МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

вариант № 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!»
по ФИЗИКЕ (10 класс)

БРУСКИНА АНЖЕЛИКА ВИТАЛЬЕВНА

Дата: 16 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

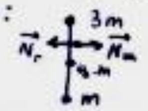
№	1	2	3	4	Σ
В	**5**	**5**	**5**	**5**	**88**
З	**20**	**20**	**20**	**8**	

Апелляция: не подавалась

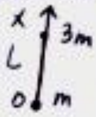
Итоговая оценка: 88 (восемьдесят восемь)

Билет №3

1. Вопрос:



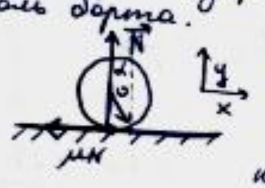
В момент удара возникает некоторая сила, действующая на гантель $\vec N_г$, равная ей по модулю и противоположная по направлению $\vec N_м$ (по III З.Н). Пусть точка приложения $\vec N_г$ не совпадает с центром масс системы из m и 3m. Тогда возникает вращающий момент, и гантель начинает вращаться. Противоречие => сила приложена в ц.м. Найдем его:



$x_{цм} = \frac{3mL}{m+3m} = \frac{3L}{4}$

Ответ: удар произошел в $\frac{3}{4}L$ от шайбы массой m.

Задача: Удар при $\vec v \perp$ борту упругий, т.к. $\vec F_{тр}$ направлена вдоль борта.



ЗСИ на оу: $-mv\cos\alpha - mv\cos\alpha = -N\Delta t$

$N\Delta t = 2mv\cos\alpha$

Импульс силы $\vec F_{тр} = \mu \vec N$ идет на раскручивание кольца:

$\mu N\Delta t = mu$, где u – вр. скорость

$\omega = \frac{u}{R} = \frac{2\mu v\cos\alpha}{R} \approx 11,31 \frac{рад}{с}$

Но это справедливо, если проскальзывание не прекращается все время удара Δt: на ох: $mu = mv\sin\alpha - \mu N\Delta t > 0$

$u = v\sin\alpha - 2v\cos\alpha \cdot \mu > 0$

В условиях данной задачи $v\left(\frac{\sqrt2}{2} - 2\cdot\frac{\sqrt2}{2}\cdot 0{,}4\right) > 0$, т.е. проскальзывание не прекращается.

Ответ: $\omega = 11,31 \frac{рад}{с}$

2. Вопрос 2: Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$p_0V_0 = \nu RT_0$

$(p_0+\delta p)(V_0+\delta V) = \nu RT_0$, т.к. изменение изотермическое.

$p_0V_0 + \delta p\cdot V_0 + \delta V\cdot p_0 + \underbrace{\delta p\cdot\delta V}_{\text{т.к. изменение малое, } \approx 0} = p_0V_0$

$\delta p\cdot V_0 + \delta V\cdot p_0 = 0 \quad |:p_0V_0$

$\frac{\delta p}{p_0} + \frac{\delta V}{V_0} = 0 \Rightarrow \delta p = -p_0\frac{\delta V}{V_0}$

Ответ: $\delta p = -p_0\frac{\delta V}{V_0}$

Задача:

Дано:
$\nu = 3$ моль
$\Delta p = 0{,}005\,p_0$
$A_{вн} = 22{,}44$ Дж
$R \approx 8{,}31 \frac{Дж}{моль\cdot К}$
T_0 – ?

Решение: I начало термодинамики: $Q = \Delta U + A$
Т.к. процесс адиабатический, $Q = 0 \Rightarrow$
$-A = A_{вн} = \Delta U$.
$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R(T+\Delta T - T) = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$
$\Delta T = \frac{2A_{вн}}{i\nu R}$. Ур-ние Менделеева-Клапей.

1

...рейла в дифф. форме: $\frac{\Delta p}{p_0} + \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0}$

Уравнение Пуассона: $p_0 V_0^{\gamma} = (p_0 + \Delta p)(V_0 + \Delta V)^{\gamma}$

$$\frac{p_0}{p_0 + \Delta p} = \left(1 + \frac{\Delta V}{V_0}\right)^{\gamma}$$

$\frac{\Delta V}{V_0} = \left(\frac{p_0}{p_0 + \Delta p}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1 = \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}} - 1$, с учетом приближение $(1+\alpha)^n \simeq 1 + n\alpha$ для малых α, как в случае с $\frac{\Delta p}{p_0}$,

$$1 - \frac{\Delta p}{\gamma p_0} - 1 = \frac{\Delta V}{V_0} = -\frac{\Delta p}{\gamma p_0}$$

$$\frac{\Delta p}{p_0}\left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = \frac{2A_{вн}}{i\nu R T_0}, \quad \gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{\frac{i}{2}+1}{\frac{i}{2}} = \frac{i+2}{i}$$

$$T_0 = \frac{2A_{вн}}{i\nu R \frac{\Delta p}{p_0}\left(1 - \frac{i}{i+2}\right)} = \frac{2A_{вн}(i+2)}{i\nu R \frac{\Delta p}{p_0}(\cancel{i+2-i})} = \frac{A_{вн}(i+2)}{i\nu R \frac{\Delta p}{p_0}} =$$

$$= \frac{22{,}44 \cdot 5}{3 \cdot 3 \cdot 8{,}31 \cdot 0{,}005} = \frac{22{,}44 \cdot 1000}{9 \cdot 8{,}31} = 300{,}04\,K$$

Ответ: 300 K

Задание 3: Вопрос: З.С.Э.: $W_{конд_0} + A_{ист} = W_{конд_к} + Q$

$W_{конд_0} = 0$, т.к. конденсатор не заряжен, а потом заряжается до q.

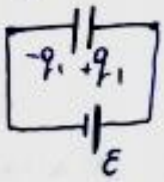
$A_{ист} = \mathcal{E} q$;

$W_{конд_к} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$, отсюда: $\mathcal{E} \cdot C\mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + Q$,

$\frac{CU^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$ $\qquad Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$, т.е 50%

от $A_{ист}$, т.е. $\eta = 50\%$.

Пусть конденсатор изначально заряжен до заряда q_1:



ЗСЭ: $\frac{q_1^2}{2C} + \mathcal{E}(q - q_1) = \frac{q^2}{2C} + Q$

$$Q = \mathcal{E}(q - q_1) - \frac{(q-q_1)(q+q_1)}{2C} = (q-q_1)\left(\mathcal{E} - \frac{q+q_1}{2C}\right)$$

$$\eta = \frac{q^2}{2C(q-q_1)\mathcal{E}} = \frac{C^2\mathcal{E}^2}{2C(q-q_1)\mathcal{E}} = \frac{C\mathcal{E}}{2(q-q_1)} = \frac{C\mathcal{E}}{\underbrace{2(\mathcal{E}C-q_1)}_{\text{стало меньше}}}$$

$\Rightarrow$ КПД стало больше. При обратном подключении КПД становится больше.

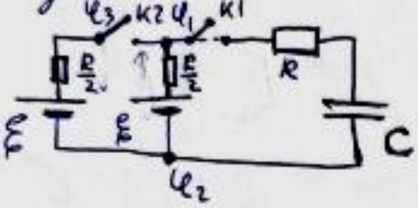
2

Ответ: При $q = 0$, КПД = 50%

при подключении "+ к +" КПД становится больше

при подключении "– к –" КПД становится меньше

Задача:



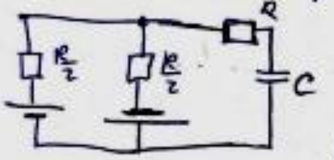
ЗСЭ: $\underset{0}{W_{K_0}} + \underset{\mathcal{E}q}{A_{ист}} = \underset{\frac{C\mathcal{E}^2}{2}}{W_{K_к}} + Q$ – при замыкании К1

Q – суммарно на $\frac{R}{2}$ и R. т.к. $\Delta Q = I^2 R$, ΔQ – кол-во выделившейся за малое время теплоты, $Q_1 = \frac{2}{3}Q$ $\left(I_{(\frac{R}{2})} = I_{(R)}\right)$

$$Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow Q_1 = \frac{C\mathcal{E}^2}{3} \Rightarrow C\mathcal{E}^2 = 3Q_1$$

Пока конд. заряжен, тока в цепи нет, $\varphi_1 - \varphi_2 = \mathcal{E}$. Но и $\varphi_3 - \varphi_2 = \mathcal{E}$, т.е. ток в новой цепи не потечет. Ответ: $Q_2 = 0$

Если бы полярность была другой: в конечный момент ток в ветке R–C равен 0, в других ветках: $I = \frac{2\mathcal{E}}{R}$. тогда $u_к' = 2\mathcal{E}$; $q = 2C\mathcal{E}$

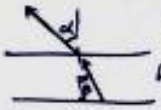


ЗСЭ: $\frac{C\mathcal{E}^2}{2} + 2\mathcal{E}\cdot C\mathcal{E} = \frac{4C\mathcal{E}^2}{2} + Q$

$$Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2};\quad Q = Q_2 + \frac{Q_2}{4} \Rightarrow Q_2 = \frac{4}{5}Q = \frac{2C\mathcal{E}^2}{5} = \frac{6Q_1}{5}$$

Альтернативной ответ: 3,072 мДж

4. Вопрос: При переходе из более плотной оптически среды в менее плотную угол между лучом и нормалью увеличивается, пока не достигнет $\alpha_{max} = 90°$. Далее при увеличении угла падения на раздел сред луч уже не выходит, а отражается. Это и есть явление полного внутреннего отражения:



n_2 $n_2 < n_1$

n_1 $\beta < \alpha$, т.к. по закону Снелла $n_1 \sin\beta = n_2 \sin\alpha$,

n_2 $\sin x$ на $[0; \frac{\pi}{2}]$ возрастает.

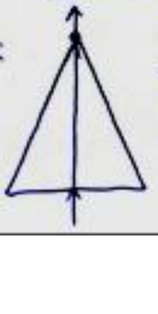
n_1 β_{max}: $\sin\beta_{max} = \frac{n_2}{n_1}$; $\beta_{max} = \arcsin\frac{n_2}{n_1}$

луч идет по поверхности

n_2

n_1 $\beta' > \beta_{max} \Rightarrow$ луч не выйдет, а отразится.

Задача:



Луч, прошедший через вершину, не будет самым ярким, т.к. он один проходит без преломления. Все же остальные будут параллельны друг другу, т.к. 3

углы падения для них на любую поверхность одинаков. Из вопроса знаем, что при $\alpha > \arcsin \frac{n_{возд}}{n_{ст}} = 30^\circ$ (с точностью до градуса) наблюдается внутреннее отражение: $\alpha = 65^\circ > 30^\circ \Rightarrow$ луч отразится, при этом

по закону отражения под тем же углом к нормали. Найдем β: $\beta = 180^\circ - 35^\circ - (180^\circ - 2 \cdot 65^\circ) - 90^\circ = 5^\circ$

Тогда по закону Снелла $n \cdot \sin\beta = \sin\gamma \Rightarrow$

$\gamma = 10^\circ$

Искомый угол $\varphi = 90^\circ - (\gamma + 35^\circ) = 45^\circ$

Ответ: 45°