

ЗАВДАННЯ

III (обласного) етапу Всеукраїнської олімпіади юних фізиків, 2024/25 н. р. 8 клас

Завдання теоретичного туру

1. Роман і Степан вийшли один одному назустріч. Роман – зі школи і йде зі швидкістю $v_1=5$ км/год, а Степан – з дому, йде зі швидкістю $v_2=3$ км/год. Разом зі Степаном з дому вибіг його пес Боб. Боб біжить до Романа і, добігши до нього, миттєво розвертається і біжить назад до Степана. Добігши до Степана, він знову розвертається і біжить до Романа і т. д. Швидкість Боба $v_3=12$ км/год, відстань між школою і домом $d=2,4$ км. Знайти, яку відстань набігає Боб перш ніж хлопці зустрінуться.

2. Порожній куб плаває на поверхні води так, що його половина знаходиться під водою. Після додавання в середину куба вантажу масою 2 кг куб занурився під воду так, що $3/4$ кубу знаходиться під водою. Чому дорівнює довжина сторони кубу? Густина води дорівнює 1000 кг/м³.

3. Для вимірювання маси вантажу учень використав однорідний стрижень масою 100 г. Він підвісив вантаж до одного з кінців стрижня. Потім врівноважив стрижень на опорі, що розташована від точки підвісу вантажу на відстані, яка дорівнює третині довжини стрижня (рис. 1). Як за цими даними учень знайшов масу вантажу?

4. В калориметрі знаходиться вода за температури $t_1 = 20^\circ\text{C}$. В калориметр доливають певну кількість води з температурою t . Після встановлення теплової рівноваги температура води в калориметрі складає $t_2 = 40^\circ\text{C}$. Потім до калориметра додають таку ж саму кількість води за температури t , що й попередній раз. Після встановлення теплової рівноваги температура води в калориметрі стала рівною $t_3 = 50^\circ\text{C}$.

а) Чому дорівнює температура t ?

б) Яке співвідношення між початковою масою води в калориметрі та масою однієї порції води, яку було додано до калориметра?

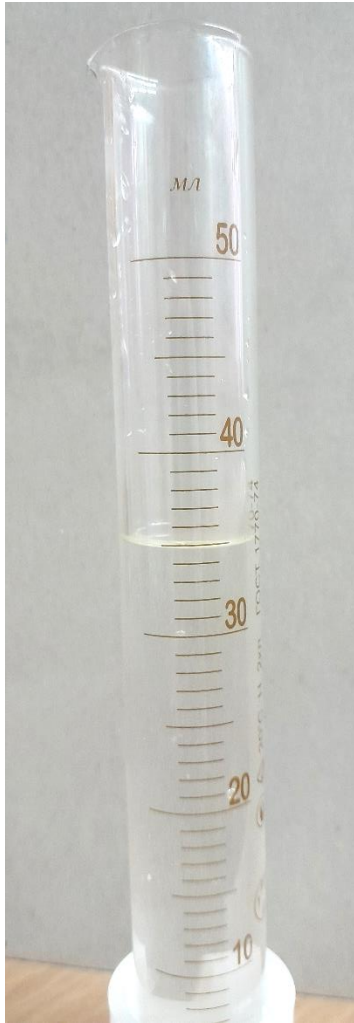
Теплоємністю калориметра та втратами тепла знехтуйте.

Завдання експериментального туру

5. Для проведення досліду з вимірювання густини матеріалу, з якого виготовлена пробірка, учень скористався мензуркою, ємністю з водою та досліджуваною пробіркою. Основним етапам досліду відповідають світлин (рис. 2, а – в). За цими даними поясніть суть методу вимірювання та знайдіть густину матеріалу пробірки. Густина води $\rho_v = 1000$ кг/м³.



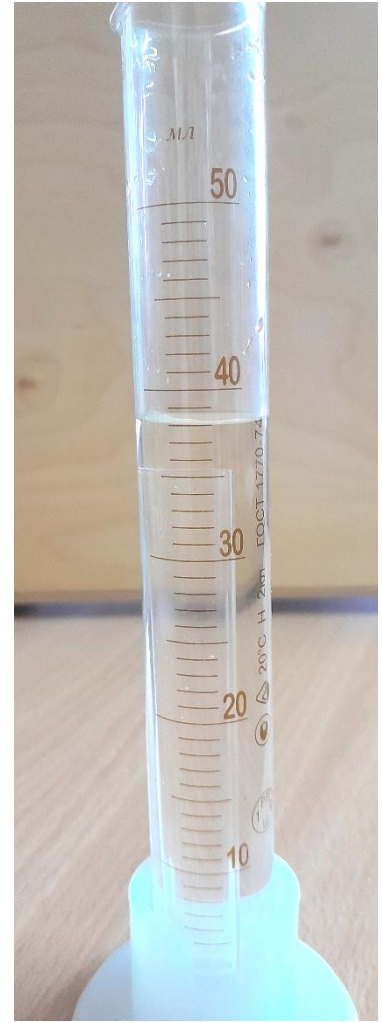
Рис. 1. До задачі 3



а)



б)



в)

Рис. 2. До задачі 5: дослід з вимірювання густини матеріалу пробірки: а) мензурка з водою; б) пробірка плаває на поверхні води; в) пробірка штучно затоплена

ЗАВДАННЯ

III (обласного) етапу Всеукраїнської олімпіади юних фізиків, 2024/25 н. р. 9 клас

Завдання теоретичного туру

1. Торпедний катер, перебуваючи в точці А, випускає дві торпеди по кораблю, який в цей же момент часу знаходиться в точці В (рис. 1). Обидві торпеди йдуть з однаковими за модулем швидкостями. Швидкість руху катера та торпед відносно води весь час сталі. Напрямки та величини швидкостей задані на рис. 1. Чи влучать торпеди у корабель?
2. Зі шматка однорідного жорсткого дроту масою 80 г вигнуто фігуру у формі букви «Г». Її підвісили в точці О з можливістю повертатися без тертя (рис. 2). Яку мінімальну силу слід прикласти до іншого кінця фігури (точка А), щоб більш довга частина фігури знаходилася у вертикальному положенні? Прискорення вільного падіння вважати рівним 10 м/с^2 .
3. Чотири однакові електроплитки підключені до мережі за схемою, наведеною на рис. 3. Спираль першої плитки перегорає. У скільки разів зміниться після цього потужності інших плиток? Напруга мережі весь час залишається сталою.
4. Яка кутова висота Сонця над горизонтом, якщо для освітлення дна глибокого вертикального колодязя сонячними променями використали плоске дзеркало, нахиливши його під кутом 25° до вертикалі.

Завдання експериментального туру

5. Для вимірювання питомої теплоємності латуні учень використав таке обладнання: досліджуваний латунний циліндр; ємність з водою; калориметр (пластиковий стаканчик); термометр; мензурку; нагрівач (електроплитка). У процесі дослідження учень певний час тримав латунний циліндр в киплячій воді, потім занурив його у воду в калориметрі та спостерігав за зміною її температури. Основні етапи експерименту наведені на рис. 4, а – г. Яке значення питомої теплоємності латуні отримав учень за цими даними? Які причини могли знизити точність результату вимірювання?

Густина води $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, густина латуні $\rho_{\text{л}} = 8500 \text{ кг/м}^3$. Питома теплоємність води $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{С)}$.

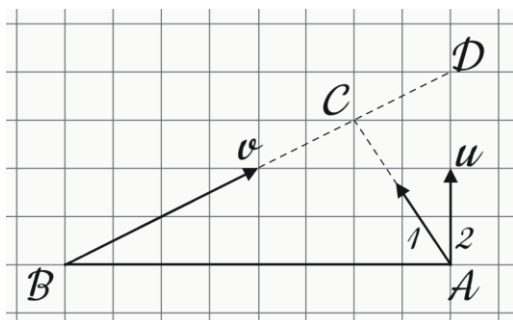


Рис. 1. До задачі 1

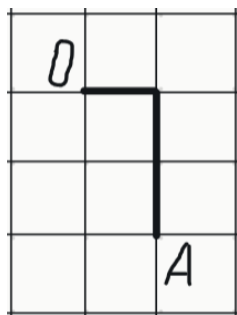


Рис. 2. До задачі 2

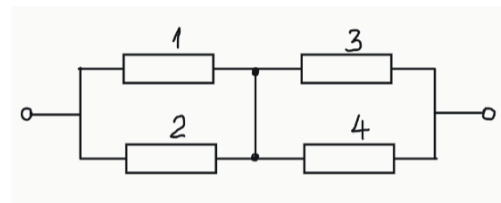


Рис. 3. До задачі 3



а)



б)



в)



г)

Рис. 4. До задачі 5: дослід з вимірювання питомої теплоємності: а) нагрівання циліндра в киплячій воді; б) вимірювання початкової температури води; в) вимірювання максимальної температури води після занурення циліндра; г) вимірювання об'єму води в калориметрі та об'єму досліджуваного циліндра

ЗАВДАННЯ

III (обласного) етапу Всеукраїнської олімпіади юних фізиків, 2024/25 н. р. 10 клас

Завдання теоретичного туру

1. Тіло розпочинає рівноприскорено рухатися з початку координат. Відомо, що з точки з координатою 16 м в точку з координатою 36 м тіло перемістилося за 2 с. Який шлях воно пройде з восьмої до десятої секунди свого руху?

2. Візок маси $M = 400$ г з'єднано нерозтяжною ниткою з вантажем маси $m = 100$ г. В початковий момент часу візок мав швидкість $v_0 = 2$ м/с та рухався ліворуч горизонтальною поверхнею (рис. 1). Початкова координата візка $x_0 = 0$ м.

а) Визначте прискорення візка;

б) для моменту часу $t = 3$ с знайдіть швидкість візка, вкажіть напрямок його руху, а також місце (координату), де він буде знаходитись;

г) знайдіть шлях, який пройде візок за 3 с від початку руху.

Прискорення вільного падіння $g = 10$ м/с². Втрати на тертя не враховуйте.

3. Чотири однакові електроплитки підключені до мережі за схемою, наведеною на рис. 2. Спираль першої плитки перегорає. У скільки разів зміняться після цього потужності інших плиток? Напруга мережі весь час залишається сталою.

4. При розташуванні збиральної лінзи в положенні 1 (рис. 3), зображення A' точкового об'єкта A знаходиться на такій самій відстані від лінзи, що і сам об'єкт. Лінзу поступово повертають та помічають, що при деякому куті φ зображення зникає. Чому дорівнює кут φ ?

Завдання експериментального туру

5. Для вимірювання питомої теплоти плавлення льоду, учень помістив у ємність суміш води та льоду, в якій маса льоду була втричі меншою за масу води, та встановив цю ємність у теплій кімнаті. Впродовж деякого часу учень фіксував зміну температури суміші, в результаті він отримав графік, зображений на рис. 4. По осі абсцис відкладено час у хвилинах. По осі ординат – температуру у градусах Цельсія. Для зручності зображення графік має розрив – впродовж відповідного часу температура суміші була незмінною. Яке значення питомої теплоти плавлення льоду отримав учень за цими даними? Які неточності має цей метод?

Питома теплоємність води $c_v = 4200$ Дж/(кг·°C).

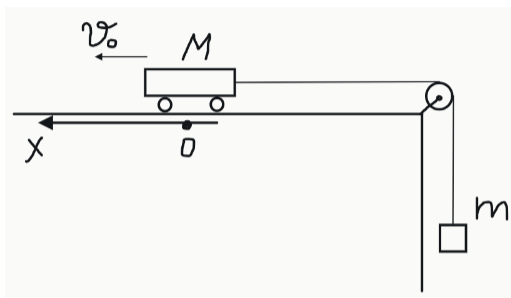


Рис. 1. До задачі 2

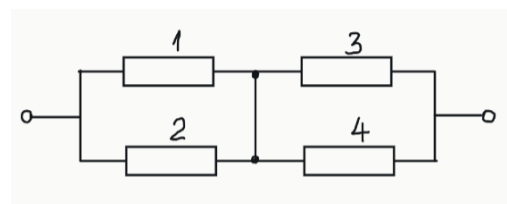


Рис. 2. До задачі 3

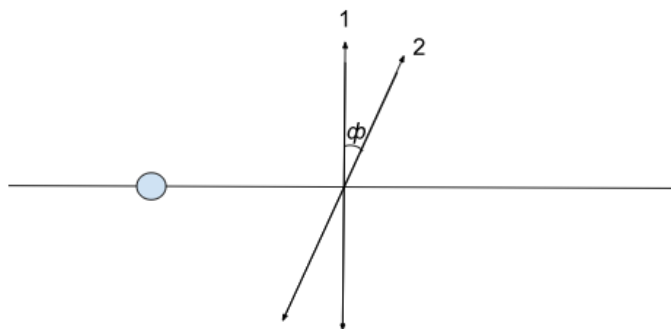


Рис. 3. До задачі 4

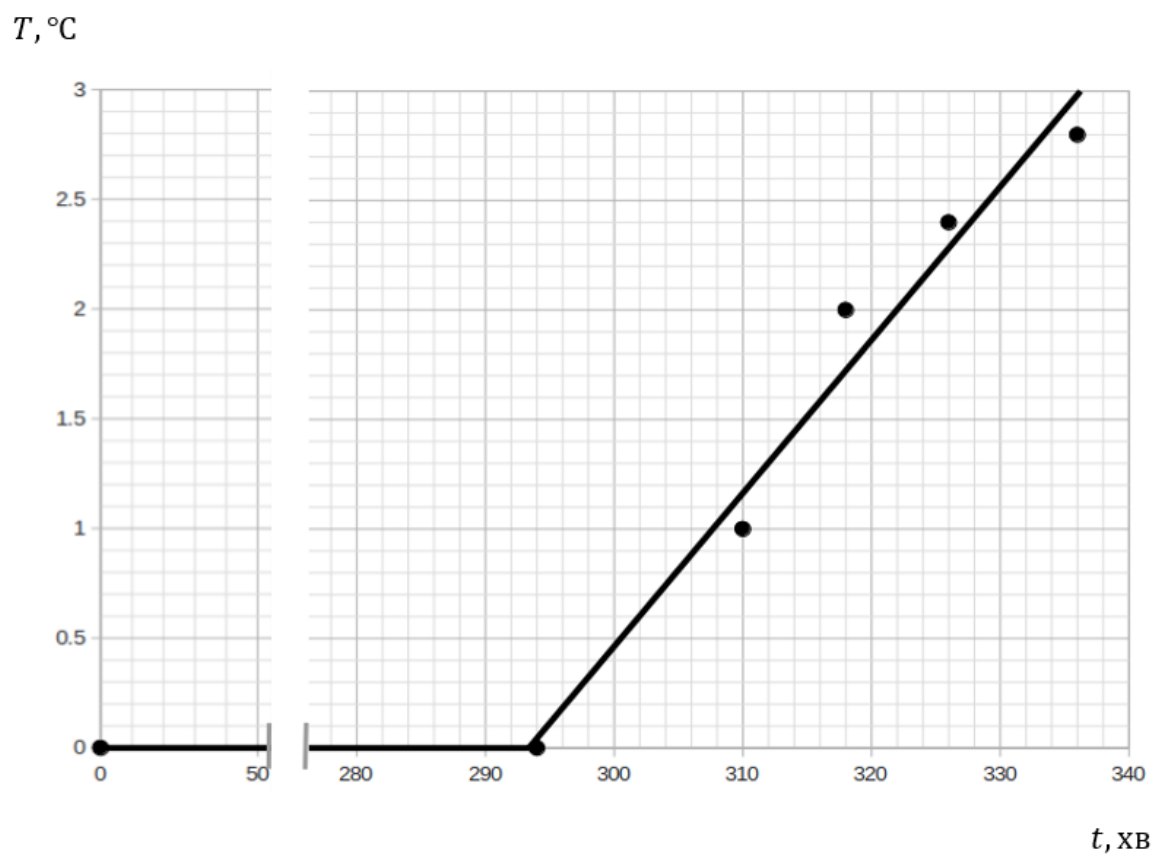


Рис. 4. До задачі 5: експериментальний графік зміни температури суміші у калориметрі з часом

ЗАВДАННЯ

III (обласного) етапу Всеукраїнської олімпіади юних фізиків, 2024/25 н. р. 11 клас

Завдання теоретичного туру

1. З краю вертикального колодязя з плоскими стінками кинули горизонтально м'яч зі швидкістю 4 м/с (рис. 1). Скільки ударів по стінках колодязя зробить м'яч перш ніж досягне дна? На якій відстані від лівої стінки м'яч торкнеться дна? Глибина колодязя 20 м, його ширина – 3 м. Удари м'яча вважайте абсолютно пружними (кут падіння м'яча на стінку дорівнює куту відбивання). Прискорення вільного падіння $g = 10 \text{ м/с}^2$.

2. Тонкостінна гумова куля заповнена азотом та знаходиться в озері на глибині $h = 100 \text{ м}$ у стані рівноваги. Маса матеріалу, з якого виготовлена куля, $m_0 = 50 \text{ г}$. Знайти масу азоту m . Чи є рівновага кулі стійкою? Атмосферний тиск $p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, прискорення вільного падіння $g = 10 \text{ м/с}^2$, густина води $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, температура в глибині озера $T = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, молярна маса азоту $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, універсальна газова стала $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Натягом гуми можна знехтувати.

3. Знайти еквівалентну ємність батареї однакових конденсаторів (рис. 2). Ємність кожного конденсатора дорівнює C .

4. Учень розглядає олівець крізь лінзу із фокусною відстанню 10 см (рис. 3). Довжина олівця дорівнює 12 см. При розташуванні олівця в положенні 1 довжина його зображення виглядає вдвічі меншою за довжину олівця. На якій відстані від лінзи знаходиться ближчий до лінзи кінець олівця в положенні 2? На якій відстані від лінзи знаходиться зображення цього кінця олівця?

Завдання експериментального туру

5. На рис. 4 наведено електричне коло для вимірювання внутрішнього опору та ЕРС джерела струму (батареї гальванічних елементів), а також покази приладів для двох положень повзунка реостата.

а) Накресліть принципову схему зображеного кола.

б) Визначте внутрішній опір та ЕРС джерела струму.

Примітка. Вважайте прилади ідеальними.

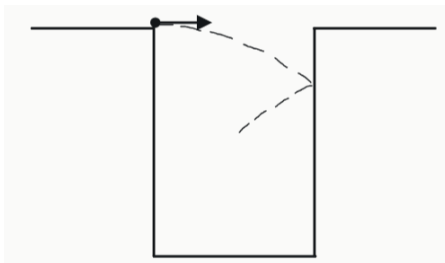


Рис. 1. До задачі 1

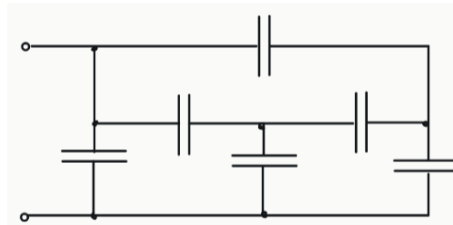


Рис. 2. До задачі 3

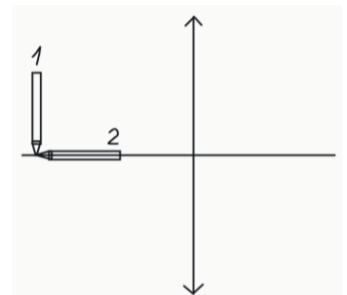


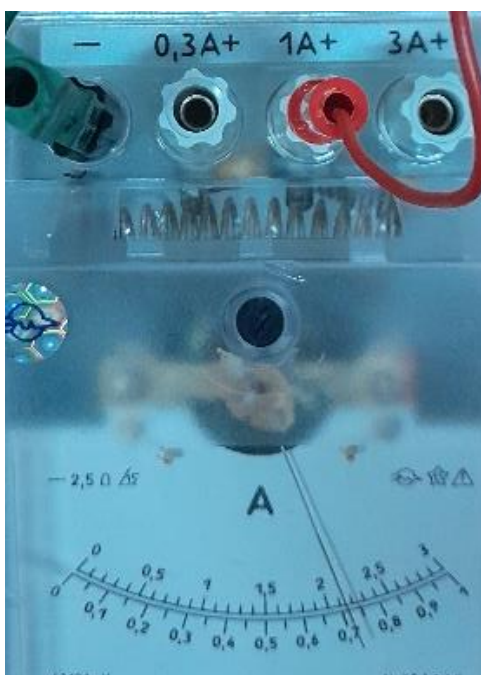
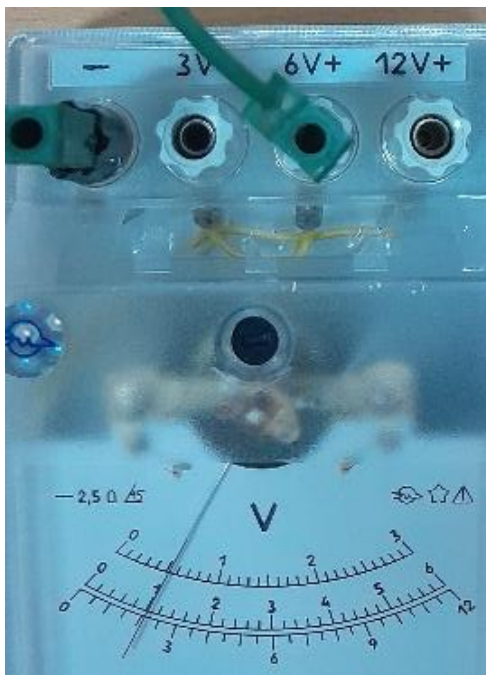
Рис. 3. До задачі 4



а)



б)



в)

Рис. 4. До задачі 5: електричне коло (а) та покази приладів для двох положень повзунка реостата (б та в)

Задачі запропонували: Андрій Андреев, Євген Дуда, Кирило Утюж

РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ

8 клас

Завдання теоретичного туру

1. *Відповідь:* $L = 3,6$ км.

Боб буде бігати без зупинки весь час до зустрічі хлопців. Знайшовши час до їх зустрічі і помноживши його на швидкість пса, отримаємо відстань, пройдену ним:

$$L = \frac{d}{v_1 + v_2} \cdot v_3.$$

2. *Відповідь:* $a = 0,2$ м.

Умова рівноваги для куба до його завантаження:

$$\rho g \frac{a^3}{2} = Mg,$$

де ρ – густина води; g – прискорення вільного падіння; a – ребро куба; M – маса куба.

А після завантаження:

$$\rho g \frac{3a^3}{4} = (M + m)g,$$

де m – маса вантажу.

Віднявши від другого рівняння перше, отримаємо:

$$\rho \frac{a^3}{4} = m,$$

звідки

$$a^3 = \frac{4m}{\rho},$$
$$a = \sqrt[3]{4m/\rho} = 0,2 \text{ м.}$$

3. *Відповідь:* 50 г.

Нехай маса вантажу – m , маса стрижня – M , його довжина – L . Умова механічної рівноваги матиме вигляд (рис. 1):

$$mg \cdot \frac{L}{3} = Mg \cdot \frac{L}{6},$$

де g – прискорення вільного падіння.

Звідки

$$m = M/2 = 50 \text{ г.}$$

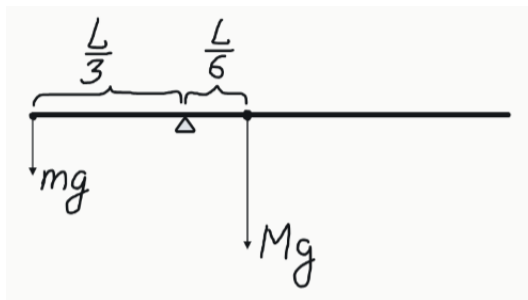


Рис. 1. До задачі 3

4. *Відповідь:* $t = 80^{\circ}\text{C}$; початкова маса води вдвічі більша за масу однієї порції води.

Напишемо рівняння теплового балансу для процесу встановлення теплової рівноваги в калориметрі після додавання першої порції води:

$$cm_1(t_2 - t_1) = cm(t - t_2), \quad (1)$$

де m_1 , m – маса початкової кількості води в калориметрі та маса порції води, яку додали до калориметра;

c – питома теплоємність води.

Звернемо увагу на те, що за додавання обох порцій води *одночасно* зрештою в калориметрі має встановитись та ж температура t_3 , що встановилась після *послідовного* додавання двох порцій води. Це випливає з того, що ми можемо знехтувати втратами тепла за умовою задачі. Запишемо рівняння теплового балансу для цього випадку:

$$cm_1(t_3 - t_1) = 2cm(t - t_3), \quad (2)$$

Розділимо рівняння (2) на (1):

$$\frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_1} = 2 \frac{t - t_3}{t - t_2},$$

Розв'язавши останнє рівняння відносно t та підставивши числові значення, отримуємо:

$$t = 80^{\circ}\text{C}.$$

Для знаходження співвідношення між початковою масою води в калориметрі та масою однієї порції води можна використати будь-яке з двох рівнянь ((1) або (2)). Наприклад, з (1) рівняння отримуємо:

$$\frac{m_1}{m} = \frac{t - t_2}{t_2 - t_1} = \frac{80^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}}{40^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}} = 2.$$

Отже, початкова маса води вдвічі більша за масу однієї порції води.

Завдання експериментального туру

5. Густина матеріалу пробірки:

$$\rho = m/V,$$

де m , V – маса та об'єм корпусу пробірки.

Масу пробірки знайдемо з умови її рівноваги на поверхні води:

$$m = \rho_{\text{в}} V = \rho_{\text{в}} (V_2 - V_1),$$

де $V_2 - V_1$ – різниця показів мензурки відповідно на рисунках *б* та *а*, що наведені в умові задачі; $\rho_{\text{в}}$ – густина води.

Об'єм корпусу пробірки знайдемо за показами мензурки на рис. 5, *в* та *а*:

$$V = V_3 - V_1.$$

Результати вимірювання:

$$m = 8 \text{ г}, V = 3 \text{ см}^3.$$

$$\rho \approx 2,7 \text{ г/см}^3.$$

9 клас

Завдання теоретичного туру

1. *Відповідь:* перша торпеда не влучить, друга влучить.

Задачі запропонували: Андрій Андрєєв, Євген Дуда, Кирило Утюж

Аби відбулося влучення, торпеда і корабель мають прийти в передбачувану точку зіткнення *одночасно*. Тоді умова зіткнення для торпеди 1 (передбачувана точка зіткнення – *C*):

$$\frac{BC}{v} = \frac{AC}{u},$$

або

$$\frac{BC}{AC} = \frac{v}{u},$$

де v , u – швидкість катера та торпеди.

За даними, наведеними на рис. 1, остання умова не виконується, тож перша торпеда не влучить у корабель.

Умова зіткнення для торпеди 2 (передбачувана точка зіткнення – *D*):

$$\frac{BD}{v} = \frac{AD}{u},$$

або

$$\frac{BD}{AD} = \frac{v}{u}.$$

Остання умова виконується (ліва й права частини останньої рівності дорівнюють $\sqrt{5}$).

Отже, друга торпеда досягне своєї цілі.

2. Відповідь: $\approx 0,3$ Н.

Виділимо умовно в конструкції дві частини: горизонтальну та вертикальну (рис. 2). Якщо маса всієї конструкції – m , то на її коротку частину діятиме сила тяжіння $mg/3$, а на довгу – $2mg/3$.

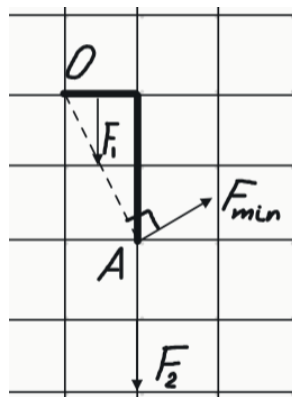


Рис. 2. До задачі 2

Аби сила, прикладена до точки *A*, була мінімальною, її плече d має бути максимальним. Запишемо умову рівноваги фігури відносно осі, що проходить через точку *O*. Для зручності припустимо, що сторона клітинки на рисунку дорівнює a :

$$\frac{mg}{3} \cdot \frac{a}{2} + \frac{2mg}{3} \cdot a = F_{min} \cdot a\sqrt{5},$$

Звідки

$$F_{min} = \frac{\sqrt{5}}{6} mg \approx 0,3 \text{ Н.}$$

3. Відповідь: потужність другої плитки зміниться у $16/9$ разів; третьої та четвертої – у $4/9$ разів.

Задачі запропонували: Андрій Андрєєв, Євген Дуда, Кирило Утюж

Потужності кожної плитки до перегорання першої дорівнюють:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{U^2}{4R}.$$

Після перегорання першої плитки потужності інших дорівнюватимуть:

$$P'_2 = \frac{4U^2}{9R},$$

$$P'_3 = P'_4 = \frac{U^2}{9R}.$$

Отже, зміна потужності кожної плитки дорівнює:

$$\frac{P'_2}{P_2} = \frac{16}{9};$$

$$\frac{P'_3}{P_3} = \frac{P'_4}{P_4} = \frac{4}{9}.$$

4. Відповідь: 40° .

Хід променів та розташування дзеркала наведено на рис. 3. Кутову висоту Сонця знаходимо з рівняння:

$$130^\circ = 90^\circ + \varphi,$$

звідки

$$\varphi = 40^\circ.$$

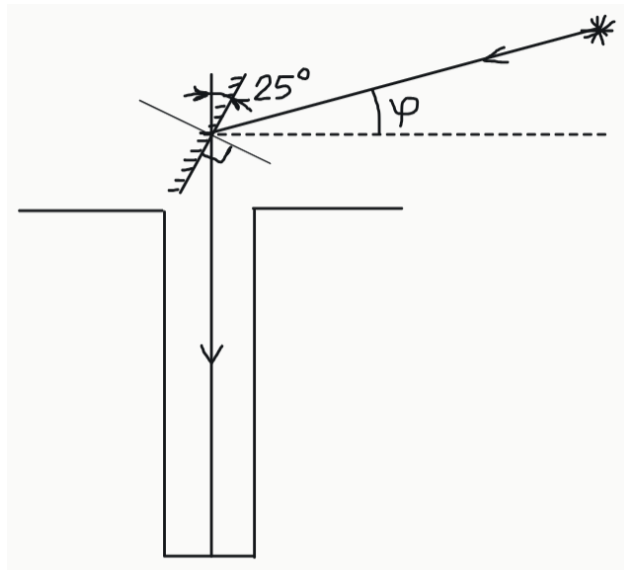


Рис. 3. До задачі 4

Завдання експериментального туру

5. Запишемо рівняння теплового балансу для процесу встановлення температури води в калориметрі після занурення нагрітого циліндра:

$$c_{\text{л}} m_{\text{л}} (T_1 - T_0) = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (T_0 - T_2), \quad (1)$$

де $c_{\text{л}}$, $c_{\text{в}}$ – відповідно питома теплоємність латуні та води;

$m_{\text{л}}$, $m_{\text{в}}$ – маса латунного циліндра та води;

T_0 – максимальна температура води після занурення циліндра;

T_1 – температура нагрітого циліндра перед зануренням у воду, $T_1 = 100^\circ\text{C}$;

T_2 – температура води в калориметрі перед зануренням циліндра.

Задачі запропонували: Андрій Андрєєв, Євген Дуда, Кирило Утюж

Масу циліндра та води можна виразити через їх об'єми:

$$m_{\text{л}} = \rho_{\text{л}} V_{\text{л}},$$

$$m_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} V_{\text{в}}.$$

Врахувавши останні формули, з рівняння (1) отримуємо робочу формулу для питомої теплоємності:

$$c_{\text{л}} = \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} (T_0 - T_2)}{\rho_{\text{л}} V_{\text{л}} (T_1 - T_0)}.$$

Результати вимірювання:

$$T_0 = 38^\circ\text{C},$$

$$T_2 = 18^\circ\text{C},$$

$$V_{\text{л}} = 25 \text{ мл},$$

$$V_{\text{в}} = 45 \text{ мл},$$

$$c_{\text{л}} \approx 290 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}).$$

10 клас

Завдання теоретичного туру

1. *Відповідь:* 36 м.

Рівняння руху тіла в умовах цієї задачі має вигляд:

$$x = \frac{at^2}{2}.$$

Для відомих положень тіла маємо:

$$x_1 = \frac{at_1^2}{2}, x_2 = \frac{at_2^2}{2}.$$

Звідки

$$t_1 - t_2 \equiv \Delta t_1 = \sqrt{\frac{2x_2}{a}} - \sqrt{\frac{2x_1}{a}}.$$

З цього рівняння знаходимо прискорення:

$$a = \frac{2(\sqrt{x_2} - \sqrt{x_1})^2}{\Delta t_1^2} = 2 \text{ м/с}^2.$$

Тепер знайдемо шлях тіла з восьмої до десятої секунди:

$$l = x_4 - x_3 = \frac{a}{2}(t_4^2 - t_3^2) = 36 \text{ м}.$$

2. *Відповідь:* 2 м/с²; 4 м/с, рухатиметься праворуч; 3 м праворуч від початкового положення; 5 м.

Рівняння за другим законом Ньютона для візка та вантажу матимуть вигляд:

$$T = Ma,$$

$$mg - T = ma,$$

де T – натяг нитки; a – прискорення візка (вантаж); g – прискорення вільного падіння. З цих рівнянь отримуємо:

$$a = \frac{m}{M+m} g,$$

$$a = 2 \text{ м/с}^2.$$

Проекція швидкості у заданий момент часу:

$$v_x = v_0 - at,$$

Задачі запропонували: Андрій Андрєєв, Євген Дуда, Кирило Утюж

$$v_x = -4 \text{ м/с.}$$

Отже, візок в момент часу $t = 3 \text{ с}$ рухатиметься праворуч.

Координата візка в момент часу $t = 3 \text{ с}$:

$$x = v_0 t - \frac{at^2}{2},$$

$$x = -3 \text{ м.}$$

Шлях, який пройшов візок за 3 с руху, знайдемо як суму відстаней до та після зупинки. До зупинки:

$$l_1 = \frac{v_0^2}{2a},$$

$$l_1 = 1 \text{ м.}$$

Після зупинки:

$$l_2 = 1 \text{ м} + 3 \text{ м} = 4 \text{ м.}$$

Отже, загальний шлях:

$$l = l_1 + l_2,$$

$$l = 5 \text{ м.}$$

3. Відповідь: потужність другої плитки зміниться у $16/9$ разів; третьої та четвертої – у $4/9$ разів.

Потужності кожної плитки до перегорання першої дорівнюють:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{U^2}{4R}.$$

Після перегорання першої плитки потужності інших дорівнюватимуть:

$$P_2' = \frac{4U^2}{9R},$$

$$P_3' = P_4' = \frac{U^2}{9R}.$$

Отже, зміна потужності кожної плитки дорівнює:

$$\frac{P_2'}{P_2} = \frac{16}{9},$$

$$\frac{P_3'}{P_3} = \frac{P_4'}{P_4} = \frac{4}{9}.$$

4. Відповідь: 60° .

Ідею розв'язання можна легко зрозуміти із схеми (рис. 4). Проведемо промінь з точки А паралельно до нової головної оптичної осі. Після заломлення в лінзі цей промінь має, з одного боку, пройти через фокус F цієї лінзи, а з іншого боку – пройти паралельно до старої головної осі, оскільки за умовою задачі зображення не утворюється при куті φ . На схемі можна углядіти паралелограм, який складений з двох рівних прямокутних трикутників. З цих трикутників:

$$\cos \varphi = \frac{F}{2F} = \frac{1}{2},$$

$$\varphi = 60^\circ.$$

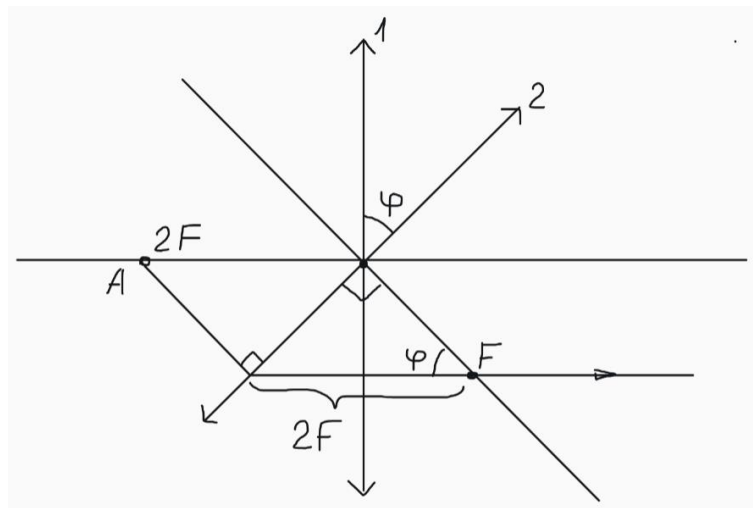


Рис. 4. До задачі 4

Завдання експериментального туру

5. Завдяки теплообміну з навколишнім середовищем суміш отримувала тепло, що призводило до плавлення льоду та згодом й до підвищення температури води. Припустимо, що впродовж всього часу вимірювання потужність нагрівання P суміші є незмінною. Це припущення може спиратися на лінійну залежність температури води з часом. Запишемо вираз для часу t_1 , впродовж якого має розтанути лід у посудині:

$$Pt_1 = m_{\text{л}}\lambda, \quad (1)$$

де $m_{\text{л}}$ – маса льоду; λ – його питома теплота плавлення.

Запишемо вираз для проміжку часу t_2 , впродовж якого нагрівалася вода у посудині (лід вже розтанув):

$$Pt_2 = cm_{\text{в}}\Delta T, \quad (2)$$

ΔT – зміна температури за час t_2 ; $m_{\text{в}}$ – маса води (разом із льодом, що розтанув).

За умовою задачі:

$$m_{\text{в}} = 4m_{\text{л}}. \quad (3)$$

Поділивши рівняння (1) на (2) та врахувавши (3), маємо:

$$\lambda = 4c\Delta T \cdot \frac{t_1}{t_2}.$$

Після підстановки експериментальних значень t_1 та t_2 отримуємо:

$$\lambda = 4 \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2 \cdot \frac{294}{322-294} \approx 350 \text{ кДж/кг}.$$

11 клас

Завдання теоретичного туру

1. *Відповідь:* 2 удари; 2 м.

Скориставшись принципом відображення, «розгорнемо» траєкторію м'яча в колодязі, вона матиме вигляд параболи (рис. 5).

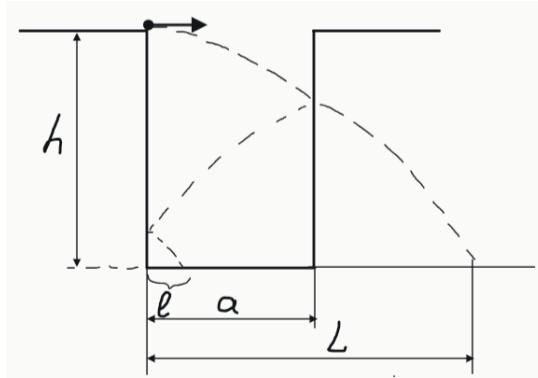


Рис. 5. До задачі 1

Дальність польоту м'яча:

$$L = v_0 t = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

де v_0 – початкова швидкість м'яча; t – час його польоту в колодязі; h – глибина колодязя; g – прискорення вільного падіння.

Після підстановки отримуємо:

$$L = 8 \text{ м.}$$

Кількість ударів по стінках знайдемо за відношенням L/a (a – ширина колодязя):

$$\frac{L}{a} \approx 2,67.$$

Отже, кількість ударів

$$n = 2.$$

Відстань від лівої стінки до місця падіння на дно:

$$l = L - n \cdot a,$$

$$l = 2 \text{ м.}$$

2. *Відповідь:* $m \approx 0,68$ г; рівновага є нестійкою.

Умова механічної рівноваги кулі:

$$m_0 g + mg = \rho g V,$$

де V – об'єм кулі.

Рівняння стану для азоту в кулі:

$$(p_0 + \rho g h) V = \frac{m}{M} RT.$$

З цих двох рівнянь знаходимо:

$$m = \frac{m_0}{\frac{RT\rho}{M(p_0 + \rho g h)} - 1}.$$

$$m \approx 0,68 \text{ г.}$$

3. *Відповідь:* $C_0 = 2C$.

Оскільки всі конденсатори однакові, схема має симетрію (рис. 6). Тому при підключенні схеми до джерела, напруга на конденсаторі, що зображений з «вертикальними» обкладками, буде дорівнювати нулю. Тому цей конденсатор можна прибрати зі схеми.

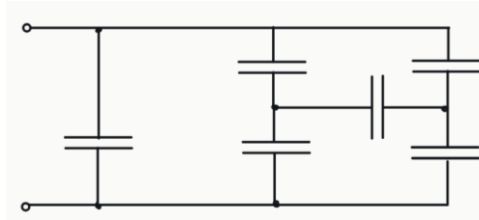


Рис. 6. Еквівалентна схема

4. *Відповідь:* 18 см; 22,5 см.

1) Зображення олівця в збиральній лінзі зменшене, отже це зображення дійсне. Знайдемо відстань d від олівця в положенні 1 до лінзи:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Оскільки збільшення $\Gamma = f/d = 0,5$, то

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{0,5d},$$

звідки

$$d = 3F = 0,3 \text{ м.}$$

Отже, відстань між ближчим до лінзи кінцем олівця в положенні 2 та лінзою дорівнює:

$$d_2 = d - L = 0,18 \text{ м.}$$

2) Знайдемо відстань f_2 між зображенням ближчого до лінзи кінця олівця та лінзою:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}.$$

Звідки

$$f_2 = \frac{F \cdot d_2}{d_2 - F} = 0,225 \text{ м.}$$

Завдання експериментального туру

5. За законом Ома для повного кола

$$E = U + Ir,$$

де E , r – ЕРС та внутрішній опір джерела струму; U – напруга на джерелі; I – сила струму у зовнішньому колі.

Для двох значень зовнішнього опору маємо:

$$E = U_1 + I_1 r,$$

$$E = U_2 + I_2 r.$$

З цих рівнянь отримуємо:

$$U_1 + I_1 r = U_2 + I_2 r.$$

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} = \frac{1 \text{ В} - 2,4 \text{ В}}{0,45 \text{ А} - 0,72 \text{ А}} \approx 5,2 \text{ Ом},$$

$$E = U_1 + I_1 r = 2,4 \text{ В} + 0,45 \text{ А} \cdot 5,2 \text{ Ом} \approx 4,7 \text{ В.}$$