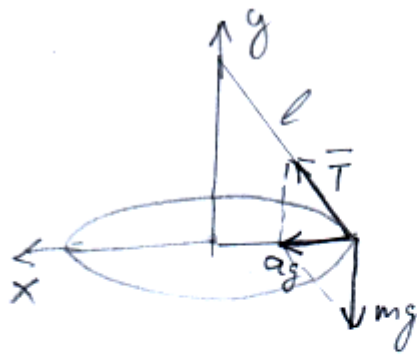


Розв'язки завдань I дистанційного туру з фізики для вступників 2021 року.

1. Маленька кулька, підвішена на нитці завдовжки 0,5 м, рівномірно обертається в горизонтальній площині. Знайдіть кут, який утворює нитку з вертикаллю, якщо кулька робить 60 обертів за 1 хвилину.

Розв'язок

$$\begin{array}{l} l = 0,5 \text{ м} \\ n = 60 \text{ об} \\ t = 60 \text{ с} \\ \hline \alpha = ? \end{array}$$



За групи законів Ньютона

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}$$

спроектиємо на осі:

$$\begin{cases} OX: ma = T \sin \alpha \\ OY: 0 = T \cos \alpha - mg \end{cases}$$

отримаємо: $ma = mg \operatorname{tg} \alpha$

Тангенс куту, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$ (1)

Докцентрове прискорення: $a_g = \omega^2 R = \left(2\pi \frac{n}{t}\right)^2 l \sin \alpha$ (2)

Підставимо (2) → (1): $\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{4\pi^2 n^2 l}{g t^2} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{g t^2}{4\pi^2 n^2 l} = \frac{1}{2}$

$\alpha = \arccos \frac{1}{2} = 60^\circ$

2. Температура газів палива, що згоряє в циліндрах двигуна автомобіля, 800°C . Температура вихлопних газів 80°C . Витрата бензину на 100 км шляху при швидкості 90 км/год рівна 10 кг. Яку потужність міг би розвинути двигун, якби він був ідеальною тепловою машиною? Питома теплота згорання бензину 44 МДж/кг .

Розв'язок

$$T_1 = 1073 \text{ К}$$

$$T_2 = 353 \text{ К}$$

$$c = 10^5 \text{ м}$$

$$v = 25 \text{ м/с}$$

$$m = 10 \text{ кг}$$

$$q = 44 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$P = ?$$

Розрахуємо ККД: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ (1) $\Rightarrow A_k = \frac{T_1 - T_2}{T_1} q m$ (2)

Потужність: $P = \frac{A_k}{t} = \frac{A_k v}{l}$ (3)

Тоді остаточно: $P = \frac{T_1 - T_2}{T_1} q m \frac{v}{l}$

$$P = \frac{1073 - 353}{1073} \cdot 44 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot \frac{25}{10^5} = 73812 \text{ Вт} \approx 73,8 \text{ кВт}$$

3. Щоб електрон міг іонізувати молекулу газу, його кінетична енергія повинна перевищувати 15 еВ. При якій напруженості поля електрон отримає таку енергію на шляху 1 мкм? Заряд електрона $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, маса $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $1 \text{ еВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

Розв'язок

$$W_k = 15 \text{ eB} = 24 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$e = 10^{-6} \text{ м}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$E = ?$$

Робота з зарядж. елементами: $A = qU = qEL$
 За законом збереження енергії:
 $qEL = \frac{mv^2}{2} = W_k \Rightarrow E = \frac{W_k}{qL} = \frac{24 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-6}}$
 $E = 15 \cdot 10^6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

4. Рамка площею 400 см^2 має 75 витків. Вона обертається в однорідному магнітному полі з індукцією 15 мТл . В початковий момент площина рамки перпендикулярна лініям магнітної індукції поля. Яка ЕРС індукції через 10 мс після цього? Амплітудне значення ЕРС дорівнює $3,6 \text{ В}$.

Розв'язок

$$S = 400 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$N = 75$$

$$B = 15 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$$\alpha_0 = 0$$

$$t_1 = 10^{-2} \text{ с}$$

$$\varepsilon_m = 3,6 \text{ В}$$

$$\varepsilon_1 = ?$$

Магнітний потік: $\Phi = BS N \cos(\omega t + \alpha_0)$
 ЕРС: $\varepsilon = -\Phi' = -BS N \omega (-\sin(\omega t + \alpha_0))$
 Особливо ($\alpha_0 = 0$): $\varepsilon = BS N \omega \sin \omega t = \varepsilon_m \sin \omega t$ (1)
 $\varepsilon_m = BS N \omega \Rightarrow \omega = \frac{\varepsilon_m}{BS N}$ (2)
 Тоді $\varepsilon(t) = \varepsilon_m \sin\left(\frac{\varepsilon_m}{BS N} t\right) = 3,6 \sin\left(\frac{3,6 \cdot 10^{-2}}{1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 75} t\right)$
 $\varepsilon_1 = 3,6 \sin(0,8 \text{ рад}) = \underline{2,58 \text{ В}}$

5. Над центром круглої ополонки радіусом $0,4 \text{ м}$ на висоті 80 см рибаки запалили вночі ліхтар. Глибина озера дорівнює $1,5 \text{ м}$. Який радіус світлої плями на дні озера? Показник заломлення води $1,33$.

Розв'язок

$$R_{\text{пол}} = 0,4 \text{ м};$$

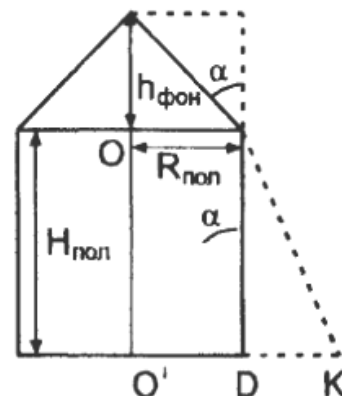
$$h_{\text{фон}} = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м};$$

$$H_{\text{пол}} = 1,5 \text{ м};$$

$$R_{\text{св. плями}} = ?;$$

$$R_{\text{св. плями}} = O'D + DK = R_{\text{пол}} + DK;$$

$$\alpha - \text{кут падіння світла}; \gamma - \text{кут}$$



заломлення; $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{\text{води}}$, де $n_{\text{води}}$ - показник заломлення води відносно повітря ($n_{\text{води}} = 1,33$);

$$\sin \alpha = \frac{OA}{\sqrt{OF^2 + OA^2}} = \frac{0,4}{\sqrt{0,8^2 + 0,4^2}} = 0,447; \sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n_{\text{води}}} = \frac{0,447}{1,33} = 0,336;$$

$$\gamma = 19^\circ 40'; DK = AD \cdot \text{tg} 19^\circ 40' = 1,5 \cdot 0,3574 = 0,5361 \text{ м};$$

$$R_{\text{св. плями}} = 0,4 + 0,5361 = 0,9361 \text{ м}$$