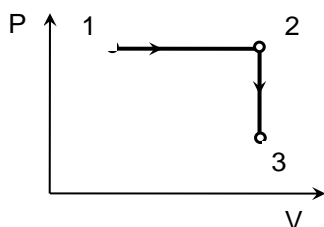
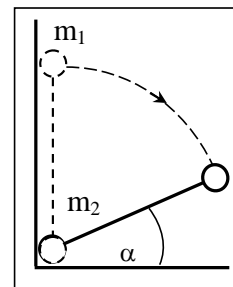


**Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации «Техника и технологии (физика)»
(общеобразовательный предмет физика), весна 2021 год**

**11 класс
Вариант 9**

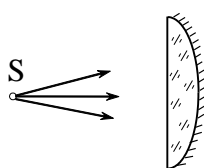
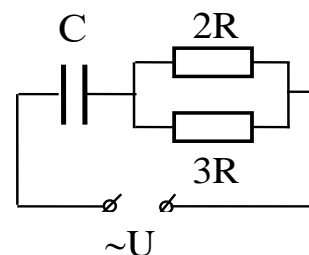
Задача 1 (6 баллов) Скорость течения реки возрастает пропорционально расстоянию от берега, достигая своего максимального значения $v_0 = 4 \text{ км/ч}$ на середине реки. У берегов скорость течения равна нулю. Лодка движется по реке таким образом, что её скорость $u = 2 \text{ км/ч}$ относительно воды постоянна и перпендикулярна течению. Найдите ширину реки b , если за время переправы лодка была снесена течением на расстояние $L = 500 \text{ м}$.

Задача 2 (8 баллов) Два маленьких шарика, соединены жестким невесомым стержнем и размещены вертикально в углу, образованном гладкими плоскостями. Масса верхнего шарика $m_1 = 3 \text{ кг}$, масса нижнего шарика $m_2 = 2 \text{ кг}$. Гантель начинает движение из вертикального положения без начальной скорости. Определите силу, действующую на вертикальную стенку со стороны падающей гантели, когда угол между осью гантели и горизонтальной поверхностью станет равным $\alpha = 45^\circ$. Силами трения пренебречь.



Задача 3 (8 баллов) Два моля одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 в состояние 3 путем изобарического нагрева 1-2 и изохорного охлаждения 2-3. На участке 1-2 газ совершает работу $A = 2500 \text{ Дж}$. В процессе всего перехода 1-2-3 газ получает суммарное (алгебраическая сумма) количество теплоты $Q = 1500 \text{ Дж}$. Найдите разность температур $T_2 - T_3$

Задача 4 (8 баллов) Конденсатор C , соединенный последовательно с резисторами, подключили к источнику переменного напряжения с амплитудным значением U_0 и круговой частотой ω . При каком значении сопротивления R резистора в цепи будет выделяться максимальная тепловая мощность?

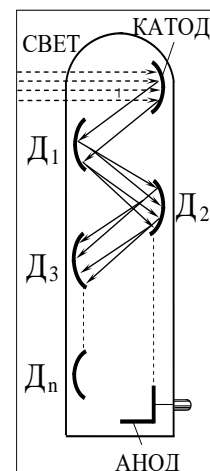


Задача 5 (8 баллов)

Плоско-выпуклая линза с радиусом кривизны $R = 50 \text{ см}$ имеет оптическую силу 1 дптр. Найдите оптическую силу этой линзы, если посеребрить её сферическую поверхность. Свет падает на не посеребрённую поверхность.

Задача 6 (12 баллов)

Излучение лазера с длиной волны $\lambda = 0,4 \text{ мкм}$ регистрируется с помощью фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), в котором на катоде под воздействием света возникает фотоэлектронная эмиссия, и электроны, ускоренные электрическим полем, направляются на вторичные катоды- диноды (D_1, \dots, D_n), из которых выбивают вторичные электроны. Определите величину анодного тока ФЭУ с числом динодов $n = 5$, если мощность излучения лазера $P = 2,0 \text{ мВт}$, квантовый выход (т.е. отношение числа выбиваемых из катода электронов к числу фотонов, падающих на катод, $K_1 = 0,1$), а коэффициент вторичной эмиссии (увеличения количества вторичных электронов) каждого динода $K_2 = 4$.



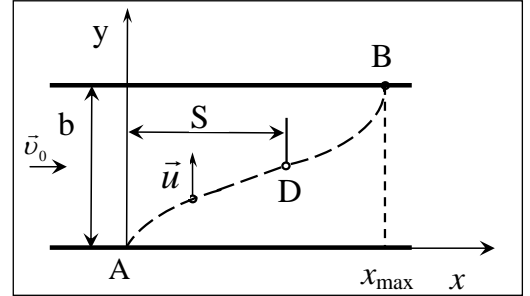
Решение варианта 9

Задача 1 (6 баллов)

По условию :

u - скорость лодки относительно воды,

v_0 - максимальная скорость течения на середине реки.



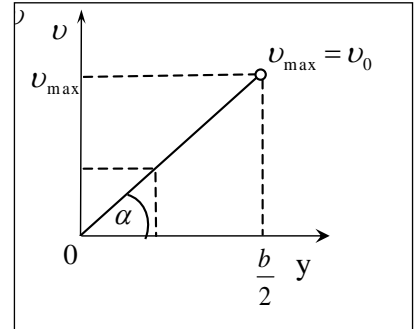
1. Так как скорость $\vec{u} \perp \vec{v}$ в течение всего времени движения лодки, то $y = u \cdot t$ (1)

2. По условию скорость течения реки меняется линейно от

$$v = \frac{v_0 \cdot y}{\frac{b}{2}} \quad (2) ; \quad v = y \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

нуля до v_0 , поэтому

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0 \cdot y}{\frac{b}{2}}$$



$$v = \frac{v_0 \cdot y}{\frac{b}{2}} = \frac{v_0 \cdot 2u \cdot t}{b}$$

3. Подставляя (1) в (2), получим (3),

$$a = \frac{2v_0 \cdot u}{b} \quad (4).$$

то есть движение лодки вдоль оси x равноускоренное с ускорением

4. Лодка достигнет середины реки за время $\tau = \frac{b}{2u}$ (5)

5. За это же время лодку снесёт течением на расстояние $S = \frac{a\tau^2}{2} = \frac{2v_0u \cdot b^2}{b \cdot 2 \cdot 4u^2} = \frac{v_0b}{4u}$ (6).

6. При достижении точки В лодку снесёт на $x_{\max} = 2S = \frac{v_0b}{2u}$. Подставив числовые значения, получим

$$L = \frac{v_0b}{2u} = \frac{2 \cdot 1}{2 \cdot 4} = 0,25 \text{ км} = 250 \text{ м}$$

$$L = \frac{v_0b}{2u} = \frac{2 \cdot 1}{2 \cdot 4} = 0,25 \text{ км} = 250 \text{ м}$$

Ответ:

Задача 2 (8 баллов)

$$F = T \cos \alpha \quad (1)$$

Используя закон сохранения механической энергии, запишем

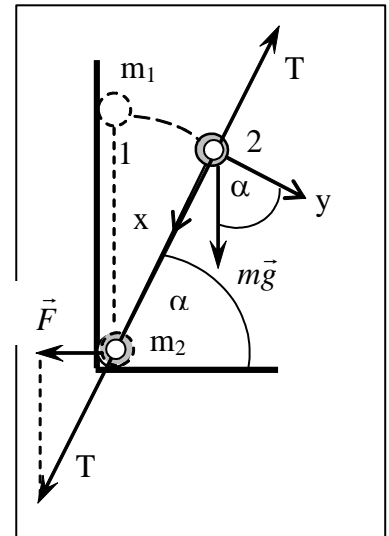
$$\frac{m_1 v^2}{2} = m_1 g \ell (1 - \sin \alpha) \quad (2)$$

где ℓ - длина гантели.

На основании 2-го закона Ньютона, запишем

$$\frac{m_1 v^2}{\ell} = m_1 g \sin \alpha - T \quad (3)$$

Отсюда следует $\frac{m_1 v^2}{\ell} = 2m_1 g (1 - \sin \alpha)$



С учётом (3) из (2) определим $T = m_1 g \sin \alpha - 2mg(1 - \sin \alpha) = mg(3 \sin \alpha - 2)$. (4)

Подставив последнее равенство в (1), найдём $F = m_1 g \cos \alpha(3 \sin \alpha - 2)$.

Подставив $m_1 = 3\kappa z$, $\alpha = 45^\circ$, найдём

$$F = 3 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \left(3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 2 \right) = 10 \cdot 2,1(2,1 - 2,0) \approx 2,1 \text{ Н}$$

Ответ: $F = m_1 g \cos \alpha(3 \sin \alpha - 2) \approx 2,1 \text{ Н}$.

Задача 3 (8 баллов)

1. $Q_{123} = A_{12} + \Delta U_{123}$, где

2. $A_{12} = \nu R(T_2 - T_1)$

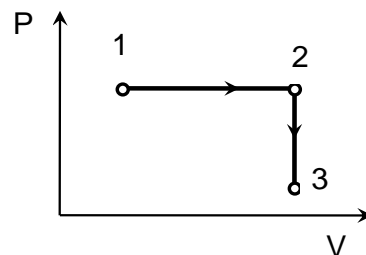
3. $\Delta U_{123} = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_1)$

Из этих уравнений исключим температуру T_1 получим

$$(T_2 - T_3) = \frac{5A_{12} - Q_{123}}{3\nu R} = 191 \text{ К}$$

$$(T_2 - T_3) = \frac{5A_{12} - Q_{123}}{3\nu R} = 191 \text{ К}$$

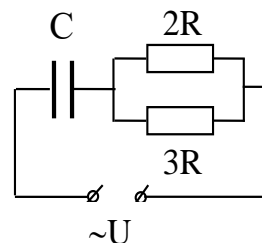
Ответ:



Задача 4 (8 баллов)

1) Тепловая мощность, выделяющаяся в цепи переменного тока

$P = I_D^2 R_\Sigma$, где $I_D = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$ - действующее значение тока, а R_Σ - активное сопротивление цепи.



$$P = \frac{U_o^2 R_\Sigma}{2 \left(R_\Sigma^2 + \frac{1}{(\omega C)^2} \right)}$$

Следовательно,

Исследуя последнее выражение на экстремум, находим, что максимальная мощность в цепи

выделяется при $R_\Sigma = \frac{1}{\omega C}$. Так как $R_\Sigma = \frac{6}{5} R$, то $\frac{6}{5} R = \frac{1}{\omega C}$, откуда $R = \frac{5}{6\omega C}$.

Ответ: $R = \frac{5}{6\omega C}$.

Задача 5 (8 баллов)

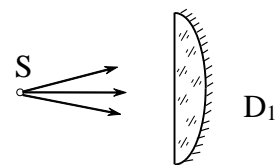
Если посеребрить сферическую поверхность, то

$D = D_1 + D_2 + D_1 = 2D_1 + D_2$, где D_1 оптическая сила линзы, а D_2 – вогнутого зеркала, образованного посеребрённой поверхностью. Так как

$$D_2 = \frac{2}{R} = \frac{2}{0,5} = 4 \text{ дптр}$$

=1 дптр, а , то $D = 6$ дптр.

Ответ: $D = 6$ дптр. .



Задача 6 (12 баллов)

1) Число фотонов, излучаемых лазером в 1 секунду

$$N = \frac{P}{h\nu} = \frac{P\lambda}{hc};$$

$$I = N \cdot k_1 \cdot (k_2)^n \cdot e = \frac{e \cdot P \cdot \lambda \cdot k_1 \cdot (k_2)^n}{hc}$$

2) Величина анодного тока

Подставив числовые значения, получим

$$I = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-7}}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot 4^5 = 0,644 \cdot 10^{-4} \cdot 1,024 \cdot 10^3 \approx 0,066 \text{ A} \approx 66 \text{ mA}$$

Ответ: $I = N \cdot k_1 \cdot (k_2)^n \cdot e = 66 \text{ mA}$.

