

ВИШТОВХУВАЛЬНА СИЛА В РІДИНАХ І ГАЗАХ. ЗАКОН АРХІМЕДА

Чому м'яч, який занурили у воду й відпустили, вискакує над поверхнею води?

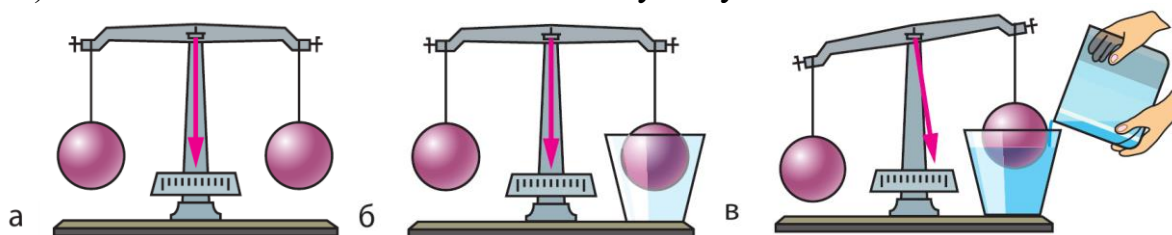
Чому важкий камінь, який на суходолі не можна зрушити з місця, легко підняти під водою?

Чи правда, що людина у воді перебуває в стані невагомості?

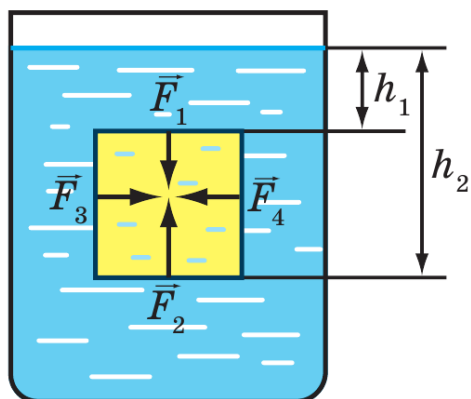
Спробуймо розібратися!

Виштовхувальна сила

Підвісимо до коромисла терезів дві однакові кулі. Оскільки маси куль є рівними, терези будуть зрівноважені (рис. а). Підставимо під праву кулю порожню посудину (рис. б). Наллємо в посудину воду і побачимо, що рівновага терезів порушиться (рис. в) — якась сила намагається виштовхнути кулю з води.



Звідки береться ця сила?



Розглянемо занурений у рідину кубик.

Сили гідростатичного тиску $\vec{F}_3$ і $\vec{F}_4$ **протилежні за напрямком і рівні за значенням** (площі бічних граней однакові, і грані розташовані на однаковій глибині).

Такі **сили зрівноважують одна одну**. Вони не виштовхують брусок угору, а тільки стискають його з боків.

Сили F_1 і F_2 не зрівноважують одна одну.

$$F_1 = p_1 S \quad F_2 = p_2 S$$

S — площа грані

$$p_1 = \rho_{\text{рід}} g h_1$$

$$p_2 = \rho_{\text{рід}} g h_2$$

$$h_2 > h_1 \quad p_2 > p_1$$

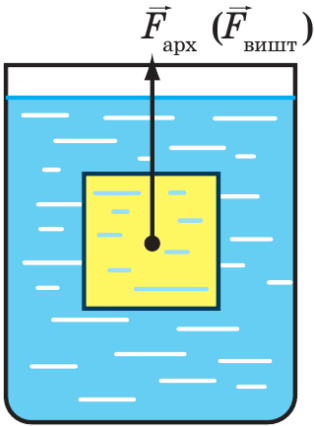
$$F_2 > F_1$$

На тіло, занурене у рідину, діє виштовхувальна сила, напрямлена вертикально вгору. Її існування зумовлене різницею тисків на нижню і верхню грані тіла.

$$F_{\text{вишт}} = F_2 - F_1$$

Архімедова сила

Виштовхувальну силу, яка діє на тіло в рідині або в газі, називають також **архімедовою силою**.

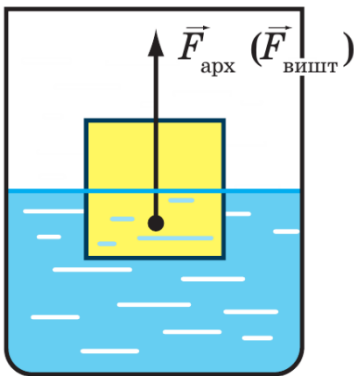


$$\begin{aligned}F_{\text{арх}} &= F_2 - F_1 \\F_1 &= p_1 S = \rho_{\text{рід}} g h_1 S \\F_2 &= \rho_{\text{рід}} g h_2 S \\F_{\text{арх}} &= \rho_{\text{рід}} g h_1 S - \rho_{\text{рід}} g h_2 S = \rho_{\text{рід}} g S (h_2 - h_1) \\h_2 - h_1 &= h \text{ (висота кубика)} \\F_{\text{арх}} &= \rho_{\text{рід}} g S h \\V &= S h \\F_{\text{арх}} &= \rho_{\text{рід}} g V \\ \rho_{\text{рід}} V &= m_{\text{рід}} \text{ (маса рідини в об'ємі кубика)} \\F_{\text{арх}} &= m_{\text{рід}} g = P_{\text{рід}}\end{aligned}$$

Архімедова сила дорівнює вазі рідини в об'ємі кубика: $F_{\text{арх}} = P_{\text{рід}}$

Закон Архімеда:

На тіло, занурене в рідину або газ, діє виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі рідини або газу в об'ємі зануреної частини тіла.



$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{рід(газу)}} g V_{\text{зан}}$$

Архімедова сила прикладена до центра зануреної частини тіла і напрямлена вертикально вгору.

Розв'язування задач

1. Об'єм шматка заліза дорівнює $0,2 \text{ дм}^3$. Визначте виштовхувальну силу, що діє на нього при повному зануренні у воду; у гас.

Дано:

$$\begin{aligned}V_{\text{зал}} &= 0,2 \text{ дм}^3 \\ \rho_{\text{води}} &= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\ \rho_{\text{гасу}} &= 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\ g &= 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}\end{aligned}$$

$F_{\text{арх}} = ?$

Розв'язання

$$0,2 \text{ дм}^3 = 0,0002 \text{ м}^3$$

1) Тіло занурене у воду

$$\begin{aligned}F_{\text{арх}} &= \rho_{\text{води}} g V_{\text{заліза}} \\ F_{\text{арх}} &= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,0002 \text{ м}^3 = 2 \text{ Н}\end{aligned}$$

2) Тіло занурене у гас. Учням пропонується самостійно виконати обчислення, а потім перевіряється відповідь:

$$F_{\text{арх}} = 1,6 \text{ Н.}$$

Відповідь: для води $F_{\text{арх}} = 2 \text{ Н}$; для гасу $F_{\text{арх}} = 1,6 \text{ Н}$.

2. На кулю, повністю занурену в бензин, діє архімедова сила 300 Н. Обчисліть об'єм кулі.

Дано:

$$F_{\text{арх}} = 300 \text{ Н}$$

$$\rho_{\text{бенз}} = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$V_{\text{кулі}} - ?$$

Розв'язання

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{бенз}} g V_{\text{кулі}}$$

$$V_{\text{кулі}} = \frac{F_{\text{арх}}}{\rho_{\text{бенз}} g}$$

$$V_{\text{кулі}} = \frac{300 \text{ Н}}{710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,04 \text{ м}^3$$

$$\textbf{Відповідь: } V_{\text{кулі}} = 0,04 \text{ м}^3$$

3. Знайдіть архімедову силу, яка діє на суцільний сталевий брусок масою 3 кг, якщо він повністю занурений у воду і не торкається дна та стінок посудини.

Дано:

$$m = 3 \text{ кг}$$

$$\rho_{\text{води}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{сталі}} = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F_{\text{арх}} - ?$$

Розв'язання

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{води}} g V_{\text{сталі}}$$

$$V_{\text{сталі}} = \frac{m}{\rho_{\text{сталі}}}$$

$$V_{\text{сталі}} = \frac{3 \text{ кг}}{7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 0,0004 \text{ м}^3$$

$$F_{\text{арх}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,0004 \text{ м}^3 = 4 \text{ Н}$$

$$\textbf{Відповідь: } F_{\text{арх}} = 4 \text{ Н.}$$

4. На тіло, що повністю занурене в гас, діє архімедова сила 4 Н. Яку густину має тіло, якщо його маса становить 900 г?

Дано:

$$\rho_{\text{гасу}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$F_{\text{арх}} = 4 \text{ Н}$$

$$m = 900 \text{ г}$$

$$= 0,9 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$\rho_{\text{тіла}} - ?$$

Розв'язання

$$\rho_{\text{тіла}} = \frac{m}{V_{\text{тіла}}}$$

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{гасу}} g V_{\text{тіла}} \Rightarrow V_{\text{тіла}} = \frac{F_{\text{арх}}}{\rho_{\text{гасу}} g}$$

$$V_{\text{тіла}} = \frac{4 \text{ Н}}{800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,0005 \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{тіла}} = \frac{0,9 \text{ кг}}{0,0005 \text{ м}^3} = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\textbf{Відповідь: } \rho_{\text{тіла}} = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

5. Що покаже динамометр, якщо підвішене до нього тіло повністю занурити у воду? Маса тіла дорівнює 200 г, об'єм — 50 см³.

Дано:

$$\rho_{\text{води}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$m = 200 \text{ г}$$

$$= 0,2 \text{ кг}$$

$$V_{\text{тіла}} = 50 \text{ см}^3$$

$$= 0,00005 \text{ м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F = ?$$

Розв'язання

$$F = F_{\text{тяж}} - F_{\text{арх}}$$

$$F_{\text{тяж}} = mg$$

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{води}} g V_{\text{тіла}}$$

$$F = mg - \rho_{\text{води}} g V_{\text{тіла}}$$

$$F = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} - 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,00005 \text{ м}^3 = 1,5 \text{ Н}$$

$$\text{Відповідь: } F = 1,5 \text{ Н}$$

Запитання

1. Куди напрямлена сила, яка діє з боку рідини або газу на тіло, що в них занурене?
2. Що є причиною виникнення виштовхувальної сили?
3. Як іще називають виштовхувальну силу?
4. Сформулюйте закон Архімеда.
5. Чи втрачає вагу тіло, занурене в рідину або газ? Чому?
6. У яких випадках на тіло, занурене в рідину, не діє виштовхувальна сила?

ЗАВДАННЯ

Вивчити § 27, Вправа № 27 (3, 4).