Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

8 клас

1. В електромобілі знаходяться два дослідники природи, які, використовуючи сучасне чутливе обладнання, спостерігають за дятлом, який ритмічно довбе дзьобом нерухомий стовбур дерева. Один із дослідників за допомогою бінокля встановив, що дятел здійснює за 1 хв 60 ударів дзьобом по стовбуру дерева. Інший дослідник використовував чутливий мікрофон, за допомогою якого він зафіксував за 1 хв рівно 59 ударів дятла дзьобом по стовбуру дерева.

Визначне з якою швидкістю та в якому напрямку рухається електромобіль.

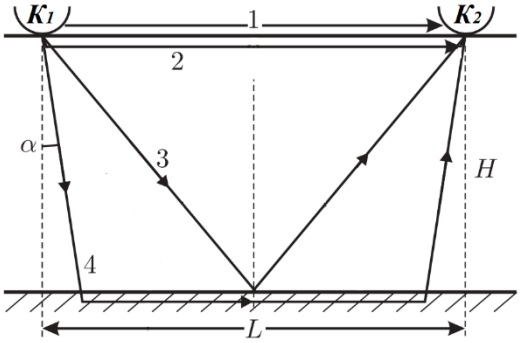
Швидкість звуку в повітрі дорівнює 330 м/с.

<u>Розв'якок</u>

Якщо б автомобіль був нерухомим, то було б видно та чутно 60 ударів. У нашому випадку запізнення звука повинно кожного разу збільшуватися на 1/59 с. За цей час звук проходить відстань 330/59=5,6 м.

Це і є відстань, яку повинен проїжджати автомобіль за 1 с.

2. В океані на відстані L = 3 км один від одного перебувають два кораблі. Глибина під ними H = 1 км. На одному з кораблів здійснено постріл з гармати. Через якийсь час після пострілу гідроакустик другого корабля зафіксує прихід чотирьох звукових сигналів:



1 через повітря;
2 через воду;
3 відбитий від дна;
4 звук пройшов водою до дна, пройшов дном та через товщу води потрапив на 2 корабель.

Через скільки часу після пострілу гідроакустик почує кожен звуковий сигнал? (4 бали)

За який найменший час після пострілу гідроакустик почує перший звуковий сигнал? (3 бали)

Швидкість звуку у повітрі дорівнює 330 м/с.

Швидкість звуку у воді дорівнює 1,5 км/с.

Дно океану рівне і складається з скельних порід, у яких швидкість поширення звуку дорівнює 4,5 км/с.

Хвилі на поверхні океану відсутні.

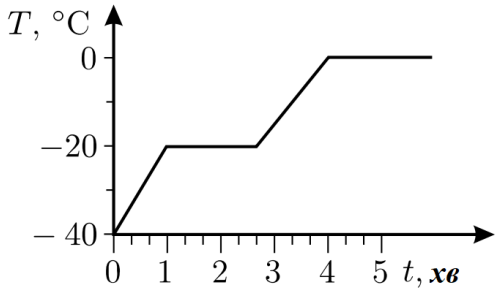
Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

3. Поплавок для рибальської вудки має об'єм, що дорівнює 5 *см*^{3} і масу рівну 2 *г*. До поплавка на волосінні закріплено свинцеве грузило, при цьому поплавок плаває, занурившись до половини свого об'єму. Якою є маса грузила? Густина води дорівнює 1000 *кг/м*^{3}, а свинцю – 11300 *кг/м*^{3}.

На систему поплавок-грузило діють сили тяжіння mg та Mg, відповідно на поплавок і грузило, а також відповідні сили Архімеда $\rho_{\hat{a}} gV/2$ та $\dfrac{\rho_{\hat{a}} gM}{\rho_c}$, напрямлені вгору. В стані рівноваги сума всіх сил, які діють на систему, рівна 0:

$$(m+M)g = \frac{\rho_{\hat{a}} gV}{2} + \frac{\rho_{\hat{a}} gM}{\rho_c}, \text{ звідси } M = \frac{\frac{\rho_{\hat{a}} V}{2} - m}{1 - \frac{\rho_{\hat{a}}}{\rho_{\tilde{n}}}} \approx 0{,}55\ г$$

4. 1 кг льоду і 1 кг легкоплавкої речовини, що не змішується з водою, при −40°С поміщені в теплоізольовану посудину з нагрівачем всередині, який щосекунди подає однакову кількість теплоти. Залежність температури в посудині від часу показана на графіку. Питома теплоємність льоду $c_л = 2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг ·°С), а легкоплавкої речовини у твердому стані $c = 10^3$ Дж/(кг · °С).



Знайдіть питому теплоту плавлення речовини λ та її питому теплоємність у розплавленому стані c_1.

Розв'язок

З першої ділянки графіка випливає, що протягом часу 60 с відбувається процес нагрівання льоду і речовини, що знаходиться в твердому стані, від $T_1 = -40$ ◦С до $T_2 = -20$◦С. Якщо потужність нагрівача дорівнює N, то рівняння теплового балансу для цього процесу має вигляд

$m(C_л + C)(T_2 - T_1) = N\Delta t_1$,

де m = 1 кг - маса льоду (вона дорівнює масі речовини). Далі протягом часу $\Delta t_2 = 100$ с (друга ділянка графіка) відбувається плавлення речовини при $T_2 = -20$ ◦С. При цьому

$\lambda m = N\Delta t_2$.

Нарешті, протягом часу $\Delta t_3 = 80$ с (третя ділянка графіка) відбувається нагрівання льоду та розплавленої речовини від температури $T_2 = -20$ ◦С до температури $T_3 = 0$ ◦С, та

$m(Сл + C_1)(T_3 - T_2) = N\Delta t_3$.

Із отриманих рівнянь маємо

$\lambda = (Сл + C)(T_2 - T_1)\ \Delta t_2 / \Delta t_1 = 105$ Дж/кг,

$C1 = (Сл + C)(T_2 - T_1)/(T_3 - T_2) \cdot \Delta t_3 / \Delta t_1 - Сл = 2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · ◦С).

Експериментальне завдання.

Запропонуйте обладнання та детально опишіть порядок дій для визначення маси краплі води, яка скапує із недбало закритого крана.

Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

Від чого залежатиме точність проведених вимірювань?

Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

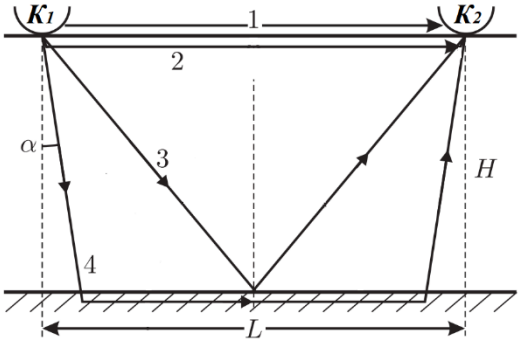
9 клас

1. В електромобілі знаходяться два дослідники природи, які, використовуючи сучасне чутливе обладнання, спостерігають за дятлом, який ритмічно довбе дзьобом нерухомий стовбур дерева. Один із дослідників за допомогою бінокля встановив, що дятел здійснює 60 ударів дзьобом за 1 хв по стовбуру дерева. Інший дослідник використовував чутливий мікрофон, за допомогою якого він зафіксував рівно 59 ударів дятла дзьобом по стовбуру дерева за 1 хв.

Визначне з якою швидкістю та в якому напрямку рухається електромобіль.

Швидкість звуку в повітрі дорівнює 330 м/с.

2. В океані на відстані L = 3 км один від одного перебувають два кораблі. Глибина під ними H = 1 км. На одному з кораблів здійснено постріл з гармати. Через якийсь час після пострілу гідроакустик другого корабля зафіксує прихід чотирьох звукових сигналів:



1 через повітря;
2 через воду;
3 відбитий від дна;
4 звук пройшов водою до дна, пройшов дном та через товщу води потрапив на 2 корабель.

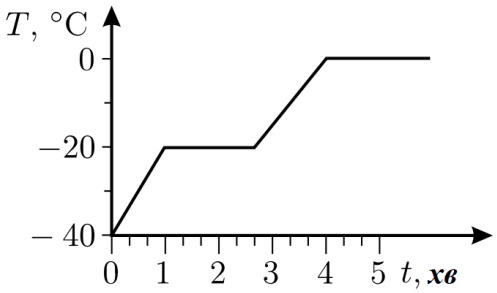
Через скільки часу після пострілу гідроакустик почує кожен звуковий сигнал? (4 бали)

За який найменший час після пострілу гідроакустик почує перший звуковий сигнал? (3 бали)

Швидкість звуку у воді дорівнює 1,5 км/с. Дно океану рівне і складається з скельних порід, у яких швидкість поширення звуку дорівнює 4,5 км/с. Швидкість звуку у повітрі дорівнює 330 м/с.

Хвилі на поверхні океану відсутні.

3. 1 кг льоду і 1 кг легкоплавкої речовини, що не змішується з водою, при −40°C поміщені в теплоізольований посуд з нагрівачем всередині. На нагрівач подали постійну потужність. Залежність температури в посудині від часу показана на графіку. Питома теплоємність льоду $c_л = 2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг ·°C), а легкоплавкої речовини у твердому стані $c = 10^3$ Дж/(кг · °C).



Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

Знайдіть питому теплоту плавлення речовини λ та її питому теплоємність у розплавленому стані c_1.

Розв'язок

З першої ділянки графіка випливає, що протягом часу 60 с відбувається процес нагрівання льоду і речовини, що знаходиться в твердому стані, від $T_1 = -40$ ◦C до $T_2 = -20$◦C. Якщо потужність нагрівача дорівнює N, то рівняння теплового балансу для цього процесу має вигляд

$m(C_л + C)(T_2 - T_1) = N\Delta t_1$,

де m = 1 кг - маса льоду (вона дорівнює масі речовини). Далі протягом часу $\Delta t_2 = 100$ с (друга ділянка графіка) відбувається плавлення речовини при $T_2 = -20$ ◦C. При цьому

$\lambda m = N\Delta t_2$.

Нарешті, протягом часу $\Delta t_3 = 80$ с (третя ділянка графіка) відбувається нагрівання льоду та розплавленої речовини від температури $T_2 = -20$ ◦C до температури $T_3 = 0$ ◦C, та

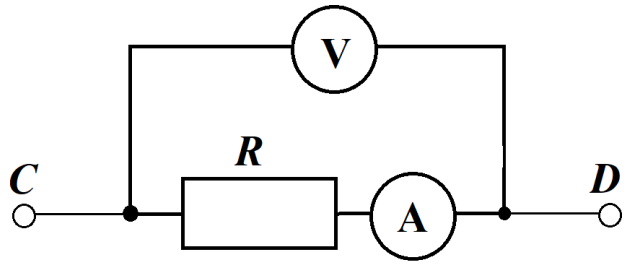
$m(Сл + C_1)(T_3 - T_2) = N\Delta t_3$.

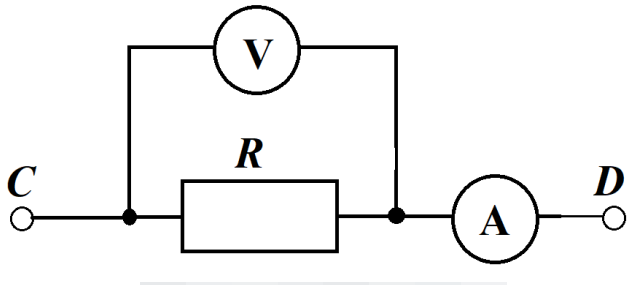
Із отриманих рівнянь маємо

$\lambda = (Сл + C)(T_2 - T_1)\ \Delta t_2 / \Delta t_1 = 105$ Дж/кг,

$C1 = (Сл + C)(T_2 - T_1)/(T_3 - T_2) \cdot \Delta t_3 / \Delta t_1 - Сл = 2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · ◦C).

4. Опір резистора вимірюють, скориставшись двома електричними колами. В обох випадках на клеми C і D подають однакову напругу. В першому випадку (рис. 1) вольтметр показав напругу 190 В, а амперметр – силу струму 1,9 А. У другому випадку покази тих самих приладів відповідно були 170 В і 2 А.





Скориставшись результатами вимірювань, визначіть опір резистора.

Експериментальне завдання.

Запропонуйте спосіб визначення фокусної відстані та оптичної сили опуклої лінзи.

Від чого залежатиме точність проведених вимірювань?

Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

10 клас

1. Два учні знаходяться на відстані 10 м. Один із них кидає м’яч вертикально вгору із швидкістю 10 м/с, а другий учень кидає інший м’яч так, щоб потрапити у м’яч, який підкинув перший учень.

З якою найменшою швидкістю може кинути м’яч другий учень?

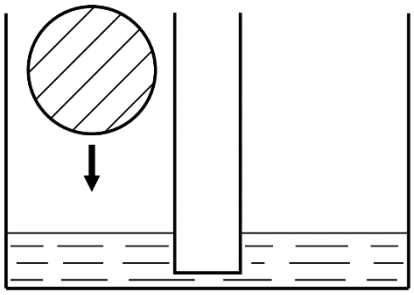
Опором повітря знехтувати.

2. Два однакових автомобілі рухаються вздовж рівної горизонтальної поверхні з однаковими швидкостями в напрямку міцної бетонної стіни. Шофер першого автомобіля, аби уникнути зіткнення із стіною, вирішив гальмувати, не змінюючи напрямку руху. Водій другого автомобіля у момент гальмування виявив несправність гальмівної системи та прийняв рішення різко повернути на кут 90°, не змінюючи величини швидкості руху.

Який із варіантів потребує найменшого значення коефіцієнта тертя μ?

Який із маневрів є найшвидшим та у скільки разів?

3. У дві однакові сполучені судини налита вода (див. рисунок). В одну із них кладуть крижану кульку об'ємом V = 100 см^3 , яка через невеликий час, після встановлення рівня води в посудинах, виявилася зануреною у воду рівно наполовину.



Яка маса води перетекла при цьому в другу посудину і яка перетече потім, у процесі танення льоду?

Густина води $\rho_в$ = 1000 кг/м^3,

густина льоду $\rho_л$ = 900 кг/м^3

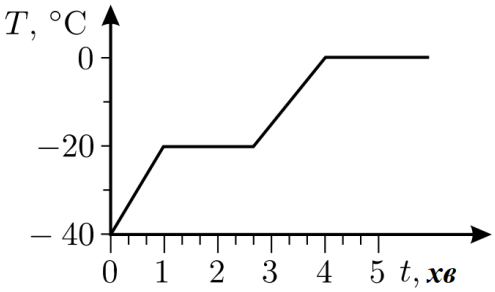
<u>Ров’язок.</u>

За умовою завдання кулька занурюється у воду наполовину. Це означає, що вона торкнеться дна. При цьому відразу після перетікання об'єм води в лівій посудині виявиться на V /2 = 50 см^3 менше, ніж у правому (див. рис. 2.10). Оскільки рівні води в посудинах спочатку також були однакові, то з лівої посудини в праву повинен перетекти об'єм води, що дорівнює V /4 = 25 см^3,

З масою $m_1 = \rho_в V/4$ = 25 г.

Коли лід розтане, маса води в порівнянні з початковою збільшиться на величину $\rho_л V$. Тому з лівої посудини в праву має перетекти $\rho_л V/2$ = 45 г води, з яких 25 г перетікає на першому етапі — відразу після опускання в ліву посудину льоду. Отже, при таненні льоду з лівої посудини в праву додатково перетече маса води $m_2 = \rho_л V/2 - \rho_в V/4$=20 г

4. 1 кг льоду і 1 кг легкоплавкої речовини, що не змішується з водою, при −40°C поміщені в теплоізольований посуд з нагрівачем всередині. На нагрівач подали постійну потужність. Залежність



температури в посудині від часу показана на графіку. Питома теплоємність льоду $c_л$ = $2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг ·°С), а легкоплавкої речовини у твердому стані с = 10^3 Дж/(кг · °С).

Знайдіть питому теплоту плавлення речовини λ та її питому теплоємність у розплавленому стані c_1.

Розв'язок

З першої ділянки графіка випливає, що протягом часу 60 с відбувається процес нагрівання льоду і речовини, що знаходиться в твердому стані, від $T_1 = -40$ ◦С до $T_2 = -20$◦С. Якщо потужність нагрівача дорівнює N, то рівняння теплового балансу для цього процесу має вигляд

$m(C_л + C)(T_2 - T_1) = N\Delta t_1$,

де m = 1 кг - маса льоду (вона дорівнює масі речовини). Далі протягом часу Δt_2 = 100 с (друга ділянка графіка) відбувається плавлення речовини при $T_2 = -20$ ◦С. При цьому

$\lambda m = N\Delta t_2$.

Нарешті, протягом часу Δt_3 = 80 с (третя ділянка графіка) відбувається нагрівання льоду та розплавленої речовини від температури $T_2 = -20$ ◦С до температури $T_3 = 0$ ◦С, та

$m(Сл + C_1)(T_3 - T_2) = N\Delta t_3$.

Із отриманих рівнянь маємо

$\lambda = (Сл + C)(T_2 - T_1)\ \Delta t_2 / \Delta t_1 = 105$ Дж/кг,

$C1 = (Сл + C)(T_2 - T_1)/(T_3 - T_2) \cdot \Delta t_3 / \Delta t_1 - Сл = 2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · ◦С).

Експериментальне завдання.

Підберіть обладнання та запропонуйте спосіб визначення довжини дроту реостата.

Реостат розмотувати не можна.

Від чого залежатиме точність проведених вимірювань?

Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

11 клас

1. Два учні знаходяться на відстані 10 м. Один із них кидає м’яч вертикально вгору із швидкістю 10 м/с, а другий учень кидає інший м’яч так, щоб потрапити у м’яч, який підкинув перший учень.

З якою найменшою швидкістю може кинути м’яч другий учень?

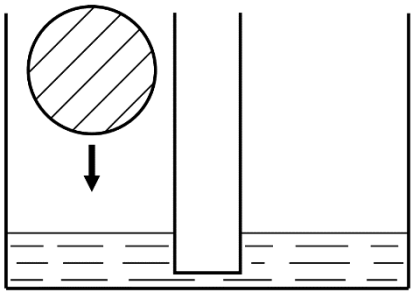
Опором повітря знехтувати.

2. Два однакових автомобілі рухаються вздовж рівної горизонтальної поверхні з однаковими швидкостями в напрямку міцної бетонної стіни. Шофер першого автомобіля, аби уникнути зіткнення із стіною, вирішив гальмувати, не змінюючи напрямку руху. Водій другого автомобіля у момент гальмування виявив несправність гальмівної системи та прийняв рішення різко повернути на кут 90°, не змінюючи величини швидкості руху.

Який із варіантів потребує найменшого значення коефіцієнта тертя μ?

Який із маневрів є найшвидшим та у скільки разів?

3. У дві однакові сполучені судини налита вода (див. рисунок). В одну із них кладуть крижану кульку об'ємом $V = 100$ см^3 , яка через невеликий час, після встановлення рівня води в посудинах, виявилася зануреною у воду рівно наполовину.



Яка маса води перетекла при цьому в другу посудину і яка перетече потім, у процесі танення льоду?

Густина води $\rho_в = 1000$ кг/м^3,

густина льоду $\rho_л = 900$ кг/м^3

<u>Ров’язок.</u>

За умовою завдання кулька занурюється у воду наполовину. Це означає, що вона торкнеться дна. При цьому відразу після перетікання об'єм води в лівій посудині виявиться на $V/2 = 50$ см^3 менше, ніж у правому (див. рис. 2.10). Оскільки рівні води в посудинах спочатку також були однакові, то з лівої посудини в праву повинен перетекти об'єм води, що дорівнює $V/4 = 25$ см^3,

З масою $m_1 = \rho_в V/4 = 25$ г.

Коли лід розтане, маса води в порівнянні з початковою збільшиться на величину $\rho_л V$. Тому з лівої посудини в праву має перетекти $\rho_л V/2 = 45$ г води, з яких 25 г перетікає на першому етапі — відразу після опускання в ліву посудину льоду. Отже, при таненні льоду з лівої посудини в праву додатково перетече маса води $m_2 = \rho_л V/2 - \rho_в V/4 = 20$ г

4. По срібному провіднику діаметром 2 мм тече струм силою 2 А.

Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

Вважаючи, що кожний атом срібла дає один вільний електрон, обчисліть середню швидкість упорядкованого руху електронів у провіднику під впливом електричного поля.

Ров'язок.

Сила струму в колі I=Q/t.

Q=enV=enlS, звідси I=enSl/t.

Тут l/t=υ, тому I=enSυ, звідси υ=I/(enS).

Врахувавши, що $S=\pi d^2/4$, маємо

$$\upsilon = \frac{4I}{\pi d^2 ne}$$

$$n = \frac{N_A}{A}\rho$$

Тоді $\upsilon = \frac{4IA}{\pi d^2 N_A \rho e} \approx 6,8 \bullet 10^{-5}$ м/с

Експериментальне завдання.

Запропонуйте спосіб визначення фокусної відстані та оптичної сили опуклої лінзи.

Від чого залежатиме точність проведених вимірювань?