

ПРИКЛАД

розв'язування задач з фізики для вступних іспитів

В основу кількісних розрахунків при розв'язуванні задач покладена Міжнародна система одиниць фізичних величин (СІ). Якщо в задачі немає окремих вказівок, то необхідно користуватися тільки цією системою.

1. Нерухомо стоячого пасажира ескалатор метро піднімає протягом часу $t_c=45$ с. По нерухомому ескалатору пасажир піднімається за час $t_n=2$ хв. Скільки часу t_x буде підніматися пасажир, якщо він іде вгору по рухомому ескалатору? Відповідь дати з точністю до десятих.

2. Кулька масою $m=200$ г, підвішена на нитці довжиною $l=70$ см, описує в горизонтальній площині коло. Яка кінетична енергія E_k кульки, якщо під час її руху нитка утворює з вертикаллю постійний кут $\beta=30^\circ$? Узяти прискорення вільного падіння $g=9,8$ м/с². Відповідь дати з точністю до десятих.

3. У воді з глибини $h=3$ м піднімають на поверхню камінь об'ємом $V_k=5 \cdot 10^5$ см³. Густина каменя $\rho_k=310$ кг/м³. Знайти роботу A по підйому каменя. Густина води $\rho_v=10^3$ кг/м³. Узяти прискорення вільного падіння $g=9,8$ м/с². Відповідь дати з точністю до десятих.

4. У калориметр, в якому було $m_1=0,2$ кг води при температурі $t_1=20^\circ$ С, долили $m_2=0,3$ кг води, температура якої $t_2=80^\circ$ С, після чого в калориметрі установилася температура $t=50^\circ$ С. Яка теплоємність калориметра? Узяти питому теплоємність води $c_v=4,2$ кДж/(кг К).

5. Між двома пластинами, розташованими горизонтально у вакуумі на відстані $d=5$ мм одна від одної, знаходиться в рівновазі від'ємно заряджена краплинка масла масою $m=8$ нг. До пластин прикладена напруга $U=1$ кВ. Після опромінювання краплинки вона стала рухатися вниз із прискоренням $a=500$ см/с².

Скільки електронів N втратила краплинка? Узяти заряд електрона $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

6. Визначити силу струму короткого замикання I_k батареї, якщо при силі струму $I_1=2,5$ А у зовнішньому колі виділяється потужність $P_1=30$ Вт, а при силі струму $I_2=5,5$ А - потужність $P_2=35$ Вт.

7. Визначити енергію коливального руху, яку має математичний маятник масою $m=200$ г і довжиною $l=60$ см, якщо амплітуда коливань $A=30$ см. Узяти прискорення вільного падіння $g=9,8$ м/с².

8. Первинна обмотка трансформатора має $N_1=2,5 \cdot 10^3$ витків. Скільки витків N_2 має вторинна обмотка, щоб при напрузі на затискачах $U_2=10$ В передавати в зовнішнє коло потужність $P=20$ Вт? Опір вторинної обмотки $R_2=0,25$ Ом. Напруга в мережі $U_1=380$ В. Відповідь дати з точністю до цілих.

9. Заломлений промінь світла утворює з відбитим кут $\gamma=90^\circ$. Знайти відносний показник заломлення n_2 , якщо синус кута падіння $\sin\beta=0,8$. Відповідь дати з точністю до десятих.

10. Визначити енергію зв'язку ядра ізотопу літію ${}^7_3\text{Li}$. Узяти: масу протона $m_p=1,6724 \cdot 10^{-27}$ кг, масу нейтрона $m_n=1,6724 \cdot 10^{-27}$ кг, масу ядра $M_j=11,6475 \cdot 10^{-27}$ кг, швидкість світла у вакуумі $c=3 \cdot 10^8$ м/с. Відповідь дати в пікоджоулях (1пДж= 10^{-12} Дж) з точністю до десятих.

Розв'язування задач

Задача №1.

Дано:

$$t_c = 45 \text{ с}$$

$$t_n = 2 \text{ хв} = 120 \text{ с}$$

$$t_x = ?$$

Розв'язування:

Шуканий час можна визначити за формулою:

$$t_x = \frac{l}{v_e + v_n}, \quad (1)$$

де l – відстань, на яку ескалатор метро піднімає людину;

v_e – швидкість руху ескалатора;

v_n – швидкість руху пасажирів по нерухомому ескалатору.

Оскільки $v_e = \frac{l}{t_e}$ і $v_n = \frac{l}{t_n}$, розрахункова формула для знаходження невідомого часу приймає вигляд:

$$t_x = \frac{l}{\frac{l}{t_e} + \frac{l}{t_n}} = \frac{t_e \cdot t_n}{t_e + t_n}. \quad (2)$$

Підставивши числові дані, отримуємо:

$$t_x = \frac{45 \text{ с} \cdot 120 \text{ с}}{45 \text{ с} + 120 \text{ с}} = 32,7 \text{ с}.$$

Відповідь: $t_x = 32,7 \text{ с}$.

Задача №2.

Дано:

$$m=200 \text{ г}=0,2 \text{ кг}$$

$$l=70 \text{ см}=0,7 \text{ м}$$

$$\alpha=30^\circ$$

$$g=9,8 \text{ м/с}^2$$

$$E_k - ?$$

Розв'язування:

Кінетичну енергію кульки визначимо за формулою:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Для знаходження невідомої швидкості v кульки, запишемо для неї другий закон динаміки Ньютона:

$$\vec{F}_p + \vec{F}_t = m\vec{a}_n$$

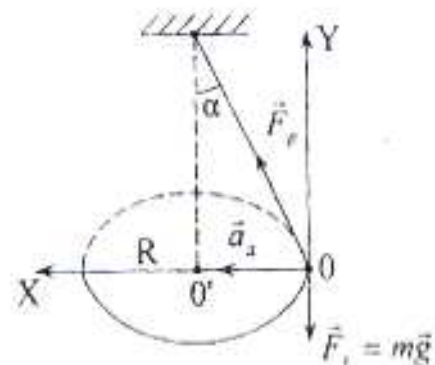
де \vec{F}_p - сила реакції нитки, \vec{F}_t - сила тяжіння кульки, \vec{a}_n - доцентрове прискорення кульки, $a_n = \frac{v^2}{R}$.

Спроектуємо векторне рівняння (1) на осі OX і OY .

Тоді отримаємо:

$$(OX): F_p \cdot \sin \alpha = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow v^2 = \frac{R \cdot F_p \cdot \sin \alpha}{m} \quad (2)$$

$$(OY): F_p \cdot \cos \alpha = mg \Rightarrow F_p = \frac{mg}{\cos \alpha} \quad (3)$$



Оскільки $R=l \cdot \sin \alpha$, то з урахуванням знайдених виразів для v^2 і F_p , формула для розрахунку кінетичної енергії набуває вигляду:

$$E_k = \frac{m \cdot g \cdot l \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} \sin \alpha \quad (4)$$

Підставивши числові дані, отримаємо:

$$E_k = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,7 \text{ м} \cdot 0,5 \cdot 0,58}{2} = 0,2 \text{ Дж.}$$

Відповідь: $E_k = 0,2 \text{ Дж.}$

Задача №3.

Дано:

$$h=3 \text{ м}$$

$$V_k=5 \cdot 10^3 \text{ см}^3=0,5 \text{ м}^3$$

$$\rho_k=3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_w=10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$g=9,8 \text{ м/с}^2$$

$$A - ?$$

Розв'язування:

З урахуванням діючих на камінь сил, запишемо другий закон динаміки Ньютона:

$$\vec{F}_t + \vec{F}_A + \vec{F}_c = 0, \quad (1)$$

де \vec{F}_t - сила тяжіння,

\vec{F}_A - сила Архімеда,

\vec{F}_c - додаткова сила, яка прикладена до каменя.

Робота по підйому каменя виконана силою F_c , для її знаходження споектуємо векторне рівняння (1) на вісь OY :

$$-F_t + F_A + F_c = 0 \Rightarrow F_c = F_t - F_A \quad (2)$$

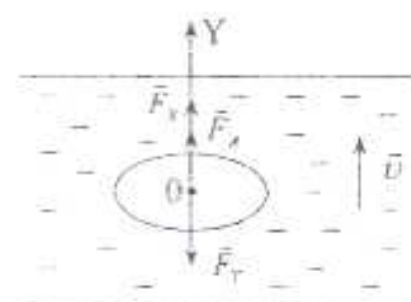
Оскільки $F_r = m \cdot g = \rho_k \cdot V_k \cdot g$ і $F_A = mg = \rho_v \cdot V_k \cdot g$, то формула для обчислення роботи буде мати наступний вигляд:

$$A = F_x \cdot h = (\rho_k - \rho_v) \cdot V_k \cdot g \cdot h. \quad (3)$$

Тоді, підставивши числові дані, отримаємо:

$$A = (3-1) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,5 \text{ м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} = 29,4 \text{ кДж}.$$

Відповідь: $A = 29,4 \text{ кДж}$.



Задача №4.

Дано:

$$m_1 = 0,2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,3 \text{ кг}$$

$$t_1 = 20^\circ \text{ C}$$

$$t_2 = 80^\circ \text{ C}$$

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

$$c_s = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$$

$$C_k = ?$$

Розв'язування:

Складемо рівняння теплового балансу. Вода з температурою t_2 передає кількість теплоти $c_s \cdot m_2 \cdot (t_2 - t)$, а вода з температурою t_1 отримує кількість теплоти $c_s \cdot m_1 \cdot (t - t_1)$. Одночасно калориметр, початкова температура якого дорівнює температурі води t_1 , отримує кількість теплоти $C_k \cdot (t - t_1)$.

Таким чином, рівняння теплового балансу має вигляд:

$$c_s \cdot m_2 \cdot (t_2 - t) = c_s \cdot m_1 \cdot (t - t_1) + C_k \cdot (t - t_1), \quad (1)$$

звідки
$$C_k = \frac{c_s \cdot m_2 \cdot (t_2 - t) - c_s \cdot m_1 \cdot (t - t_1)}{t - t_1} = \frac{c_s [m_2 \cdot (t_2 - t) - m_1 \cdot (t - t_1)]}{t - t_1};$$

Підставивши числові дані, отримаємо:

$$C_k = \frac{4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} \cdot (0,3 \text{ кг} \cdot 30 \text{ К} - 0,2 \text{ кг} \cdot 30 \text{ К})}{30 \text{ К}} = 420 \text{ Дж/К}.$$

Відповідь: $C_k = 420 \text{ Дж/К}$.

Задача №5.

Дано:

$$d = 5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$m = 8 \text{ нг} = 8 \cdot 10^{-12} \text{ кг}$$

$$U = 1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$$

$$a = 500 \text{ см/с}^2 = 5 \text{ м/с}^2$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$N = ?$$

Розв'язування:

Для випадку, коли краплинка в рівновазі, можна записати векторну рівність:

$$\vec{F}_{el} + \vec{F}_r = 0, \quad (1)$$

де \vec{F}_{el} - сила, що діє на краплинку з боку електростатичного поля, \vec{F}_r - сила тяжіння краплинки.

Після проєкції рівняння (1) на вісь Y, отримаємо:

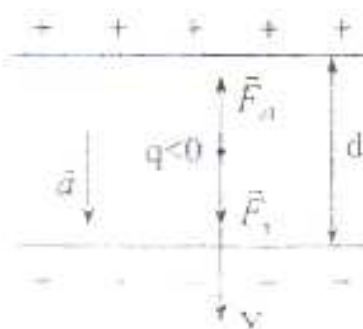
$$-F_{el} + F_r = 0. \quad (2)$$

Оскільки $F_{el} = q_1 \cdot E$ та $F_r = mg$, то заряд краплинки

$$q_1 = \frac{mg}{E}. \quad (3)$$

де $E = \frac{U}{d}$ - напруженість електростатичного поля;

U - напруга на пластинах.



$$\varepsilon = \frac{I_2^2 P_1 + I_1^2 P_2}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)}, \quad (6)$$

$$r = \frac{P_1 I_2 + P_2 I_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)}. \quad (7)$$

Тоді сила струму короткого замикання:

$$I_* = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{(I_2^2 P_1 - I_1^2 P_2) I_1 I_2 (I_2 - I_1)}{I_1 I_2 (I_2 - I_1) (P_1 I_2 + P_2 I_1)} = \frac{I_2^2 P_1 - I_1^2 P_2}{P_1 I_2 + P_2 I_1},$$

Підставивши числові дані, отримаємо:

$$I_* = \frac{5,5^2 \text{ А}^2 \cdot 30 \text{ Вт} - 2,5^2 \text{ А}^2 \cdot 35 \text{ Вт}}{30 \text{ Вт} \cdot 5,5 \text{ А} + 35 \text{ Вт} \cdot 2,5 \text{ А}} = 9 \text{ А}.$$

Відповідь: $I_* = 9 \text{ А}$.

Задача №7.

Дано:

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$l = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

$$A = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$E = ?$

Розв'язування:

Енергію коливального руху математичного маятника знайдемо за формулою:

$$E = \frac{m \omega_0^2 A^2}{2}, \quad (1)$$

де ω_0 – власна циклічна частота математичного маятника.

Оскільки

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}},$$

де g – прискорення вільного падіння, l – довжина маятника,

то
$$E = \frac{m \cdot g \cdot A^2}{2 \cdot l}; \quad E = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,3 \text{ м}^2}{2 \cdot 0,6 \text{ м}} = 0,147 \text{ Дж}.$$

Відповідь: $E = 0,147 \text{ Дж}$.

Задача №8.

Дано:

$$N_1 = 2,5 \cdot 10^3$$

$$U_1 = 380 \text{ В}$$

$$U_2 = 10 \text{ В}$$

$$P = 20 \text{ Вт}$$

$$R_2 = 0,25 \text{ Ом}$$

$N_2 = ?$

Розв'язування:

Оскільки потужності струмів у обмотках трансформатора приблизно однакові, то можна записати слідууючу рівність:

$$I_1 U_1 = I_2 U_2 + P. \quad (1)$$

З другого боку, сила струму в обмотках трансформатора обернено пропорційна числу витків у цих обмотках:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}. \quad (2)$$

Так як
$$I_2 = \frac{U_2}{R_2}, \quad \text{то} \quad I_1 = \frac{U_2}{R_2} \cdot \frac{N_2}{N_1}. \quad (3)$$

$$\varepsilon = \frac{I_2^2 P_1 - I_1^2 P_2}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)}, \quad (6)$$

$$r = \frac{P_1 I_2 - P_2 I_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)}. \quad (7)$$

Тоді сила струму короткого замикання:

$$I_x = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{(I_2^2 P_1 - I_1^2 P_2) I_1 I_2 (I_2 - I_1)}{I_1 I_2 (I_2 - I_1) (P_1 I_2 - P_2 I_1)} = \frac{I_2^2 P_1 - I_1^2 P_2}{P_1 I_2 - P_2 I_1};$$

Підставивши числові дані, отримаємо:

$$I_x = \frac{5,5^2 \text{ А}^2 \cdot 30 \text{ Вт} - 2,5^2 \text{ А}^2 \cdot 35 \text{ Вт}}{30 \text{ Вт} \cdot 5,5 \text{ А} - 35 \text{ Вт} \cdot 2,5 \text{ А}} = 9 \text{ А}.$$

Відповідь: $I_x = 9 \text{ А}$.

Задача №7.

Дано:

$$m=200 \text{ г}=0,2 \text{ кг}$$

$$l=60 \text{ см}=0,6 \text{ м}$$

$$A=30 \text{ см}=0,3 \text{ м}$$

$$g=9,8 \text{ м/с}^2$$

$E = ?$

Розв'язування:

Енергію коливального руху математичного маятника знайдемо за формулою:

$$E = \frac{m \omega_0^2 A^2}{2}, \quad (1)$$

де ω_0 – власна циклічна частота математичного маятника.

Оскільки

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}},$$

де g – прискорення вільного падіння, l – довжина маятника,

$$\text{то } E = \frac{m \cdot g \cdot A^2}{2 \cdot l}; \quad E = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,3 \text{ м}^2}{2 \cdot 0,6 \text{ м}} = 0,147 \text{ Дж}.$$

Відповідь: $E = 0,147 \text{ Дж}$.

Задача №8.

Дано:

$$N_1=2,5 \cdot 10^3$$

$$U_1=380 \text{ В}$$

$$U_2=10 \text{ В}$$

$$P=20 \text{ Вт}$$

$$R_2=0,25 \text{ Ом}$$

$N_2 = ?$

Розв'язування:

Оскільки потужності струмів у обмотках трансформатора приблизно однакові, то можна записати наступну рівність:

$$I_1 U_1 = I_2 U_2 + P. \quad (1)$$

З другого боку, сила струму в обмотках трансформатора обернено пропорційна числу витків у цих обмотках:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}. \quad (2)$$

$$\text{Так як } I_2 = \frac{U_2}{R_2}, \quad \text{то } I_1 = \frac{U_2}{R_2} \cdot \frac{N_2}{N_1}. \quad (3)$$

Тепер рівняння (1), з урахуванням виразів для струмів I_1 і I_2 можна записати в такому вигляді:

$$\frac{U_2}{R_2} \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1 = \frac{U_2^2}{R_2} + P \quad (4)$$

Звідси
$$N_2 = \frac{(U_2^2 + R_2 \cdot P) \cdot N_1}{U_1 \cdot U_2};$$

Підставивши числові дані, отримаємо:

$$N_2 = \frac{(10^2 \cdot B^2 + 0,25 \text{ Ом} \cdot 20 \text{ Вт}) \cdot 2,5 \cdot 10^3}{380 \text{ В} \cdot 10 \text{ В}} = 69.$$

Відповідь: $N_2=69$.

Задача №9.

Дано:

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\gamma = 90^\circ$$

$$n_{21} = ?$$

Розв'язування:

Відносний показник заломлення визначається за формулою:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (1)$$

Із законів геометричної оптики та умови задачі випливає, що

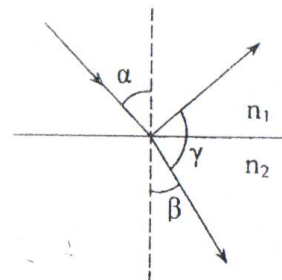
$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

Тоді

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90 - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}};$$

$$n_{21} = \frac{0,8}{\sqrt{1 - 0,8^2}} = 1,3.$$

Відповідь: $n_{21}=1,3$.



Задача №10.

Дано:



$$m_p = 1,6724 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$m_n = 1,6748 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$M_{\text{я}} = 11,6475 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$E_{\text{зв}} = ?$

Розв'язування:

Енергія зв'язку ядра:

$$E_{\text{зв}} = \Delta m \cdot c^2, \quad (1)$$

де Δm – дефект маси ядра,

c – швидкість світла у вакуумі.

$$\text{Так як } \Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M_{\text{я}}, \quad (2)$$

де для ${}^7_3\text{Li}$ – $A=7$, $Z=3$.

$$\text{Тоді } E_{\text{зв}} = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M_{\text{я}}] \cdot c^2. \quad (3)$$

Підставивши числові дані у формулу (3), отримаємо:

$$\begin{aligned} E_{\text{зв}} &= (3 \cdot 1,6724 \cdot 10^{-27} \text{ кг} + 4 \cdot 1,6748 \cdot 10^{-27} \text{ кг} - 11,6475 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ м}^2/\text{с}^2) = \\ &= 6,2 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} = 6,2 \text{ пДж} \end{aligned}$$

Відповідь: $E_{\text{зв}}=6,2$ пДж.

Числові відповіді десяти задач без найменувань фізичних одиниць заносяться в талон відповідей (відповіді повинні бути записані чітко).

Талон відповідей										
Номер задачі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Відповідь	32,7	0,2	29,4	420	1250	9	0,147	69	1,3	6,2

Критерії оцінювання відповідей (за шкалою ECTS).

Звертаємо увагу абітурієнтів на те, що записана в талон вірна відповідь (без необхідного розв'язку і пояснення в екзаменаційній роботі) не дає підстави вважати задачу розв'язаною.

Задача вважається розв'язаною, якщо:

- а) в екзаменаційній роботі, своєчасно зданій після закінчення іспиту черговому викладачу, є достатньо аргументованій розв'язок задачі;
- б) знайдені відповіді до задачі;
- в) вірно знайдена відповідь до задачі записана також у відповідну позицію талона відповідей;

Якщо зазначені вище умови виконано, то кожна з 10 задач, які включено до екзаменаційного завдання, оцінюється в 2 балів.

Мінімальна кількість балів при якій екзаменаційне завдання отримує позитивну оцінку, дорівнює 130 балів.

На багато запитань, що виникнуть під час підготовки до вступних іспитів з фізики, можна буде отримати відповідь на передекзаменаційних консультаціях. Відомості про час і місце проведення консультацій та іспитів можна отримати в приймальній комісії інституту.

Література.

1. Ю.А. Соколович, Г.С., Г.С. Богданова, Л.А. Кирик, М.О. Альошина. Фізика. Комплексна підготовка. – Х. : Весна, 2010. – 320 с.
2. І.Ю. Ненашев. Фізика. Експрес-підготовка. К.:«Літера ЛТД», 2010. – 240 с.