

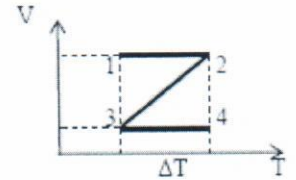
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Императора Николая II
«Московский государственный университет путей сообщения»

ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ «Паруса надежды»
2015-2016 г.г.

Заключительный этап

Вариант 1

1. В тепловом процессе моль идеального одноатомного газа переводят из начального состояния в конечное, как указано на рисунке. Какое количество тепла подведено к газу, если разность начальной и конечной температур $\Delta T = 100$ К? Ответ в Дж.

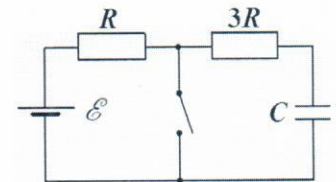


2. На поверхность металлического шара радиусом 5 см нанесен слой радиоактивного вещества. До какого заряда зарядится шар, если вещество испускает α -частицы со скоростью $3 \cdot 10^5$ м/с? Масса α -частицы $6,68 \cdot 10^{-27}$ кг. Ответ в Кл.

3. Частицы с одинаковыми массами по 1 мг, но одна с зарядом 1 мкКл, а другая нейтральная, влетают перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля с индукцией $B = 1$ Тл, имеющего четкую границу, со скоростью $V = 6$ км/с. Найти расстояние между частицами через 5 с. Ответ в км.

4. Через металлическую спираль протекает постоянный электрический ток. На сколько процентов изменится среднее количество теплоты, выделяющееся в спирали за единицу времени, если одновременно пропустить и переменный ток, амплитудное значение которого составляет 10% от величины постоянного тока. Ответ в %.

5. На рисунке справа изображена схема, в которой периодически (с периодом $3T$) повторяют следующий процесс: ключ замыкают на время T и размыкают на время $2T$. Через достаточно большое число повторений напряжение на конденсаторе становится практически постоянным, совершая лишь незначительные колебания вокруг своего среднего значения. Найдите среднюю тепловую мощность, выделяющуюся в резисторе $3R$ в установившемся режиме. Все элементы можно считать идеальными. Параметры считать равными $R = 1$ МОм; $C = 10$ мкФ; $\varepsilon = 10$ В; $T = 1$ с. Ответ в Вт.



6. Какой угол раствора конуса увидит наблюдатель, если он рассматривает вершину конуса с углом раствора 30° через лупу с фокусным расстоянием 20 см, расположенную от нее на расстоянии 2 см? Главная оптическая ось лупы совпадает с осью симметрии конуса. Ответ в градусах.

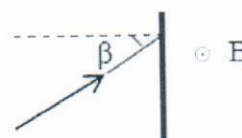
Вариант 2

1. Человек массой 60 кг с помощью троса, перекинутого через блок, закрепленного на потолке, удерживает груз. Какова максимальная масса груза, который может удержать человек, если трос образует угол 60° с горизонтом. Коэффициент трения человека о пол равен 0,2. Ответ в кг.

2. Поршни двух одинаковых неподвижных цилиндров жестко скреплены между собой так, что объемы под поршнями одинаковые. В первом цилиндре – кислород, во втором – азот. Затем температура кислорода повышается в два раза, а его давление изменяется по закону $PV^2 = \text{const}$. Температура азота остается неизменной. Определить относительное изменение внешнего давления и давления газов. Газы считать идеальными, поршни невесомыми.

3. Анод и катод вакуумного диода сделаны в виде параллельных пластин. Ток, проходящий через диод изменяется по закону $I = bU^{3/2}$. Во сколько раз увеличится сила давления электронов на анод, если напряжение на диоде увеличить в 3 раза? Начальной скоростью электронов, вылетающих с катода, пренебречь.

4. Протон влетает в область поперечного к его траектории магнитного поля под углом $\beta = 30^\circ$. Время движения протона в области поля составляет 5 мкс. Найти значение индукции магнитного поля. Отношение заряда протона к его массе 10^8 Кл/кг. Ответ в Тл.



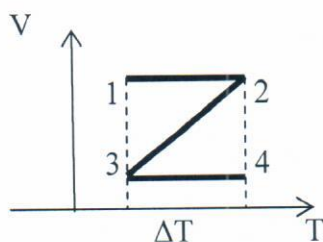
5. Пружинка, имеющая в нерастянутом состоянии длину $l = 1$ м, массу $m = 60$ г и жесткость $k = 1$ Н/м, положена на большой гладкий стол и прикрепена одним из концов к центру стола. К другому концу прикреплен груз массы $m/3$, размер которого много меньше длины пружинки. Вся система вращается по столу вокруг точки крепления с угловой скоростью $\omega = 1$ рад/с. Найдите силу, действующую на груз со стороны пружины. Ответ в Н.

6. С помощью собирающей линзы получено уменьшенное в 2 раза действительное изображение предмета на экране. Размер предмета 20 см. Оставляя предмет и экран неподвижными, перемещают линзу в сторону предмета и получают на экране второе четкое изображение. Найти размер второго изображения. Ответ в см.

Краткие решения задач отборочного этапа олимпиады по физике
«Паруса надежды» 2016 гг.

Вариант 1

1.



На участках 1-2 и 3-4 - увеличение внутренней энергии.

$$1-2: \Delta Q_1 = \Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T; \quad 3-4: \Delta Q_3 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T; \quad \Delta Q_2 = -\nu C_p \Delta T;$$

$$C_v = \frac{3}{2} R; \text{ следовательно } \Delta Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3$$

Ответ: 415,5 Дж

2.

α – частицы будут улетать из шара до тех пор, пока их кинетическая энергия не сравняется с работой электрического поля заряженного шара.

$$\frac{m_\alpha v^2}{2} = Q \frac{q_\alpha}{4\pi \epsilon_0 R}; \text{ следовательно } Q = \frac{2\pi m_\alpha v^2 R \epsilon_0}{q_\alpha} = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Ответ: $Q = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$

3.

Нейтральная частица движется прямолинейно и равномерно.

Уравнения движения частицы $x_1 = vt$; $y_1 = 0$.

Заряженная частица, сделав половину оборота, покидает магнитное поле и далее движется прямолинейно и равномерно. $R = mv/qB$, $T = 2\pi m/qB$

Расстояние между частицами $L(t) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$

а) Уравнения движения частицы при $t < T/2$

$$x_2 = R \sin(q B/m)t, \quad y_2 = R(1 - \cos(q B/m)t)$$

б) Уравнения движения частицы при $t > T/2$

$$x_2 = -v(t - T/2), \quad y_2 = 2R = \text{const}$$

$$T = 6,28c$$

Ответ: б) $L(5) = 42,87 \text{ км}$

4.

$$I = I_0 (1 + \alpha \sin \omega t); \quad Q = R (I^2)_{cp} = R I_0^2 \left(1 + \frac{\alpha^2}{2}\right);$$

$$(\sin \omega t)_{cp} = 0; \quad (\sin^2 \omega t)_{cp} = 1/2,$$

т.е. ΔQ_{cp} увеличится на $\left(\frac{\alpha^2}{2}\right) \cdot 100\%$, $\alpha = 0, 1$

Ответ: на 0,5%

5.

Пусть U – напряжение на конденсаторе. Полный заряд, прошедший за период при установившемся процессе должен быть равен 0:

$$TU/3R + 2T(U-\mathcal{E})/4R = 0, \text{ откуда получаем } U = 0,6 \mathcal{E}.$$

$$\text{Суммарное тепло: } W = TU^2/3R + 2T(U-\mathcal{E})^2/4R = T\mathcal{E}^2/5R.$$

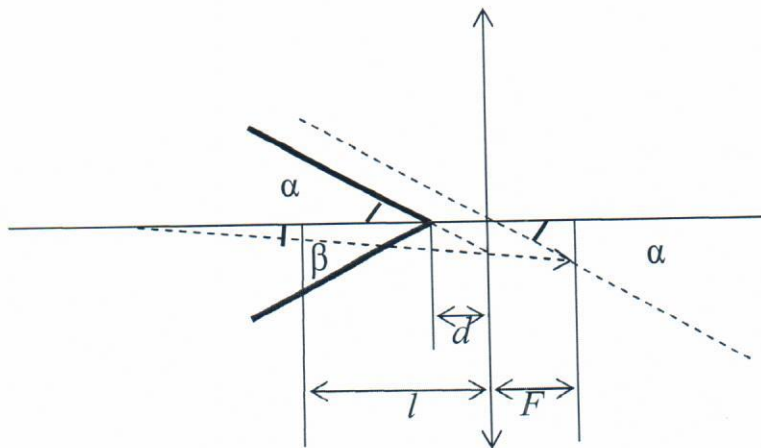
Мощность этого процесса за период равна $W/3T = \mathcal{E}^2/15R \approx 6,7 \text{ мкВт}$.

Ответ: $6,7 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$.

6.

Изображение острия конуса - мнимое. Пусть оно находится на расстоянии l от лупы. Тогда

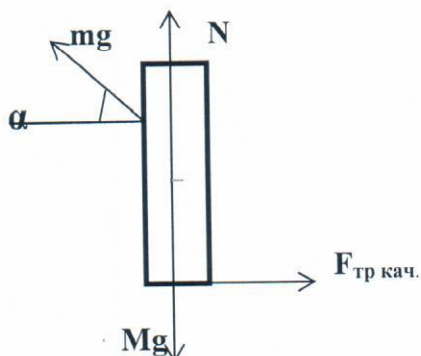
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{l}; \quad l \operatorname{tg} \beta = d \operatorname{tg} \alpha; \quad 2\beta = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[\left(1 - \frac{d}{F}\right) \operatorname{tg} \alpha \right] \approx 27,3^\circ$$



Ответ: $\approx 27,3^\circ$

**Краткие решения задач отборочного этапа олимпиады по физике
«Паруса надежды» 2016 гг.
Вариант 2**

1.



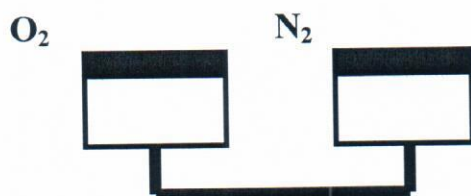
$$N + mg \sin \alpha - Mg = 0, \quad F_{\text{тр.}} = mg \cos \alpha$$

a) $N \geq 0$, следовательно $m \leq \frac{M}{\sin \alpha} = 69,3 \text{ кг}$

б) $F_{\text{тр. кач.}} \leq F_{\text{тр. ст.}} = m\mu$, следовательно $m \leq \frac{M\mu}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = 18 \text{ кг}$

Ответ: 18кг

2.



Из условия равновесия $2p = p_1 + p_2$, $p_1 = \frac{\mu_2}{\mu_1} p_2 = \frac{14}{15} p$,

$p_2 = \frac{2\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} p = \frac{16}{15} p$ - начальные давления газов.

$TV = \text{const}$, следовательно $\frac{\Delta V_1}{V_1} = \frac{V_1^* - V_1}{V_1} = \frac{T_1^* - T_1}{T_1} = -0,5$

Объем кислорода уменьшается в 2 раза. После нагрева кислорода

$$p_1^* = \frac{p_1 V_1 T_1^*}{T_1 V_1^*} = \frac{56}{15} p, \quad p_2^* = p_2 \frac{V_2}{V_2^*} = \frac{32}{15} p, \quad \frac{\Delta p_1}{p_1} = \frac{p_1^* - p_1}{p_1} = 3, \quad \frac{\Delta p_2}{p_2} = 1,$$

$$2p^* = p_1^* + p_2^*, \quad \frac{\Delta p}{p} = \frac{p^* - p}{p} = 2$$

Ответ: 2; 3; 1

3.

$\Delta n = I \Delta t / e$, импульс электронов $\Delta p = mV \Delta n$, $mV^2/2 = eU$,
 $F \Delta t = mV \Delta n = mVI \Delta t / e$, т.к. $I = bU^{3/2}$,

Следовательно $F = ImV/e = bU^2 \cdot \sqrt{\frac{2m}{e}}$, $F/F_0 = (U/U_0)^2 = 3^2 = 9$

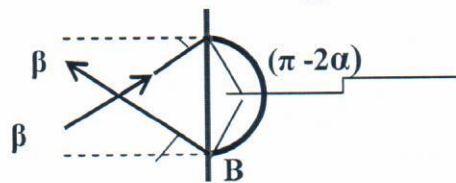
Ответ: в 9 раз

4.

В магнитном поле протон движется по окружности и вылетает под углом α .

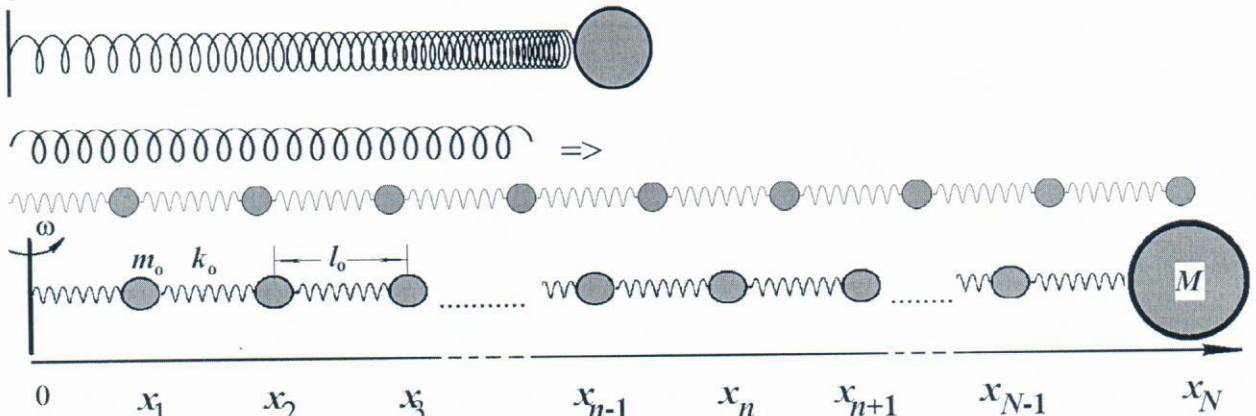
Время движения протона в магнитном поле $\tau = T \frac{\pi + 2\alpha}{2\pi}$, $mV^2/\alpha = eVB$,

$T = 2\pi \alpha / V = 2\pi m / eB$, следовательно $B = \frac{m(\pi + 2\alpha)}{e\tau} = 8,4 \cdot 10^{-3}$ Тл



Ответ: $8,4 \cdot 10^{-3}$ Тл

5.



$$m_0 = m/N, k_0 = Nk, l_0 = l/N,$$

$$m_0 a_n = k_0(x_{n+1} - x_n - l_0) - k_0(x_n - x_{n-1} - l_0) \quad (1)$$

=>

$$-m_0 x_n \omega^2 = k_0(x_{n+1} - 2x_n + x_{n-1}) \quad (2)$$

$$N \gg l \Rightarrow -m_0 x \omega^2 = k_0 x'' \quad (3)$$

$$x = A \sin(Bn + \varphi) \quad (4)$$

$$x_0 = 0. \Rightarrow \varphi = 0.$$

$$\omega_0^2 = k/m.$$

$$B = \frac{\omega}{\omega_0 N} \quad \text{и} \quad x = A \sin\left(\frac{\omega n}{\omega_0 N}\right) \quad (5)$$

$$-Mx_N \omega^2 = -k_0(x_N - x_{N-1} - l_0) \quad (6)$$

$$x' = \frac{A\omega}{\omega_0 N} \cos\left(\frac{\omega n}{\omega_0 N}\right),$$

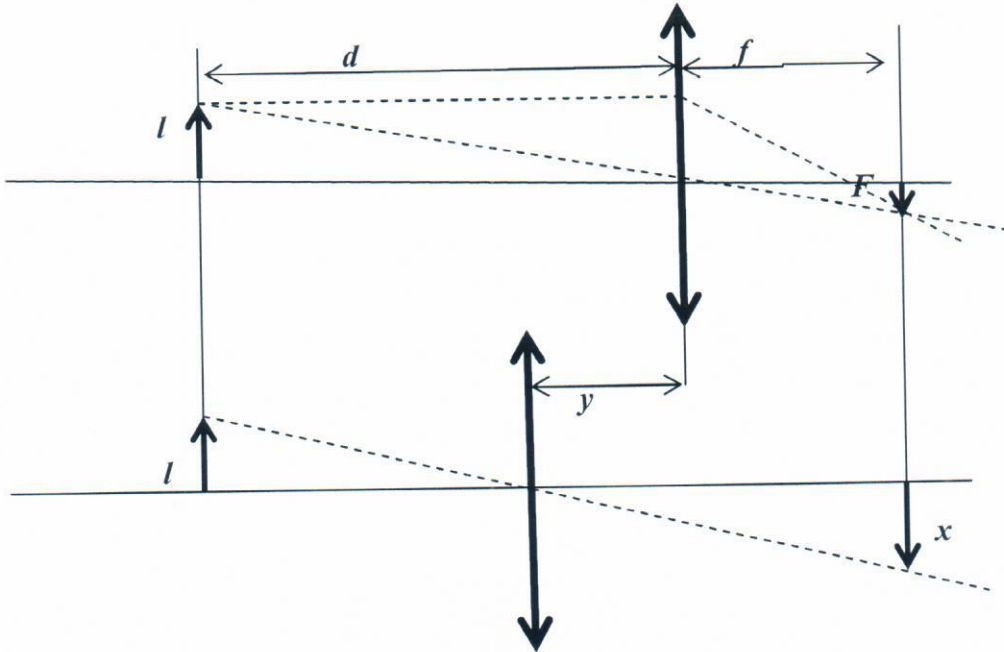
$$\left(\frac{\omega}{\omega_0} \cos \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{M\omega^2}{k} \sin \frac{\omega}{\omega_0}\right) A = l \quad (7)$$

$$\Omega = \omega/\omega_0 \quad \mu = M/m. \Rightarrow \quad A = l/(\Omega \cos \Omega - \mu \Omega^2 \sin \Omega) \quad (8)$$

$$F = AM \omega^2 \sin \Omega = lk / ((\mu \Omega)^{-1} \operatorname{ctg} \Omega - 1) \quad (9)$$

Ответ: $F = 0,0209 \text{ Н}$.

6.



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}, \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{d-y} + \frac{1}{f+y},$$

$$d/f = 2, \quad \frac{l}{x} = \frac{d-y}{f+y}, \quad f = \frac{3}{2} F, \quad d = 3F, \quad y = 1,5F$$

Следовательно, $x = l \frac{l+y}{d-y} = 2l = 40 \text{ см}$

Ответ: 40 см