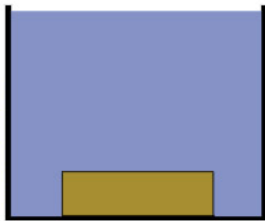


# Виштовхувальна сила. Закон Архімеда.

Розв'язуємо задачу разом.

## Задача 1

Яка архімедова сила діє на суцільний алюмінієвий брусок, що має масу 540 г, якщо він повністю занурений у воду?



Дано:

$$m = 540 \text{ г}$$

$$\rho_a = 2700 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_b = 1000 \text{ кг/м}^3$$

---

$$F_A - ?$$

СІ

$$= 0,54 \text{ кг}$$

Розв'язання:

Для знаходження шуканої сили

скористаємося законом Архімеда  $F_A = \rho_{\text{ж}} V g$ .

Оскільки брусок повністю занурений у воду, то об'єм води, витиснутої бруском, дорівнює об'єму бруска. Об'єм бруска можна знайти

через його масу й густину:  $V = \frac{m}{\rho}$ .

Тоді архімедова сила дорівнює:  $F_A = \frac{\rho_{\text{ж}} m g}{\rho}$ .

Перевірка одиниць:

$$[F_A] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \text{Н}$$

Обчислюємо шукану величину:

$$F_A = \frac{10^3 \cdot 0,54 \cdot 10}{2700} = 2 \text{ (Н)}$$

Відповідь:  $F_A = 2 \text{ Н}$

## Задача 2

У повітрі тіло важить 12 Н, а у гасі 5,6 Н. Визначити густину тіла.

Дано:

$$P_1 = 12 \text{ Н}$$

$$P_2 = 5.6 \text{ Н}$$

$$\rho_{\text{г}} = 800 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho - ?$$

Розв'язання:

Тіло легше у гасі на значення Архімедової сили:

$$F_A = P_1 - P_2$$

Силу Архімеда також можна знайти за формулою:

$$F_A = \rho_{\text{г}} g V$$

Прирівнявши праві частини рівнянь, знайдемо об'єм тіла:

$$P_1 - P_2 = \rho_{\text{г}} g V \quad V = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{\text{г}} \cdot g}$$

Для знаходження густини тіла за формулою  $\rho = \frac{m}{V}$ , необхідно визначити

масу тіла. Масу тіла знайдемо з формули ваги (у повітрі)  $m = \frac{P_1}{g}$

Для виведення кінцевої формули для знаходження густини тіла, введемо вирази маси та об'єму у формулу густини:

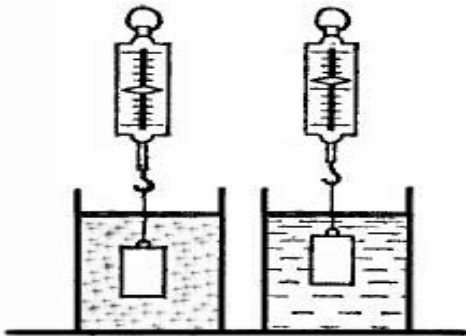
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P_1 \rho_{\text{г}} \cdot g}{g(P_1 - P_2)} = \frac{P_1 \rho_{\text{г}}}{(P_1 - P_2)}$$

Обчислимо густину тіла: 
$$\rho = \frac{12 \cdot 800}{(12 - 5.6)} = 1500 \text{ кг/м}^3$$

Відповідь: 1500 кг/м<sup>3</sup>

## Задача 3

Якщо підвішений до динамометра брусок занурити у воду, динамометр показує 34 Н, якщо в гас — динамометр показує 38 Н. Які маса й густина бруска?



Дано:

$$P_1 = 34 \text{ Н}$$

$$P_2 = 38 \text{ Н}$$

$$\rho_{\text{г}} = 800 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$m - ?$$

$$\rho - ?$$

Розв'язання:

Позначимо  $P_1$  – вага тіла у воді,  $P_2$  – вага тіла у гасі,  
 $P_3$  – вага тіла у повітрі.

Тіло легше у воді на значення Архімедової сили:

$$F_A = P_3 - P_1$$

Силу Архімеда також можна знайти за формулою:

$$F_A = \rho_{\text{в}} g V$$

Прирівнюємо праві частини рівнянь

$$P_3 - P_1 = \rho_{\text{в}} g V$$

Аналогічне рівняння отримаємо для випадку занурення тіла у гасі:

$$P_3 - P_2 = \rho_{\text{г}} g V$$

З обох рівнянь знайдемо вагу тіла у повітрі  $P_3 = P_1 + \rho_{\text{в}} g V$

$$P_3 = P_2 + \rho_{\text{г}} g V$$

Прирівнявши праві частини рівнянь, знайдемо об'єм тіла

$$P_1 + \rho_{\text{в}} g V = P_2 + \rho_{\text{г}} g V$$

$$\rho_{\text{в}} g V - \rho_{\text{г}} g V = P_2 - P_1$$

$$g V (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}}) = P_2 - P_1$$

$$V = \frac{P_2 - P_1}{g (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}})}$$

Масу тіла знайдемо з формули ваги тіла в повітрі:  $m = \frac{P_3}{g} = \frac{P_1 + \rho_{\text{в}} g V}{g}$

Густина тіла знаходимо з формули маси:  $\rho = \frac{m}{V}$

$$\text{Обчислимо: } V = \frac{38 - 34}{10 (1000 - 800)} = 0,002 \text{ (м}^3\text{)}$$

$$m = \frac{34 + 1000 \cdot 10 \cdot 0,002}{10} = 5,4 \text{ (кг)}$$

$$\rho = \frac{5,4}{0,002} = 2700 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

Відповідь: 5,4 кг; 2700 кг/м<sup>3</sup>

#### Задача 4

**Повітряна куля об'ємом  $200 \text{ м}^3$  наповнена воднем. Маса оболонки кулі  $10 \text{ кг}$ . Який вантаж може підняти ця куля?**

Дано:

$$V = 200 \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{пов}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$$

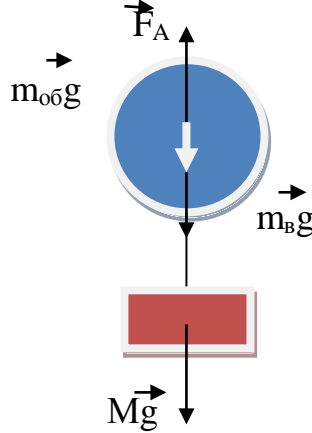
$$\rho_{\text{в}} = 0,09 \text{ кг/м}^3$$

$$m_{\text{об}} = 10 \text{ кг}$$

$M$  -?

Розв'язання:

Підймальна сила кулі визначається вагою вантажу, який вона може підняти. Розглянемо сили, що діють на кулю:



На кулю вертикально вниз діють сили: вага вантажу  $Mg$ , сила тяжіння, що діє на оболонку кулі  $m_{\text{об}}g$  та сила тяжіння, що діє на водень в середині кулі  $m_{\text{в}}g$ . Вертикально вгору на кулю діє виштовхувальна сила  $F_A$  (куля плаває у повітрі). Сила, що діє вертикально вгору урівноважує всі сили, що діють на кулю вертикально вниз. Запишемо рівняння:

$$F_A = Mg + m_{\text{об}}g + m_{\text{в}}g, \text{ звідси}$$

$$Mg = F_A - m_{\text{об}}g - m_{\text{в}}g$$

Виштовхувальну (Архімедову) силу знайдемо за формулою:  $F_A = \rho_{\text{пов}} g V$

Маса водню  $m_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} V$  Підставивши вирази  $F_A$  і  $m_{\text{в}}$  у основне рівняння,

отримаємо  $Mg = \rho_{\text{пов}} g V - m_{\text{об}}g - \rho_{\text{в}} V g$ . Скоротимо на  $g$

$$M = \rho_{\text{пов}} V - m_{\text{об}} - \rho_{\text{в}} V = (\rho_{\text{пов}} - \rho_{\text{в}}) V - m_{\text{об}}$$

Таким чином,

$$M = (\rho_{\text{пов}} - \rho_{\text{в}}) V - m_{\text{об}}$$

Перевіримо одиниці вимірювання маси:

$$[M] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 - \text{кг} = \text{кг}.$$

Обчислюємо масу вантажу:

$$M = (1,29 - 0,09) 200 - 10 = 230 \text{ (кг)}$$

Відповідь: 230 кг

### Задача 5

Брусок плаває у воді таким чином, що під водою перебуває  $3/4$  його об'єму. Визначте густину бруска.

Дано:

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$V = 3/4 V_{\text{б}}$$

$$\rho_{\text{б}} - ?$$

Розв'язання:

Позначимо  $V_{\text{б}}$  – об'єм бруска,  $V$  – об'єм зануреної частини бруска. З умови плавання бруска:  $F_{\text{Т}} = F_{\text{А}}$

$$\text{або } mg = \rho_{\text{в}} g V. \text{ Маса бруска } m = \rho_{\text{б}} V_{\text{б}}, \text{ а } V = 3/4 V_{\text{б}},$$

Отримуємо  $\rho_{\text{б}} V_{\text{б}} g = \rho_{\text{в}} g 3/4 V_{\text{б}}$ , скоротимо на  $V_{\text{б}} g$

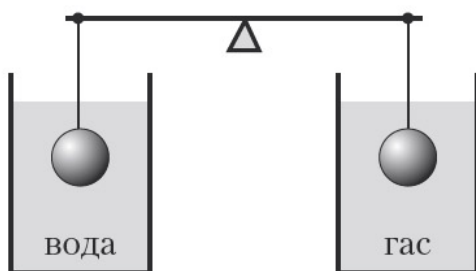
$$\rho_{\text{б}} = \rho_{\text{в}} 3/4$$

Обчислимо густину бруска:  $\rho_{\text{б}} = 1000 \cdot 3/4 = 750 \text{ (кг/м}^3\text{)}$

Відповідь:  $\rho_{\text{б}} = 750 \text{ кг/м}^3$

### Задача 6

Чи порушиться рівновага і чому?



Відповідь: На рисунку бачимо, що об'єми тіл однакові, але тіла знаходяться у рідинах з різною густиною. Густина води більша за густину гасу. Ми знаємо, що Архімедова сила залежить від об'єму виштовхнутої цим тілом рідини та густини рідини, у якій занурені тіла. Тому, на тіло, занурене у воду, буде діяти більша Архімедова сила. Це тіло підніметься вгору. Рівновага порушиться.