

ТЕМА 1. ТЕПЛОВІ ЯВИЩА (I)

Треба знати:

- сутність теплового руху молекул; поняття температури, внутрішньої енергії, кількості теплоти, питомої теплоємності, згоряння палива та їх одиниці;
- фізичні властивості твердих тіл, рідин і газів, приклади використання наноматеріалів;
- способи вимірювання температури; принципи побудови температурної шкали Цельсія;
- два способи зміни внутрішньої енергії тіла;
- види теплообміну;
- графіки нагрівання/охолодження;
- розрахунку кількості теплоти для нагрівання (охолодження) та згоряння палива;
- залежність розмірів фізичних тіл від температури.

Треба вміти:

- застосовувати набуті знання у процесі розв'язування фізичних задач з теми;
- аналізувати графіки нагрівання/охолодження;
- користуватися термометром, калориметром;
- оцінити роль видатних учених у розвитку знань про теплоту.

КОНСПЕКТ

Тепловий рух – безладний рух молекул, пов'язаний з температурою тіла.

Внутрішня енергія – енергія руху і взаємодії частинок (молекул), з яких складається тіло.

Способи зміни внутрішньої енергії: виконання роботи; теплопередача.

Кількість теплоти – енергія, яку отримує чи втрачає тіло внаслідок теплопередачі (теплообміну).

Кількість теплоти при теплообміні (без зміни агрегатного стану речовини) розраховують за формулою:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t ,$$

де c – питома теплоємність речовини тіла (зміна внутрішньої енергії 1 кг речовини при зміні температури на $\Delta t = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, чи $\Delta T = 1 \text{ K}$).

Кількість теплоти, яка виділяється під час згоряння палива:

$$Q = q \cdot m ,$$

де q – питома теплота згоряння палива, m – маса палива, що згоріло.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Молот масою 3 т падає з висоти 2 м на сталеву плиту масою 10 т. На скільки градусів нагріється плита, якщо вся механічна енергія молота піде на її нагрівання?

Розв'язання.

<p>Дано: $m_1 = 3 \text{ т}$ $m_2 = 10 \text{ т}$ $h = 2 \text{ м}$</p> <hr/> $\Delta t - ?$	<p>СІ $m_1 = 3000 \text{ кг}$ $m_2 = 10\,000 \text{ кг}$</p>
$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	

При падінні молота з висоти h його механічна (потенціальна) енергія $E_p = mgh$ спочатку перетвориться у кінетичну, а при ударі – у внутрішню. Тому внутрішня енергія плити збільшиться на $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$. Враховуючи, що вся механічна енергія молота піде на нагрівання плити:

$$m_1 gh = c m_2 \Delta t.$$

Звідки: $[t] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг}} = ^\circ\text{C}.$

$$\Delta t = \frac{3000 \cdot 9,8 \cdot 2}{500 \cdot 10000} = 0,012$$

$$\Delta t = 0,012 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Відповідь: плита нагріється на $0,012 \text{ } ^\circ\text{C}$.

2. Металевий предмет масою 140 г , що мав температуру $100 \text{ } ^\circ\text{C}$, опустили у воду масою 400 г , температура якої $22 \text{ } ^\circ\text{C}$. Через деякий час температура стала $25 \text{ } ^\circ\text{C}$. З якого металу виготовлений цей предмет?

Розв’язання.

<p>Дано: $m_T = 140 \text{ г}$ $t_1 = 100^\circ\text{C}$ $m_B = 400 \text{ г}$ $t_2 = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$ $t_3 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$</p> <hr/> $c - ?$	<p>СІ $m_T = 0,14 \text{ кг}$ $m_B = 0,4 \text{ кг}$</p>
$c_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	

Предмет, охолоджуючись від t_1 до t_3 , віддав кількість теплоти: $Q_1 = c m_T (t_3 - t_1)$. Вода, нагріваючись від t_2 до t_3 , отримала кількість теплоти: $Q_2 = c_B m_B (t_3 - t_2)$. Якщо втрати теплоти відсутні, то $Q_1 = Q_2$. Звідки: $c m_T (t_3 - t_1) = c_B m_B (t_3 - t_2)$;

$$c = \frac{c_B m_B (t_3 - t_2)}{m_T}$$

$$[c] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot c = \frac{4200 \cdot 0,4 \cdot (25 - 22)}{0,14 \cdot (100 - 25)} = 480.$$

$$c = 480 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

За таблицею визначаємо, що таку питому теплоємність має мідь.

ДЛЯ НОТАТОК

ТЕМА 2. ТЕПЛОВІ ЯВИЩА (II)

Треба знати:

- сутність питомої теплоти плавлення, пароутворення та їх одиниці;
- особливості руху атомів і молекул речовини в різних агрегатних станах речовини;
- види теплових машин;
- графіки теплових процесів (плавлення/тверднення, пароутворення/конденсація);
- розрахунку кількості теплоти для різних теплових процесів, ККД теплової машини.

Треба вміти:

- застосовувати набуті знання у процесі розв'язування фізичних задач з теми;
- аналізувати графіки (плавлення/тверднення, пароутворення/конденсації);
- пояснювати принцип дії теплових двигунів;
- оцінити вплив теплових машин та інших засобів теплотехніки на довкілля;
- оцінити необхідність використання енергозберігальних технологій.

КОНСПЕКТ

Зміна агрегатного стану речовини супроводжується зміною його внутрішньої енергії. Для кристалічних тіл існує певна температура переходу з твердого стану в рідкий ($t_{\text{плавлення}}$). Зворотний процес (*кристалізація*) відбувається при тій самій температурі. Для перетворення кристалічної речовини з твердого стану в рідкий недостатньо нагріти його до температури плавлення, а необхідно надати додаткову кількість теплоти:

$$Q = \lambda \cdot m,$$

де λ – питома теплота плавлення речовини, m – маса тіла.

Кількість теплоти, яка виділяється при кристалізації, обчислюють так само:

$$Q = \lambda \cdot m.$$

Перетворення речовини з рідкого стану в газоподібний – це *пароутворення*. Перехід речовини з рідкого стану в газоподібний може відбуватися двома способами: випаровування і кипіння. *Випаровування* – це пароутворення, що відбувається з вільної поверхні рідини.

Кипіння – інтенсивне пароутворення, що відбувається з усього об'єму рідини при певній температурі – температурі кипіння.

Кількість теплоти, яка потрібна для перетворення рідини масою m , узятій при температурі кипіння у пару:

$$Q = L \cdot m,$$

де L – питома теплота пароутворення рідини.

Під час перетворення пари в рідину (конденсації) відповідна теплота виділяється. Кількість виділеної теплоти при цьому розраховується за аналогічною формулою:

$$Q = L \cdot m.$$

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. В одній колбі випаровують 300 г води, яка має температуру 100 °С, у другій нагрівають 1,2 кг води від 0 °С до 100 °С. Який процес закінчиться швидше, якщо потужність і ККД нагрівників однакова?

Розв'язання.

<p>Дано:</p> $m_1 = 300 \text{ г}$ $m_2 = 1,2 \text{ кг}$ $t_1 = 0 \text{ °С}$ $t_2 = 100 \text{ °С}$	<p>СІ</p> $m_1 = 0,3 \text{ кг}$ $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	<p>Кількість теплоти, що потрібна для перетворення води в пару:</p> $Q_1 = L \cdot m = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,3 \text{ кг} = 0,46 \cdot 10^6 \text{ Дж} .$ <p>Кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання води:</p> $Q_2 = c \cdot m_2 \cdot (t_2 - t_1) = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 1,2 \text{ кг} \cdot (100 \text{ °С} - 0 \text{ °С}) = 0,504 \cdot 10^6 \text{ Дж} .$ $Q_1 < Q_2$, отже, процес нагрівання триватиме довше.
$T_1 - ? - T_2$ $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ $L = 2,3 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$		

Відповідь: швидше закінчиться процес випаровування.

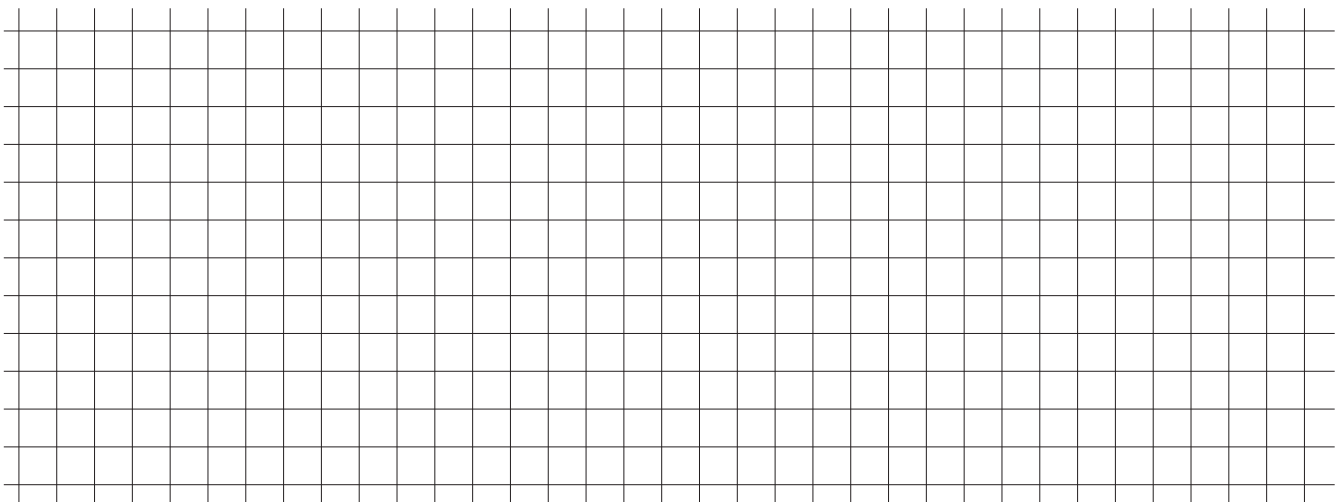
2. Спалюючи 800 г бензину, воду масою 50 кг нагрівають від 20 до 100 °С, причому частина води випаровується. Скільки води випарувалось, якщо вона отримала 60 % енергії від згоряння бензину?

Розв'язання.

<p>Дано:</p> $m_б = 800 \text{ г}$ $m_в = 50 \text{ кг}$ $t_1 = 20 \text{ °С}$ $t_2 = 100 \text{ °С}$	<p>СІ</p> $m_б = 0,8 \text{ кг}$ $q = 46 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	<p>Кількість теплоти, що виділяється: $Q_1 = q \cdot m_б$.</p> <p>Кількість теплоти, що витрачається на нагрівання води: $Q_2 = c \cdot m_в \cdot \Delta t$.</p> <p>Кількість теплоти, що витрачається на випаровування: $Q_3 = L m_п$.</p> <p>За умовою задачі $Q_2 + Q_3 = 0,6 \cdot Q_1$.</p> $c \cdot m_в \cdot \Delta t + L m_п = 0,6 \cdot q \cdot m_б$. <p>Звідки $m_п = \frac{0,6 \cdot q \cdot m_б - c \cdot m_в \cdot \Delta t}{L}$.</p> $[m_п] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг} - \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot \text{кг} \cdot \text{°С}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \text{кг} .$ $m_п = \frac{0,6 \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 0,8 - 4200 \cdot 50 \cdot (100 - 20)}{2,3 \cdot 10^6} = 2,3 .$
$m_п - ?$ $q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ $L = 2,3 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$		

Відповідь: випарувалося 2,3 кг води.

ДЛЯ НОТАТОК



ТЕМА 3. ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ

Треба знати:

- сутність електризації, взаємодії заряджених тіл, природи електричного струму в різних середовищах;
- поняття електричного заряду;
- закони Кулона, збереження електричного заряду.

Треба вміти:

- застосовувати набуті знання у процесі розв'язування фізичних задач;
- графічно зображати електричне поле;
- виявляти прояви електричного поля;
- оцінити роль видатних учених у розвитку знань про електрику.

КОНСПЕКТ

Усі тіла складаються із заряджених і незаряджених частинок.

Одноіменно заряджені частинки(тіла) відштовхуються, різнойменно заряджені – притягуються.

Електризація тіл відбувається під час їх взаємодії.

Електризація тіл відбувається шляхом переміщення електронів. Тому під час електризації тіла набувають протилежних по роду і рівних за величиною зарядів.

Тіло заряджене позитивно, якщо воно має нестачу електронів, і негативно – якщо їх надлишок.

Навколо заряджених тіл (частинок) існує електричне поле. Взаємодія заряджених тіл відбувається через електричне поле.

Сила взаємодії точкових заряджених тіл визначається законом Кулона:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

Стала $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.

Найменший (елементарний) заряд: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Частинка, що має найменший негативний заряд, – електрон.

Маса електрона $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг.

Частинка, що має найменший позитивний заряд, – протон.

Маса протона $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Який заряд матиме краплинка олії, якщо вона отримує 200 мільярдів надлишкових електронів? На скільки зміниться її маса?

Розв'язання.

Дано: $N = 200$ млрд = $2 \cdot 10^{11}$	Заряд тіла $q = eN = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл $\cdot 2 \cdot 10^{11} = -3,2 \cdot 10^{-8}$ Кл = = -32 нКл.
$q - ?$ $\Delta m - ?$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг	Маса тіла збільшиться на: $\Delta m = m \cdot N = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг $\cdot 2 \cdot 10^{11} = 18,22 \cdot 10^{-20}$ кг

Відповідь: заряд краплинки $q = -32$ нКл, маса збільшиться на $18,22 \cdot 10^{-20}$ кг.

2. Дві однакові кульки із зарядами -2 мкКл та $+4$ мкКл доторкнулись і розійшлися. Який заряд кульок після роз'єднання?

Розв'язання.

Дано:

$$q_1 = -2 \text{ мкКл}$$

$$q_2 = 4 \text{ мкКл}$$

$$q = ?$$

Сума зарядів кульок до і після дотику залишиться незмінною, тому:

$$q_1 + q_2 = 2q.$$

Оскільки кульки однакові, то після дотику заряд кульок буде однаковий.

$$\text{Тому } q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-2 \text{ мкКл} + 4 \text{ мкКл}}{2} = +1 \text{ мкКл}.$$

Відповідь: заряд кожної кульки буде $+1$ мкКл.

3. Дві маленькі металеві кульки із зарядами -2 мкКл та $+8$ мкКл розташовані на відстані 5 см. Кульки приводять у дотик і розводять на попередню відстань. Як зміниться при цьому сила їх взаємодії?

Розв'язання.

Дано:

$$q_1 = -2 \text{ мкКл}$$

$$q_2 = +8 \text{ мкКл}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = ?$$

Сила взаємодії точкових електричних зарядів визначається

$$\text{законом Кулона: } F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

Тому до дотику кульок сила їх взаємодії (притягання):

$$F_1 = \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}.$$

При дотику кульок їхній заряд зміниться (перерозподілиться) так, що: $q_1 + q_2 = 2 \cdot q$.

Заряд кожної з кульок буде однаковий і становитиме:

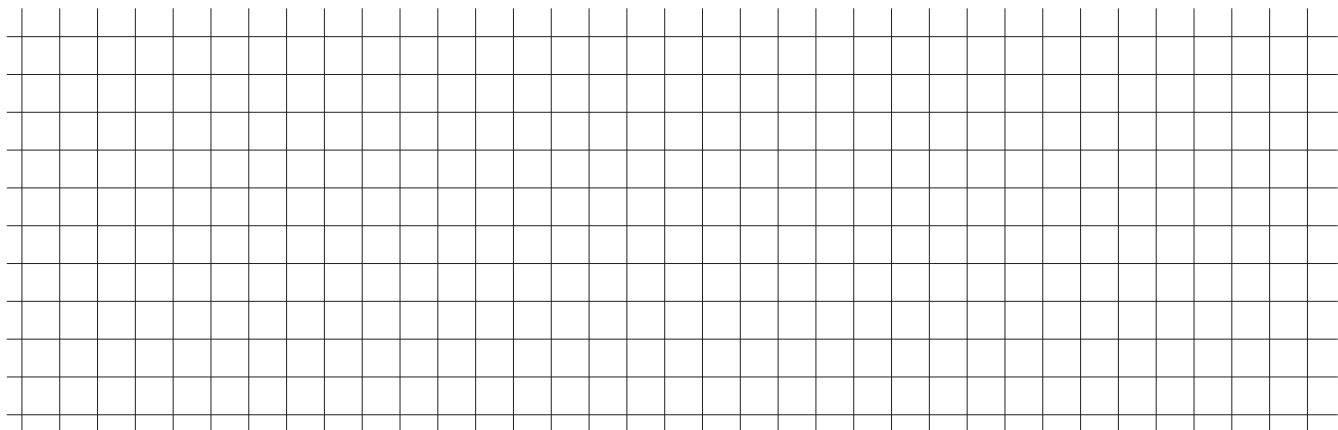
$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-2 \text{ мкКл} + 8 \text{ мкКл}}{2} = 3 \text{ мкКл}.$$

Сила їх взаємодії (відштовхування): $F_2 = \frac{q \cdot q}{r^2}$.

$$\text{Отримуємо: } \frac{F_1}{F_2} = \frac{q_1 \cdot q_2}{q^2} = \frac{|-2 \text{ мкКл}| \cdot |8 \text{ мкКл}|}{(3 \text{ мкКл})^2} = \frac{16}{9} = 1,78 \text{ (разів)}.$$

Відповідь: сила взаємодії зменшиться у $1,78$ разів, причому притягання зміниться на відштовхування.

ДЛЯ НОТАТОК



ТЕМА 4. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ (І)

Треба знати:

- сутність сили струму, напруги, опору провідника;
- умови виникнення електричного струму;
- формулу залежності опору провідника від його довжини, площі перерізу та питомого опору матеріалу;
- закон Ома для ділянки кола.

Треба вміти:

- застосовувати набуті знання у процесі розв'язування фізичних задач;
- графічно зображати схеми простих електричних кіл;
- користуватися вимірювальними приладами для визначення силу струму, напруги, опору.

КОНСПЕКТ

Електричний струм – впорядкований (напрямлений) рух заряджених частинок. Напрямок електричного струму – напрям, у якому рухаються (рухалися б) позитивні заряди.

Сила струму – швидкість перенесення заряду через переріз провідника $I = \frac{q}{t}$.

Одиниця сили струму [І] – 1 А (ампер). Прилад для вимірювання сили струму – амперметр. Амперметр вмикається в електричне коло послідовно зі споживачем струму.

Електрична напруга – величина, що показує, яку роботу виконує електричний струм при перенесенні заряду 1 кулон між двома точками електричного кола.

$$U = \frac{A}{q}.$$

Одиниця напруги – 1 В (вольт).

Електричний опір – величина, що характеризує протидію електричному струму в провіднику. Опір провідника залежить від:

- матеріалу провідника (питомого опору речовини) ρ ;
- довжини провідника l ;
- площі його поперечного перерізу S .

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Зв'язок між силою струму в провіднику, прикладеною до нього напругою, та його опором, описується законом Ома для ділянки кола:

$$I = \frac{U}{R}.$$

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Яку напругу потрібно прикласти до провідника опором 20 Ом, щоб у ньому протікав струм 0,5 А?

Розв'язання.

Дано:

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$I = 0,5 \text{ А}$$

$$U = ?$$

За законом Ома для ділянки кола: $I = \frac{U}{R}$.

Звідки: $U = I \cdot R = 0,5 \text{ А} \cdot 20 \text{ Ом} = 10 \text{ В}$.

Відповідь: 10 В.

2. Скільки електронів щосекунди проходить через поперечний переріз провідника, якщо в ньому протікає струм 2 А?

Розв'язання.

$$\begin{array}{l} \text{Дано:} \\ I = 2 \text{ А} \end{array}$$

$$U - ?$$

$$\text{Сила струму: } I = \frac{q}{t}.$$

$$\text{Заряд, що переноситься через переріз провідника: } q = e \cdot N.$$

$$\text{Звідки: } N = \frac{q}{e} = \frac{I \cdot t}{e}.$$

$$[N] = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{Кл}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{А} \cdot \text{с}} = 1.$$

$$N = \frac{2 \cdot 1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,25 \cdot 10^{19}.$$

Відповідь: $1,25 \cdot 10^{19}$ електронів.

3. Скільки метрів нікелінового дроту перерізом $0,84 \text{ мм}^2$ потрібно взяти для виготовлення реостату опором 10 Ом?

Розв'язання.

$$\begin{array}{l} \text{Дано:} \\ S = 0,84 \text{ мм}^2 \\ R = 10 \text{ Ом} \end{array}$$

$$l - ?$$

$$\rho = 0,42 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} = 20 \text{ м}$$

$$\text{Електричний опір провідника: } R = \rho \frac{l}{S}.$$

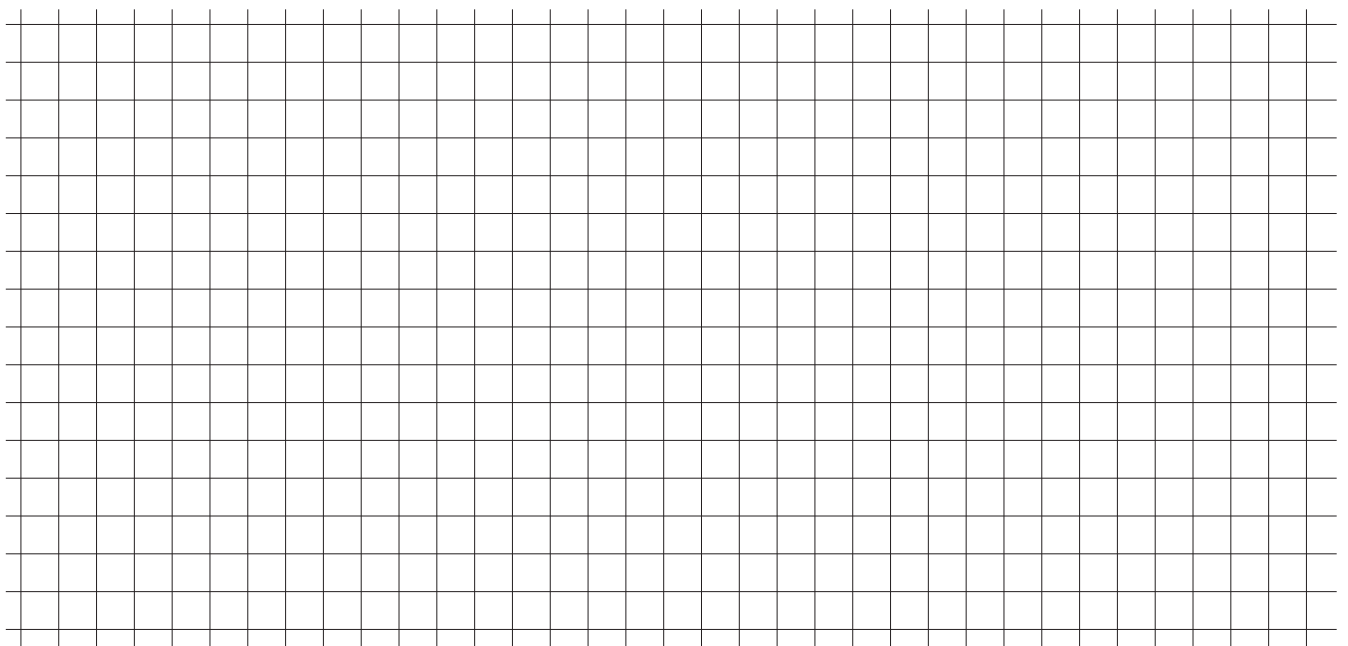
$$\text{Звідки: } l = \frac{R \cdot S}{\rho}.$$

$$[l] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}} = \text{м}.$$

$$l = \frac{10 \cdot 0,84}{0,42} = 20 \text{ м}.$$

Відповідь: необхідно 20 м дроту.

ДЛЯ НОТАТОК



ТЕМА 5. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ (II)

Треба знати:

- сутність роботи і потужності електричного струму, електрохімічного еквівалента та їх одиниці;
- закони Джоуля-Ленца, Фарадея для електролізу;
- види електричного розряду в газах; формули сили струму, напруги, опору для послідовного й паралельного з'єднання провідників;
- формули роботи й потужності електричного струму.

Треба вміти:

- застосовувати набуті знання у процесі розв'язування фізичних задач;
- розраховувати спожиту електричну енергію за допомогою електричного лічильника;
- оцінювати параметри струму, безпечні для людського організму, можливості захисту людини від ураження електричним струмом;
- оцінити значення енергії електричного струму в сучасному житті.

КОНСПЕКТ

Послідовне з'єднання провідників.

- Сила струму в послідовно з'єднаних провідниках однакова.
- Напруга на провідниках, з'єднаних послідовно, пропорційна опору провідника:
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} .$$
- Загальний опір послідовно з'єднаних провідників: $R = R_1 + R_2 + \dots .$

Паралельне з'єднання провідників.

- Напруга на паралельно з'єднаних провідниках однакова.
- Сила струму в нерозгалуженій ділянці дорівнює сумі сил струмів у вітках розгалуження: $I = I_1 + I_2 + \dots .$
- Загальний опір ділянки з паралельно з'єднаними провідниками визначається співвідношенням: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots .$
- Сила струму при паралельному з'єднанні обернена опорам провідників: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} .$

Робота електричного струму: $A = q \cdot U = U \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t .$

Якщо провідник нерухомий, то вся робота струму йде на збільшення його внутрішньої енергії (нагрівання).

Закон Джоуля-Ленца: *кількість теплоти, що виділяється у нерухомому провіднику зі струмом, дорівнює добутку квадрата сили струму, опору провідника і часу проходження струму:*

$$Q = I^2 R t .$$

Електричний струм у металах створюється вільними електронами (електронами провідності).

В електролітах струм створюється позитивними та негативними йонами, які утворюються внаслідок електролітичної дисоціації. Процес проходження струму через електроліт називається електролізом. Під час електролізу відбувається перенесення речовини. Електроліз описується законом Фарадея для електролізу: $m = kIt = kq .$

