

Урок 9. Розв'язування задач

Мета. Відпрацювати навички розв'язування розрахункових задач на визначення характеристик електричного струму в різних середовищах.

Хід уроку

Задача. Електричне коло складається із джерела струму, міліамперметра опором $20\ \Omega$ і реостата, обмотка якого виготовлена зі сталі. За температури $0\ ^\circ\text{C}$ показ міліамперметра $30\ \text{мА}$, а опір реостата — $200\ \Omega$. Яким буде показ міліамперметра, якщо обмотка реостата нагріється до $50\ ^\circ\text{C}$? Внутрішнім опором джерела та опором з'єднувальних проводів знехтувати.

Аналіз фізичної проблеми. Обмотка реостата нагрівається, і її опір збільшується, що спричиняє збільшення повного опору кола. Відповідно до закону Ома сила струму в колі зменшується. Реостат і міліамперметр з'єднані послідовно, внутрішній опір джерела дорівнює нулю, тому загальний опір кола становить $R + R_A$, де R — опір обмотки реостата за $t = 50\ ^\circ\text{C}$. Температурний коефіцієнт опору сталі знайдемо в таблиці (див. Додаток 1).

Дано:

$$R_A = 20\ \Omega$$

$$t_0 = 0\ ^\circ\text{C}$$

$$I_0 = 30\ \text{мА} =$$

$$= 0,03\ \text{А}$$

$$R_0 = 200\ \Omega$$

$$t = 50\ ^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0,006\ \text{K}^{-1}$$

$$I = ?$$

Пошук математичної моделі, розв'язання. Запишемо закон Ома для повного кола для двох теплових станів обмотки реостата.

До нагрівання:

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + R_A} \Rightarrow \mathcal{E} = I_0(R_0 + R_A).$$

Після нагрівання:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_A}, \text{ де } R = R_0(1 + \alpha t).$$

Після підстановки $\mathcal{E}$ і R одержуємо:
$$I = \frac{I_0(R_0 + R_A)}{R_0(1 + \alpha t) + R_A}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[I] = \frac{\text{А} \cdot \Omega}{\Omega} = \text{А}; \quad I = \frac{0,03 \cdot (200 + 20)}{200 \cdot (1 + 0,006 \cdot 50) + 20} \approx 24 \cdot 10^{-3} \text{ (А)}.$$

Аналіз результату. Сила струму зменшилась — це реальний результат.

Відповідь: $I \approx 24\ \text{мА}$.

Задача для самостійного розв'язання.

На рис. 2 подано графік залежності опору металевого провідника від температури. Яким є температурний коефіцієнт опору цього металу? Яка сила струму в провіднику за температури $150\ ^\circ\text{C}$, якщо напруга на кінцях провідника $5\ \text{В}$?

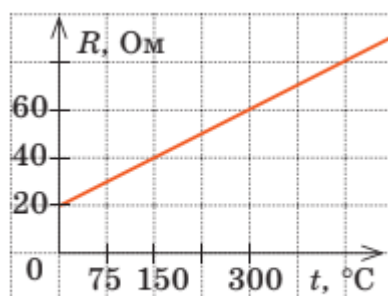


Рис. 2

Задача. Під час рафінування міді анодом слугує пластина з неочищеної міді, що має 12 % домішок. Скільки електроенергії витратили для очищення 2 кг такої міді, якщо процес відбувається за напруги 0,5 В?

Аналіз фізичної проблеми. Витрати енергії дорівнюють роботі струму: $\Delta W = A = qU$, де q — заряд, який пройшов через електроліт за час рафінування. За першим законом Фарадея знайдемо заряд q і, скориставшись табличним значенням електрохімічного еквівалента міді (Cu^{2+}) (див. Додаток 1), визначимо шукану величину.

Дано:

$$m_{\text{доміш}} = 0,12m$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$U = 0,5 \text{ В}$$

$$k = 0,33 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}$$

$$\Delta W = ?$$

Пошук математичної моделі, розв'язання.

$$\text{За першим законом Фарадея: } m_{\text{Cu}} = kq \Rightarrow q = \frac{m_{\text{Cu}}}{k}.$$

$$\text{Отже, } \Delta W = A = qU = \frac{m_{\text{Cu}}}{k} U.$$

$$\text{За умовою маса чистої міді дорівнює: } m_{\text{Cu}} = m - m_{\text{доміш}}.$$

$$\text{Остаточно маємо: } \Delta W = \frac{(m - m_{\text{доміш}})U}{k}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[\Delta W] = \frac{\text{кг} \cdot \text{В}}{\text{кг/Кл}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{Кл}}{\text{Кл}} = \text{Дж}; \quad \Delta W = \frac{(2 - 0,12 \cdot 2) \cdot 0,5}{0,33 \cdot 10^{-6}} = \frac{0,88}{0,33 \cdot 10^{-6}} \approx 2,7 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь: $\Delta W \approx 2,7 \text{ МДж}$.

Задача для самостійного розв'язання.

На рис. 1 наведено зображення електричного кола, до складу якого входить електролітична ванна з водним розчином цинк сульфату. Напруга на електродах становить 2 В; густина цинку — 7100 кг/м^3 . Визначте:

- який електрод є катодом, який — анодом;
- на якому електроді виділяється цинк;
- за який час на електроді утвориться шар цинку завтовшки 6,8 мкм і яка енергія буде на це витрачена.

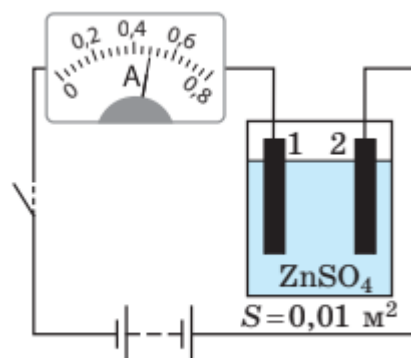


Рис. 1

Задача. Яку найменшу швидкість руху повинен мати електрон, щоб йонізувати атом Гідрогену? Енергія йонізації атома Гідрогену дорівнює 13,6 еВ (електрон-вольт — позасистемна одиниця енергії: $1 \text{ еВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).

Аналіз фізичної проблеми. Щоб йонізувати атом Гідрогену, електрон повинен мати кінетичну енергію не меншу, ніж енергія йонізації цього атома. Найменшу швидкість електрона знайдемо, користуючись рівністю $E_k = W_i$.

Дано: $W_i = 13,6 \text{ еВ} =$ $13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} =$ $= 21,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $v = ?$	<i>Пошук математичної моделі, розв'язання.</i> За означенням кінетичної енергії: $E_k = \frac{m_e v^2}{2}$, де m_e — маса електрона. Оскільки $E_k = W_i$, то $\frac{m_e v^2}{2} = W_i \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2W_i}{m_e}}$. Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини: $[v] = \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 21,8 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 2,2 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$ Відповідь: $v \approx 2,2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$.
--	--

Задача для самостійного розв'язання.

Яку найменшу швидкість руху повинен мати електрон, щоб йонізувати атом Нітрогену? Енергія йонізації атома Нітрогену — 14,5 еВ.