



§ 20.

Маса цела. Шчыльнасць рэчыва. Адзінкі шчыльнасці

Ці аднолькава лёгка змяніць скорасці руху розных цел? Міма нас пралятае камар. Ці цяжка змяніць скорасць яго руху? Дастаткова проста дунуць (мал. 117, *а*). А калі праязджае грузаны аўтамабіль МАЗ (мал. 117, *б*)?

Інерцыя ёсць ва ўсіх цел, але гэта ўласцівасць праяўляецца ў розных цел у рознай ступені. Яна амаль не заўважаецца ў камара, але вельмі прыкметная ў аўтамабіля, для змянення скорасці руху якога патрабуюцца вялікія і працяглыя ўздзеянні.

Для характарыстыкі інерцыі цела ў фізіцы выкарыстоўваецца фізічная велічыня, якая называецца *масай*. Чым больш масіўнае цела, тым цяжэй змяніць скорасць яго руху, тым больш яно супрацьстаіць такім змяненням. **Маса цела** — **мера яго інерцыі**. Маса абазначаецца літарай *m*.

Асноўнай адзінкай масы ў СІ з'яўляецца 1 кілаграм (1 кг). Карысна ведаць, што 1 л вады пры пакаёвай тэмпературы мае масу, практычна роўную 1 кг. Адпаведна, маса 1 мл вады роўна 1 г. Звярніце ўвагу! У кілаграмах вымяраецца адзіная фізічная велічыня — маса.

Ад чаго залежыць маса цела? Параўнайце разгон і тармажэнне грузанага і парожняга аўтамабіляў. Зразумела, што маса цела залежыць ад колькасці рэчыва ў целе (ад колькасці малекул). Справа ў тым, што масу (г. зн. інерцыю) мае кожная малекула, таму масу ўсяго цела можна разглядаць як суму мас усіх яго малекул. Ці будуць аднолькавымі масы цел, калі яны ўтрымліваюць аднолькавую колькасць малекул? Будуць, калі целы складаюцца з аднаго і таго ж рэчыва. Не, калі целы складаюцца з розных рэчываў (напрыклад, алюмініевая і залатая лыжкі). А цяпер параўнаем масы розных рэчываў, якія маюць аднолькавы аб'ём.

Задумайцеся над пытаннем: якую каляску лягчэй зрушыць з месца — нагружаную сухімі дрывамі

а



б



Мал. 117



Мал. 118

(мал. 118, а) або нагужаную камянямі (мал. 118, б), якія маюць роўны з дровамі аб'ём? Вядома, каляску з дровамі. Яе маса меншая. Значыць, маса адзінкі аб'ёму дрoў і адзінкі аб'ёму камянёў розная.

Маса рэчыва, якое змяшчаецца ў адзінцы аб'ёму, называецца шчыльнасцю рэчыва.

Каб знайсці шчыльнасць, неабходна масу рэчыва падзяліць на яго аб'ём. Шчыльнасць абазначаецца грэчаскай літарай ρ (ро). Тады

$$\text{шчыльнасць} = \frac{\text{маса}}{\text{аб'ём}}, \quad \text{або} \quad \rho = \frac{m}{V}.$$

Асноўнай адзінкай вымярэння шчыльнасці ў СІ з'яўляецца $1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Шчыльнасці розных рэчываў вызначаны на доследзе і прыведзены ў табліцы 3.

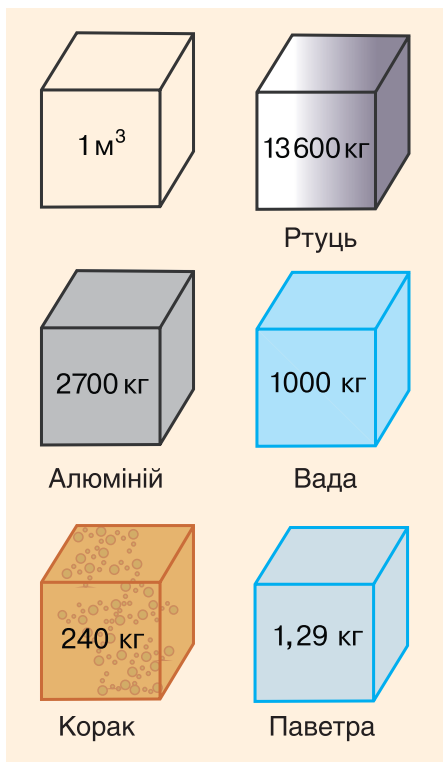
На малюнку 119 паказаны масы вядомых вам рэчываў у аб'ёме $V = 1 \text{ м}^3$.

У большасці рэчываў шчыльнасць у цвёрдым стане большая за шчыльнасць у вадкім. Напрыклад, шчыльнасць волава ў цвёрдым стане $\rho_{\text{цв}} = 7300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а ў вадкім (пры тэмпературы $400 \text{ }^\circ\text{C}$) $\rho_{\text{в}} = 6800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Шчыльнасць рэчыва ў вадкім стане большая, чым у газападобным. Чым гэта можна растлумачыць? Успомніце аб адрозненні ў прамежках паміж малекуламі. Самыя вялікія прамежкі паміж малекуламі газу. Таму шчыльнасць вадкага паветра (пры $-194 \text{ }^\circ\text{C}$) роўна $860 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а ў газападобным стане (пры $0 \text{ }^\circ\text{C}$) — $1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Ведаючы шчыльнасць і аб'ём цела, лёгка знайсці яго масу: $m = \rho V$.

Формулу $\rho = \frac{m}{V}$ можна выкарыстоўваць не толькі для аднародных цел, але і для цел, якія маюць паражніны або якія складаюцца з розных рэчываў. Толькі тады формула выражае сярэдняю шчыльнасць цела (параўнайце з формулай сярэдняй скорасці):

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



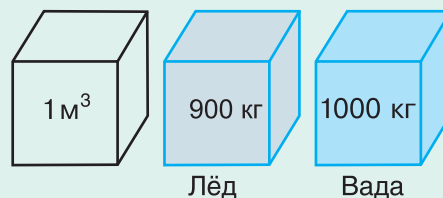
Мал. 119

Табліца 3. Шчыльнасці рэчываў (пры нармальным атмасферным ціску)

Рэчыва	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Рэчыва	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Рэчыва ў цвёрдым стане пры 20 °С					
Осмій	22 600	22,6	Мармур	2700	2,7
Ірыдый	22 400	22,4	Шкло аконнае	2500	2,5
Плаціна	21 500	21,5	Фарфор	2300	2,3
Золата	19 300	19,3	Бетон	2300	2,3
Свінец	11 300	11,3	Соль кухонная	2200	2,2
Серабро	10 500	10,5	Цэгла	1800	1,8
Медзь	8900	8,9	Аргшкло	1200	1,2
Латунь	8500	8,5	Капрон	1100	1,1
Сталь, жалеза	7800	7,8	Поліэтылен	920	0,92
Волава	7300	7,3	Парафін	900	0,90
Цынк	7100	7,1	Лёд	900	0,90
Чыгун	7000	7,0	Дуб (сухі)	700	0,70
Карунд	4000	4,0	Хвоя (сухая)	400	0,40
Алюміній	2700	2,7	Корак	240	0,24
Вадкасць пры 20 °С					
Ртуць	13 600	13,60	Газа	800	0,80
Серная кіслата	1800	1,80	Спінрт	800	0,80
Гліцэрына	1200	1,20	Нафта	800	0,80
Вада (марская)	1030	1,03	Ацэтон	790	0,79
Вада (дыстыляваная)	1000	1,00	Бензін	710	0,71
Алей сланечнікавы	930	0,93	Вадкае волава (пры $t = 400$ °С)	6800	6,80
Масла машыннае	900	0,90	Вадкае паветра (пры $t = -194$ °С)	860	0,86
Газ пры 0 °С					
Хлор	3,210	0,00321	Аксід вугляроду (II) (чадны газ)	1,250	0,00125
Аксід вугляроду (IV) (вуглякіслы газ)	1,980	0,00198	Прыродны газ	0,800	0,0008
Кісларод	1,430	0,00143	Вадзяная пара (пры $t = 100$ °С)	0,590	0,00059
Паветра	1,290	0,00129	Гелій	0,180	0,00018
Азот	1,250	0,00125	Вадарод	0,090	0,00009

▼ Для дапытлівых

Цвёрдае рэчыва, якое складаецца з малекул H_2O (лёд), мае шчыльнасць $\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, вадкае (вада) — $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.



Вы заўважылі асаблівасць? Шчыльнасць лёду меншая за шчыльнасць вады, што паказвае на больш шчыльную ўпакоўку (г. зн. меншыя прамежкі) малекул у вадкім стане рэчыва (вада), чым у цвёрдым (лёд).

З усіх відаў дрэў найменшую шчыльнасць мае драўніна дрэва бальса ($\rho = 100 - 120 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), якое расце ў тропіках Цэнтральнай і Паўднёвай Амерыкі.

Сярэдняя шчыльнасць Сусвету мізэрна малая ($\approx 10^{-28} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), а рэчыва нейтральных зорак мае вельмі вялікую шчыльнасць ($2 \cdot 10^{17} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$).

■ Галоўныя вывады

1. Чым большая маса цела, тым цяжэй змяніць скорасць яго руху.
2. Шчыльнасць рэчыва паказвае, якая маса рэчыва змяшчаецца ў адзінцы яго аб'ёму.
3. Шчыльнасць рэчыва ў цвёрдым, вадкім і газападобным станах розная.
4. Целы, якія складаюцца з розных рэчываў, характарызуюцца сярэдняй шчыльнасцю.

? Кантрольныя пытанні

1. Як залежыць змяненне скорасці руху цела ад яго масы?
2. Самыя вялікія караблі (супертанкеры) на тое, каб развярнуцца, трацяць не менш за паўгадзіны. Чаму?
3. Што называюць шчыльнасцю рэчыва?
4. Ці залежыць шчыльнасць дадзенага рэчыва ад аб'ёму цела?
5. Цагліну раскалолі на дзве роўныя часткі. Як змяніліся характарыстыкі (m , V , ρ) частак цела?
6. Вада ў пластыкавай бутэльцы замерзла. Якія з характарыстык (m , V , ρ) цела змяніліся і як?



Прыклад рашэння задачы

Сярэдняя шчыльнасць цела чалавека прыкладна роўна шчыльнасці вады. Ведаючы сваю масу, вылічыце аб'ём свайго цела.

Дадзена:

$$\langle \rho \rangle \approx \rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V = ?$$

Адказ: $V = 50 \text{ дм}^3$.

Рашэнне

Вызначым пры дапамозе вагаў сваю масу m .
Напрыклад, $m = 50$ кг. Тады аб'ём цела

$$V = \frac{50 \text{ кг}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 50 \text{ дм}^3.$$

Практыкаванне 6

1. Вызначыце шчыльнасць цела масай $m = 0,234$ кг, якое мае аб'ём $V = 30 \text{ см}^3$.

2. Параўнайце шчыльнасці двух рэчываў: $\rho_1 = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ і $\rho_2 = 900 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$.

3. Вызначыце масу жалезабетоннай пліты плошчай $S = 9,0 \text{ м}^2$ і таўшчынёй $a = 15 \text{ см}$. Шчыльнасць жалезабетону $\rho = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

4. Пасудзіна якога аб'ёму спатрэбіцца для перавозкі:

а) $m_1 = 50$ кг бензіну; б) $m_2 = 50$ кг ртуці?

Адказ дайце ў літрах.

5. Алавая статуэтка аб'ёмам $V = 0,80 \text{ дм}^3$ мае масу $m = 3,2$ кг. Суцэльная яна ці полая?

6. Медны дрот у скрутку мае дыяметр $d = 1,0$ мм. Якая даўжыня дроту, калі маса скруткі $m = 280$ г?

7. Выкарыстаўшы адны і тыя ж каардынатыны восі, пабудуйце графікі залежнасці масы ад аб'ёму для шароў, вырабленых з сухой хвоі і шкла. Параўнайце гэтыя графікі, зрабіце высновы.

8. Пабудуйце графік залежнасці шчыльнасці рэчыва цела ад яго аб'ёму. Як з дапамогай графіка знайсці масу цела дадзенага аб'ёму?

9. Дзве пліты аднолькавага аб'ёму маюць масы $m_1 = 1350$ кг, $m_2 = 200$ кг. Шчыльнасць пліты масай m_1 роўна $\rho_1 = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Вызначыце шчыльнасць другой пліты. З якога матэрыялу выраблены пліты?



10. Чаму гіркі разнавагі масай ад 1 г і больш вырабляюць са сталі, а масай ад 500 мг і менш — з алюмінію?