

**Можливі розв'язки завдань практичного туру 2017 року  
8, 9 класи**

1. *Визначити коефіцієнт тертя між сірниковою коробкою та поверхнею стола.  
Обладнання: сірникова коробка, смужка міліметрового паперу, нитка.*

Брусок з прив'язаною до довгої грані ниткою поставте торцем на горизонтальну поверхню столу і тягніть за нитку. Якщо нитка закріплена невисоко над поверхнею столу, то брусок буде ковзати. При певній висоті  $h$  точки  $A$  кріплення нитки сила натягу нитки  $F$  перекидає брусок.

Умови рівноваги для цього випадку щодо точки перекидання:  $Fh - mga/2 = 0$ ;  $F - F_{mp} = 0$ ;  $N - mg = 0$ . Звідси:  $\mu = \frac{a}{2h}$

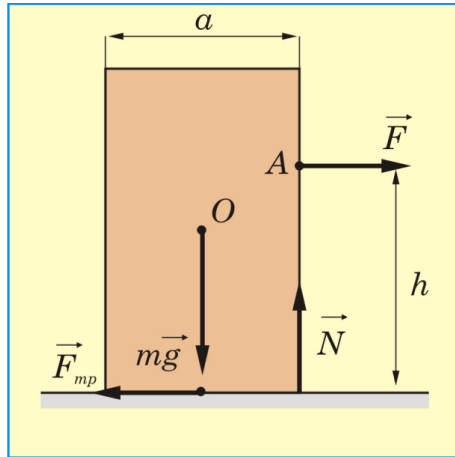


Рис. 1

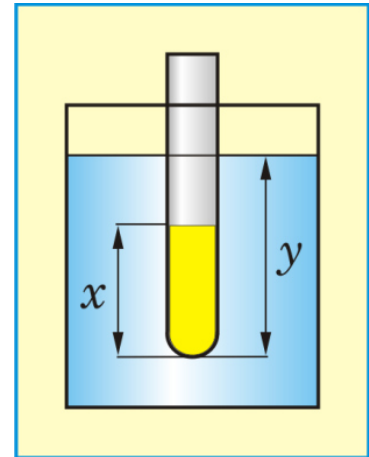


Рис. 2

2. *Визначити густину скла, з якого виготовлена пробірка.*

*Обладнання. Пробірка, що досліджується, мензурка, ємність з водою (обрізнана зверху порожня пластикова пляшка об'ємом 1,5 – 2,0 л), шприци об'ємом 1 мл і 20 мл, штапик, міліметровий папір, скотч і ножиці (на вимогу).*

*Розв'язок.* Обмотавши пробірку шматочком міліметрового паперу, визначимо периметр  $P = \pi \cdot D$ . Тоді зовнішній діаметр  $D$ . Внутрішній діаметр пробірки можна виміряти, доливши до неї шприцом воду і вимірявши зміну рівня  $\Delta x$ . Об'єм наливої води  $\Delta V_1 = \frac{1}{4} \pi d^2 \Delta x$  нам відомий, оскільки ми наливаємо її шприцом.

Для того, щоб пробірка плавала вертикально, потрібно налити в неї деяку кількість води. Вимірюємо рівні  $x$  та  $y$ , наклеївши на пробірку з допомогою скотча смужку міліметрового паперу, яка служить нам шкалою.

Воду в досліджувану пробірку наливаємо шприцом, таким чином ми знаємо об'єм  $V_1$ . Для вимірювання об'єму  $V_2$  зануримо малу пробірку в більшу до тієї ж глибини  $y$ . Відзначимо рівень води у великій пробірці. Потім виймемо малу пробірку і шприцом доліємо у велику пробірку води до зазначеного рівня. Об'єм долитої води дорівнює  $V_2$ .

Згідно із законом Архімеда  $(m + \rho_0 V_1) g = \rho_0 V_2 g$ , отже, масу пробірки можна розрахувати за формулою  $m = \rho_0 (V_1 - V_2)$ . (1)

Виміряємо об'єм води, яка виштовхується під час повного занурення малої пробірки в більшу та повний внутрішній об'єм малої пробірки. Різниця цих об'ємів і є об'єм скла пробірки  $V$ . Розрахуємо густину матеріалу пробірки за формулою  $\rho = \frac{m}{V}$ .

## 10 клас

### 1. Визначити силу тиску "губок" прищипки.

*Обладнання: смужка скочу, аркуш паперу, прищипка, стаканчик, сіль (пісок, вода тощо), лінійка.*

*Розв'язок.* Силу тиску "губок" прищипки можна знайти, якщо затиснути між ними складений вдвоє скоч (клеякою стороною всередину), до якого підвісити стаканчик з сіллю. Маса стаканчика з сіллю повинна бути такою, щоб стрічка почала зісковзувати з прищипки. Тоді:  $2 \mu N = m g$ , де  $\mu$  – коефіцієнт тертя ковзання між прищипкою та стрічкою,  $N$  – реакція з боку стрічки (за модулем дорівнює силі тиску прищипки),  $m$  – маса солі у стаканчику (масою стаканчика і стрічки нехтуємо).

$$N = \frac{m g}{2 \mu}$$

Коефіцієнт тертя можна знайти приклеївши до паперу стрічку і поклавши на неї прищипку. Повільно збільшуючи кут нахилу, досягнути моменту, коли прищипка почне зісковзувати зі сталою швидкістю. Тангенс кута нахилу, який дорівнює коефіцієнту тертя, визначити як відношення катетів прямокутного трикутника.

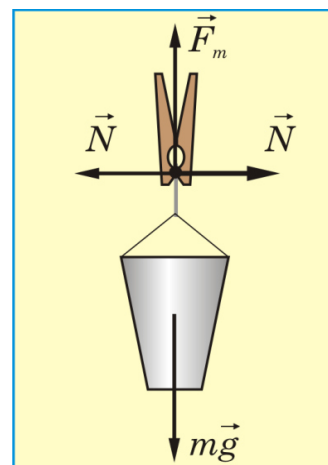


Рис. 3

Масу солі визначити як добуток густини на об'єм, який вона займає у стаканчику.

### 2. Визначити з максимальною точністю густину $\rho$ соняшникової олії. Густина води $\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

*Обладнання. Пробірка з наклеєною на зовнішню поверхню міліметровим папером, посудина для рідини, соняшникова олія, міліметровий папір для побудови графіків.*

Розглянемо пробірку з наливою в неї рідиною густиною  $\rho$ , яка плаває в посудині з водою (рис. 4). Нехай внутрішня і зовнішня площі поперечного перерізу дорівнюють відповідно  $S_1$  і  $S_2$ . Позначимо через  $V_1$  і  $V_2$  внутрішній і зовнішній об'єми частин пробірки, які розташовані нижче певного рівня ( $AB$ ), починаючи з якого площа поперечного перерізу пробірки змінюється. Запишемо умову рівноваги пробірки:  $M g + \rho (S_1 l_1 + V_1) g = \rho_в (S_2 l_2 + V_2) g$

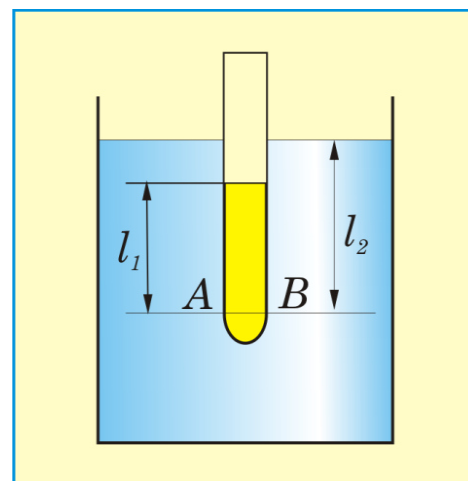


Рис. 4

де  $M$  – маса порожньої пробірки. Звідси отримаємо:

$$l_2 = \frac{\rho S_1}{\rho_в S_2} \cdot l_1 + \frac{M + \rho V_1 - \rho_в V_2}{\rho_в S_2} = a \cdot l_1 + b \quad (1)$$

де  $a$  і  $b$  – деякі сталі, які не залежать від  $l_1$  та  $l_2$ .

Наллємо в пробірку воду і знімемо залежність  $l_2$  від  $l_1$ . Побудуємо на міліметровіці відповідний графік. Як видно з формули (1), ця залежність лінійна. За кутовим коефіцієнтом визначимо відношення  $\frac{S_1}{S_2}$ :  $a_0 = \frac{\rho_в S_1}{\rho_в S_2} = \frac{S_1}{S_2}$ .

Повторимо експеримент, заповнюючи пробірку соняшниковою олією. Побудуємо графік залежності. За кутовим коефіцієнтом графіка обчислимо густину  $\rho$  олії:

$$a = \frac{\rho S_1}{\rho_в S_2} = a_0 \frac{\rho}{\rho_в}$$

Остаточно отримуємо:  $\rho = \frac{a}{a_0} \cdot \rho_в$ .

## 11 клас

1. Визначити надлишковий тиск повітря в кульці (різниця тисків всередині кульки з атмосферним тиском), коли діаметр кульки в надутому стані дорівнює  $d \approx 25$  см.

1) Знайдіть об'єм надutoї кульки та оцініть похибку вимірювання цієї величини.

2) Під час надування кульки разом з повітрям людина видихає в кульку пари води, які конденсуються на оболонці. Цей конденсат впливає на точність вимірювання. Як позбавитись у розрахунках цього впливу?

Примітка. Молярна маса повітря  $\mu = 29$  г/моль, кімнатну температуру мають назвати члени оргкомітету.

Обладнання. Гумова повітряна кулька, нитки, ножиці, неоднорідний стержень (соломинка для коктейлів з пластиліном всередині), лінійка, штатив з лапкою, 2 аркуші паперу формату А4 (поверхнева густина паперу  $\rho_n = 80$  г/м<sup>2</sup>).

Можливий розв'язок. Надуємо кульку до діаметра  $d \approx 25$  см. Його можна визначити, якщо обернути нитку навколо кульки та виміряти довжину окружності  $L = \pi \cdot d$ . Зауважимо, що для різних перетинів значення будуть незначно відрізнятися, оскільки форма кульки неідеальна. Для більшої точності виміряємо діаметр кульки в трьох перпендикулярних площинах і підставимо в формулу  $V = \pi d^3/6$  середнє значення  $d_{cp}$ . Похибка визначення діаметру можна оцінити з проведених вимірювань. Для об'єму вірне співвідношення  $\Delta V/V = 3\Delta d/d_{cp}$ .

Підвісимо соломинку за її центр мас. В якості важків будемо використовувати шматочки паперу, маса яких визначається їх площею (поверхнева густина паперу відома). З паперу робиться кошик для важків. Кошик і кулька кріпляться нитками.

Вимірювання проведемо в два етапи. Спочатку зрівноважимо важками надуту кульку. Для більшої точності плечі терезів варто вибирати максимально можливими. Виміряємо довжину плеча, на яке підвішена кулька  $l_1$ .

На другому етапі зрівноважимо здуту кульку, залишивши масу важків такою самою і підвішуючи вантаж відомої маси  $m_0$  на плече з кулькою. Нехай в рівновазі його плече дорівнює  $l_2$ . Тоді момент, який створює новий тягарець, компенсує момент, створений вагою повітря в кульці  $P \cdot l_1 = m_0 \cdot l_2$ .

Зауважимо, що першим робимо вимірювання з надutoю кулькою, оскільки під час надування на оболонці конденсуються пари води, що видихаються з повітрям і приводять до зміни маси кульки. Під час здування конденсат залишається на кульці.

Вага повітря в кульці дорівнює різниці сили тяжіння, що діє на нього, і сили Архімеда:

$$P = m g - V \rho_{атм} g = V \rho_{внутр} g - V \rho_{атм} g = m_0 \cdot l_2 / l_1,$$

де  $\rho_{внутр}$  – густина повітря усередині кульки, а  $\rho_{атм}$  – густина атмосферного повітря.

Надмірний тиск в кульці:

$$\Delta p = \frac{1}{V} \frac{m_0}{\mu} RT - p_{атм} = \frac{RT}{\mu} \rho_{внутр} - \rho_{атм} = \frac{\Delta m_0 l_2}{\mu V l_1} RT = (2,5 \pm 0,5) \text{ кПа}.$$

2. *Визначити з максимальною точністю густину  $\rho$  соняшникової олії. Густина води  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ .*

*Обладнання. Пробірка з наклеєною на зовнішню поверхню міліметровим папером, посудина для рідини, соняшникова олія, міліметровий папір для побудови графіків.*

Розглянемо пробірку з наливою в неї рідиною густиною  $\rho$ , яка плаває в посудині з водою (рис. 5). Нехай внутрішня і зовнішня площі поперечного перерізу дорівнюють відповідно  $S_1$  і  $S_2$ . Позначимо через  $V_1$  і  $V_2$  внутрішній і зовнішній об'єми частин пробірки, які розташовані нижче певного рівня ( $AB$ ), починаючи з якого площа поперечного перерізу пробірки змінюється. Запишемо умову рівноваги пробірки:  $Mg + \rho(S_1 l_1 + V_1)g = \rho_0(S_2 l_2 + V_2)g$

де  $M$  – маса порожньої пробірки. Звідси отримуємо:

$$l_2 = \frac{\rho S_1}{\rho_0 S_2} \cdot l_1 + \frac{M + \rho V_1 - \rho_0 V_2}{\rho_0 S_2} = a \cdot l_1 + b \quad (1)$$

де  $a$  і  $b$  – деякі сталі, які не залежать від  $l_1$  та  $l_2$ .

Наллємо в пробірку воду і знімемо залежність  $l_2$  від  $l_1$ . Побудуємо на міліметровці відповідний графік. Як видно з формули (1), ця залежність лінійна. За кутовим коефіцієнтом визначимо відношення  $\frac{S_1}{S_2}$ :

$$a_0 = \frac{\rho_0 S_1}{\rho_0 S_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

Повторимо експеримент, заповнюючи пробірку соняшниковою олією. Побудуємо графік залежності. За кутовим коефіцієнтом графіка обчислимо густину  $\rho$  олії:

$$a = \frac{\rho S_1}{\rho_0 S_2} = a_0 \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Остаточно отримуємо:

$$\rho = \frac{a}{a_0} \cdot \rho_0.$$

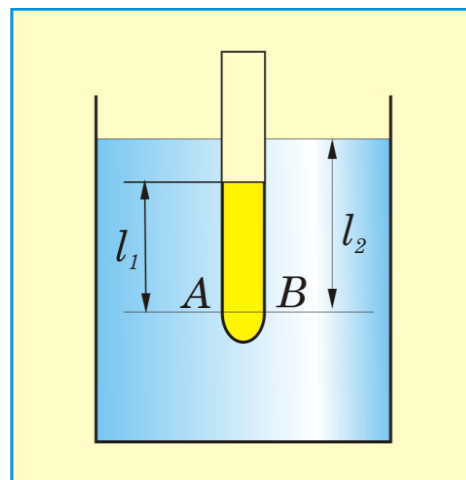


Рис. 5