 1,42 | Гас | 800 | 0,80 |
| Вода морська | 1030 | 1,03 | Спирт | 800 | 0,80 |
| Вода чиста | 1000 | 1,00 | Ацетон | 790 | 0,79 |
| Олія | 900 | 0,90 | Ефір | 710 | 0,71 |
| Машинне мастило | 900 | 0,90 | Бензин | 710 | 0,71 |

Таблиця густин деяких речовин у газоподібному стані
(за температури 0 °С та тиску 760 мм рт. ст.)

| Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ | Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| Хлор | 3,210 | 0,00321 | Азот | 1,250 | 0,00125 |
| Вуглекислий газ | 1,980 | 0,00198 | Чадний газ | 1,250 | 0,00125 |
| Кисень | 1,430 | 0,00143 | Гелій | 0,180 | 0,00018 |
| Повітря | 1,290 | 0,00129 | Водень | 0,090 | 0,00009 |

4

Вчимося обчислювати густину, масу та об'єм фізичного тіла

Одним зі способів визначення речовини, з якої складається фізичне тіло, є обчислення його густини, а потім порівняння одержаного значення із даними з таблиці густин. Щоб визначити густину тіла, досить виміряти масу та об'єм цього тіла, а потім знайти відношення маси тіла до його об'єму.

Наприклад, якщо брила об'ємом 3 м³ має масу 2700 кг, то очевидно, що густина речовини, з якої вона складається (тобто маса речовини об'ємом 1 м³), дорівнює:

$$\frac{2700 \text{ кг}}{3 \text{ м}^3} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

За таблицею виявляємо, що брила складається з льоду.

У наведених вище прикладах ми розглядали так звані **однорідні тіла**, тобто тіла, що не мають порожнин і складаються з однієї речовини (льодяна брила, свинцевий та алюмінієвий бруски). У таких випадках густина тіла дорівнює густині речовини, з якої воно складається (густина льодяної брили дорівнює густині льоду).

Якщо в тілі є порожнини або воно складається з різних речовин (наприклад, корабель, футбольний м'яч, людина), то говорять про *середню густину тіла*, що також обчислюється за формулою

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

де V — об'єм, зайнятий речовиною масою m .

$$\rho = \frac{m}{V} \begin{cases} V = \frac{m}{\rho} \\ m = \rho V \end{cases}$$

Середня густина тіла людини, наприклад, становить 1036 кг/м³.

Знаючи густину речовини, з якої складається тіло (або середню густину тіла), і об'єм тіла, можна визначити масу даного тіла без зважування. Справді, якщо $\rho = \frac{m}{V}$, то $m = \rho V$. Відповідно, знаючи густину й масу тіла, можна знайти його об'єм: $V = \frac{m}{\rho}$.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Фізична величина, що характеризує певну речовину й чисельно дорівнює масі речовини одиничного об'єму, називається густиною речовини.

Густина речовини та густину тіла можна розрахувати за формулою

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

У СІ густина вимірюється в кілограмах на метр кубічний (кг/м³). Часто також використовують одиницю густини грам на сантиметр кубічний (г/см³). Ці одиниці пов'язані між собою співвідношенням:

$$1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Знаючи масу тіла та його густину, можна знайти об'єм тіла: $V = \frac{m}{\rho}$. Відповідно, за відомими об'ємом тіла та його густиною можна знайти масу тіла: $m = \rho V$.



Контрольні запитання

1. Чи залежить відношення маси речовини до об'єму, який займає ця речовина, від її маси? від об'єму? від роду речовини?
2. Що називають густиною речовини?
3. Густина платини дорівнює 21 500 кг/м³. Що це означає?
4. Що потрібно зробити, щоб визначити густину речовини?
5. Які одиниці густини ви знаєте?
6. Як подати густину в грамах на сантиметр кубічний (г/см³), якщо її дано в кілограмах на метр кубічний (кг/м³)?
7. Як обчислити масу тіла за його густиною та об'ємом?
8. Як визначити об'єм тіла, знаючи його густину та масу?

Фізика та техніка в Україні



Донецький фізико-технічний інститут НАН України

У 60-ті роки минулого століття у Донбасі — важливому промисловому регіоні України — виникла нагальна потреба в організації наукових досліджень, максимально зорієнтованих на задоволення потреб регіону. Для цього в 1965 році й було створено Донецький науковий центр Академії наук УРСР, одним із ключових інститутів якого став Донецький фізико-технічний інститут (ДонФТІ).

Результати досліджень працівників інституту здобули визнання наукової громадськості України та інших держав. ДонФТІ підтримує широкі науково-виробничі зв'язки з десятками зарубіжних інститутів і промислових підприємств Швейцарії, США, Німеччини, Іспанії.



Вправи

1. Знайдіть у таблиці значення густини повітря та густини свинцю. Що вони означають? Які величини ми насправді порівнюємо, коли говоримо: «легкий, мов повітря», «важкий, як свинець»?
2. У якому випадку маси тіл однакового об'єму будуть рівними?
3. Одна з двох однакових посудин наповнена медом, друга — олією. Маса якої рідини більша і в скільки разів?
4. Два кубики — з оргскла та дуба — мають однакову масу. Об'єм якого кубика є меншим і в скільки разів?
5. У циліндрі під поршнем міститься кисень (рисунок а). Поршень починають просувати в циліндр (рисунок б). Як при цьому змінюються: а) маса газу; б) об'єм газу; в) густина газу?

