

**Завдання**  
**III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики**  
**Експериментальний тур (м. Львів, 2025 р.)**  
**8 клас**

Визначити густину речовини, з якої виготовлено канцелярські скріпки.

Обладнання: скріпки канцелярські (10 шт), балон від шприца із запаяним отвором, дві прозорих посудини з водою.

**Теоретичні відомості**

Для отримання відповіді необхідно використати умову плавання тіл:

$$F_{\text{тяж}} = F_{\text{А}} = \rho_{\text{р}} g V, \quad (1)$$

де  $F_{\text{тяж}}$  – сила тяжіння;  $F_{\text{А}}$  – сила Архімеда;  $\rho_{\text{р}}$  – густина рідини, в яку занурене тіло;  $g = 9,8 \text{ Н/кг}$ ;  $V$  – об'єм зануреної у рідину частини тіла.

**Розв'язок**

**Варіант 1.** Для визначення густини речовини, з якої виготовлено канцелярські скріпки ( $\rho_{\text{скріпки}}$ ) потрібно визначити масу ( $m_{\text{скріпки}}$ ) і об'єм скріпки ( $V_{\text{скріпки}}$ ).

Для знаходження об'єму скріпки наливаємо в балон деяку кількість води, наприклад 3 мл. Вкидаємо в балон скріпки, наприклад 5 шт. Бачимо, що об'єм води з скріпками став 3,2 мл. Отже об'єм п'яти скріпок 0,2 мл, а однієї, відповідно,  $V_{\text{скріпки}} = 0,04 \text{ мл}$ .

Для знаходження маси скріпки скористаємось умовою плавання. Вкидаємо в порожній балон таку кількість  $N_1$  скріпок, щоб балон зі скріпками плавав у прозорій посудині з водою. Визначаємо об'єм зануреної у воду частини балона  $V_1$  завдяки поділкам на балоні шприца (товщина стінок балона є незначною). Після чого збільшуємо кількість скріпок до числа  $N_2$ , але так, щоб балон шприца все ще плавав. І для цього випадку також визначаємо об'єм зануреної у воду частини балона  $V_2$  завдяки поділкам на балоні шприца. Запишемо умови плавання балона шприца для цих двох випадків:

$$(m_0 + m_1)g = \rho_v g V_1, \quad (2)$$

$$(m_0 + m_2)g = \rho_v g V_2, \quad (3)$$

де  $m_0$  – маса балону шприца;  $m_1$  – маса поміщених у балон шприца  $N_1$  скріпок;  $m_2$  – маса поміщених в балон шприца  $N_2$  скріпок;  $\rho_v$  – густина води;  $g = 9,8$  Н/кг;  $V_1$  – об'єм зануреної у рідину частини балона, заповненого  $N_1$  скріпками;  $V_2$  – об'єм зануреної у рідину частини балона, заповненого  $N_2$  скріпками.

Вирази (3) і (2) можна записати наступним чином:

$$m_2 - m_1 = \rho_v (V_2 - V_1). \quad (4)$$

Так як скріпки однакові, то:

$$m_2 = N_2 \cdot m_{\text{скріпки}}, \quad (5)$$

$$m_1 = N_1 \cdot m_{\text{скріпки}}, \quad (6)$$

де  $m_{\text{скріпки}}$  – маса однієї скріпки.

Тоді вираз (4), можна записати так:

$$m_{\text{скріпки}} (N_2 - N_1) = \rho_v (V_2 - V_1). \quad (7)$$

Отже густина скріпки рівна:

$$\rho_{\text{скріпки}} = \frac{\rho_v (V_2 - V_1)}{V_{\text{скріпки}} (N_2 - N_1)}. \quad (8)$$

При використанні п'яти ( $N_1 = 5$ ) та десяти ( $N_2 = 10$ ) скріпок, ми отримали значення густини речовини, з якої виготовлено канцелярські скріпки, приблизно рівне  $7,7$  г/см<sup>3</sup> (сталь).

## Варіант 2

Знаходимо об'єм однієї скріпки як у варіанті 1. Для знаходження маси скріпки скористаємось умовою плавання. Вкидаємо в порожній балон  $N_1$  скріпок і, доливаючи у балон фіксований об'єм води, добиваємось, щоб балон зі скріпками і водою плавав у посудині з водою:

$$(m_0 + m_1 + m_{1\text{води}})g = \rho_0 g V_3, \quad (9)$$

де  $m_{1\text{води}}$  – маса води у балоні шприца, в якому поміщено  $N_1$  скріпок;  $V_3$  – об'єм зануреної у рідину частини балона.

Помічаємо на балоні рівень його занурення. Виливаємо з балона воду і вкидаємо  $N_2$  скріпок. Знову доливаємо у балон фіксований об'єм води, щоб балон зі скріпками і водою плавав, занурившись до того самого рівня:

$$(m_0 + m_2 + m_{2\text{води}})g = \rho_0 g V_3. \quad (10)$$

де  $m_{2\text{води}}$  – маса води у балоні шприца, в якому поміщено  $N_2$  скріпок.

А це означає, що:

$$m_2 + m_{2\text{води}} = m_1 + m_{1\text{води}}, \quad (11)$$

$$m_2 - m_1 = m_{1\text{води}} - m_{2\text{води}}. \quad (12)$$

$$m_{\text{скріпки}}(N_2 - N_1) = m_{1\text{води}} - m_{2\text{води}}. \quad (13)$$

Тоді маса однієї скріпки:

$$m_{\text{скріпки}} = \frac{m_{1\text{води}} - m_{2\text{води}}}{N_2 - N_1}. \quad (14)$$

Густина скріпки: 
$$\rho_{\text{скріпки}} = \frac{m_{\text{скріпки}}}{V_{\text{скріпки}}}. \quad (15)$$