



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА**

вариант № 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

МИКИТЧАК ИВАН МИХАЙЛОВИЧ

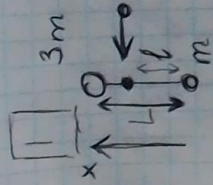
Дата: 16 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

№	1	2	3	4	Σ
В	5	5	5	5	90
З	20	20	20	10	

Апелляция: не подавалась

Итоговая оценка: 90 (девятисто ровно)



Ответ на вопрос:

Если шайба ударится не в центр масс системы, то во время удара на гантель будет действовать сила, создающая ненулевой момент сил относительно центра масс, что вызовет вращение гантели. Но гантель движется после удара поступательно. Тогда шайба ударилась в центр масс гантели, находящийся на расстоянии l от шайбы m , причем *

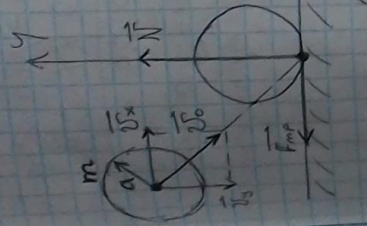
$$l = \frac{3m \cdot L + m \cdot 0}{m + 3m} = \frac{3}{4} L.$$

Ответ: $\frac{3}{4} L$.

Задание 11

* центр масс ищем по определению по оси OX (см. рис.)

Задача (1)



Заметим, что ~~только~~ ^{кольцо} только не остановится во время удара, т.е. во всё время удара будет скольжение кольца ~~по~~ по стенке.

Действительно, запишем малые приращения импульса по осям за

$$\text{время } dt \quad \begin{cases} \text{по } x: -F_{\text{тр}} dt = m dv_x = -\mu N dt \\ \text{по } y: N dt = m dv_y \end{cases}$$

Суммируя малые приращения с учетом того, что по оси y удар упругий:

$$\begin{aligned} 2m v_y &= \Delta p_N \\ m \Delta v_x &= \mu \Delta p_N \end{aligned} \Rightarrow \Delta v_x = \frac{\mu \cdot 2m v_y}{m} = 2\mu v_y = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 <$$

$< \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 = v_x$, где Δp_N — импульс силы N за время удара. Мы получили, что сила трения не сможет остановить кольцо.

Запишем малые приращения момента импульса кольца, L , и малые приращения импульса кольца по Oy :

$$\begin{cases} dL = F_{\text{тр}} a dt = m a^2 d\omega = \mu N a dt \\ m dv_y = N dt \end{cases}$$

Суммируя малые приращения,

получаем:

$$\Delta L = m \Delta \omega^2 = m \Delta P_N = m \Delta v_y = m a \cdot 2 m l$$

$$\Rightarrow \Delta \omega = \frac{2 \nu \cos \alpha \mu}{a} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,71 \cdot 0,4}{0,05} \text{ с}$$

$\approx 11,3 \text{ с}^{-1}$. III к. изматально кольцо не
вращалось, угловая скорость вращения
кольца равна $\Delta \omega$.

Ответ: $11,3 \text{ с}^{-1}$.

2

Ответ на вопрос:

III к. за $\delta p / \mu g$

Из условия изотермического
процесса:

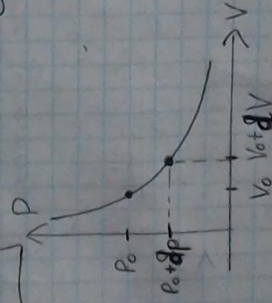
$$P_0 V_0 = (P_0 + dP)(V_0 + dV) =$$

$$= P_0 V_0 + dP V_0 + dP dV + P_0 dV \approx$$

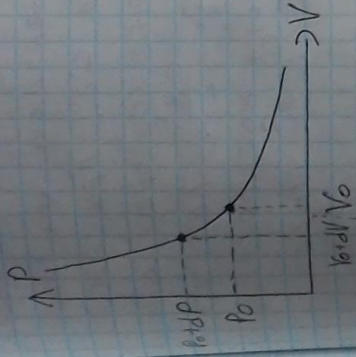
$$\Rightarrow 0 = dP V_0 + P_0 dV \Rightarrow dP = - \frac{P_0}{V_0} dV$$

* пренебрегаем $dP \cdot dV$, т.к. оно гораздо
меньше остальных слагаемых.

Ответ: $dP = - \frac{P_0}{V_0} dV$.



Задача (12.1)



Из уравнения
Менделеева-Клапейрона:

$$P_0 V_0 = \nu R T_0,$$

где T_0 — исходная
температура.

Из уравнения адиабаты

$$P V^\gamma = P_0 V_0^\gamma \Rightarrow P = \frac{P_0 V_0^\gamma}{V^\gamma} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P' = \frac{dP}{dV} = P_0 V_0^\gamma (-\gamma) V^{-\gamma-1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow dP = dV \cdot \frac{P_0 V_0^\gamma}{(V_0 + dV)^{\gamma+1}} (-\gamma) \approx \frac{dV P_0 (-\gamma)}{V_0}$$

$$\Rightarrow dV = - \frac{dP V_0}{P_0 \gamma}. \text{ Из условия малости}$$

изменения давления:

$$-A \approx P_0 dV = - \frac{dP V_0}{\gamma}. \text{ Тогда, с}$$

учетом того, что $dP = 0,005 P_0$,

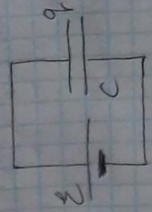
$$A = P_0 V_0 \left(+ \frac{0,005}{\gamma} \right) \Rightarrow \frac{A \gamma}{\nu R \cdot 0,005} = T_0 =$$

$$= \frac{22,44 \cdot \frac{5}{3}}{3,831 \cdot 0,005} \approx 300 \text{ K}.$$

Ответ: 300 K.

* минус, тк работа над газом равна
минус работе газа.

3



Ответ на вопрос:
Если конденсатор не заряжен, то после зарядки на нем будет заряд $C\varepsilon$. При этом энергия конденсатора изменится до $\frac{C\varepsilon^2}{2}$. При этом источник совершит работу над протекающим через него зарядом q ~~$C\varepsilon$~~ $C\varepsilon$. Тогда КПД зарядки, η , есть

$$\eta = \frac{C\varepsilon^2}{2C\varepsilon^2} = 0.5$$

Если конденсатор зарядить до q и после этого зарядить, то он всё равно зарядится до $C\varepsilon$, изменив свою энергию на

$$\frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{q^2}{2C} = \frac{C\varepsilon^2 - q^2}{2C}$$

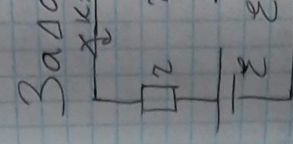
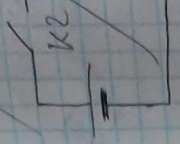
Работа источника в этом случае есть $(C\varepsilon - q)\varepsilon$.

Тогда новый КПД, η' , есть

$$\eta' = \frac{C\varepsilon^2 - q^2}{2C\varepsilon(C\varepsilon - q)} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{q}{C\varepsilon} \right)$$

Если $\frac{q}{C\varepsilon} > 0$ (заряд q положителен), то КПД растёт; если $\frac{q}{C\varepsilon} < 0$ (заряд q отрицательный), то КПД уменьшается.

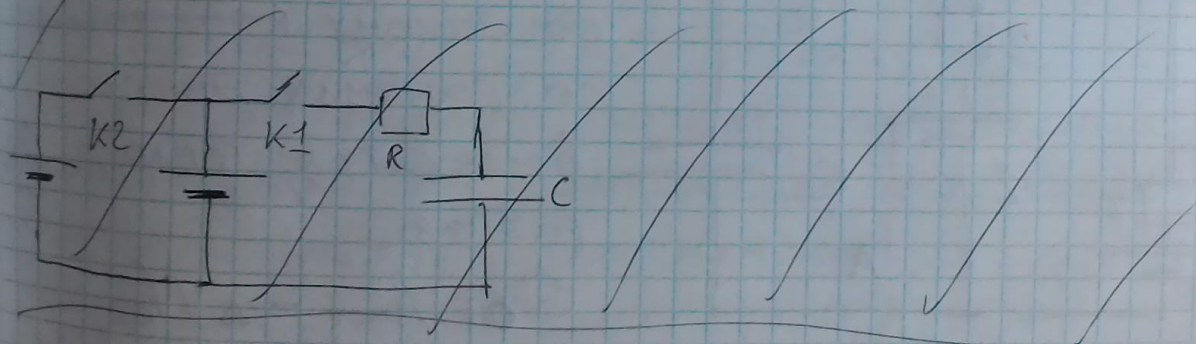
Если
если
снова
Зад



заряжен,
на нём
при этом
ора изменится
при этом
протекающим
тогда

Ответ: $\eta = 0,5$; если $q > 0$, увеличится;
если $q < 0$, уменьшится (т.е. если полярности
совпадают, увеличится; если нет — уменьшится).

Задача



Задача

В конце конденсатор

Задача (3)



При замыкании K_1 на резисторах r и R по закону сохранения энергии выделится теплота, равная

$$Q_0 = A_{\text{ист}} - \Delta W_C,$$

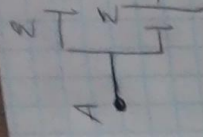
где ΔW_C и $A_{\text{ист}}$ — изменение энергии конденсатора и работа источника соответственно. Тогда

$$Q_0 = A_{\text{ист}} - \frac{C\varepsilon^2}{2} = \frac{C\varepsilon^2}{2}.$$

Но $Q_0 = \frac{3}{2}Q_1$, т.к. из закона Джоуля-Ленца на резисторе R выделится в 2 раза больше теплоты, чем на r ($R = 2r$). Тогда

$$Q_1 = \frac{C\varepsilon^2}{3}.$$

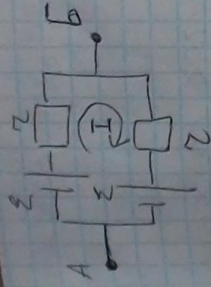
Чтобы найти количество теплоты, которое выделится на R после замыкания, сделаем замену части цепи A на эквивалентный источник с ε^* и r^* , равным разности потенциалов в отсутствие токов в проводящих



уже в ток конденсатора на источник на тогда равно

Отв

п1
п2
В



$$\varphi_B - \varphi_A = \mathcal{E} - I r$$

$$I \cdot 2r = \mathcal{E} - \mathcal{E} = 0 \Rightarrow I = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_B - \varphi_A = \mathcal{E}.$$

уже видно, что $\mathcal{E}^* = \mathcal{E}$. Тогда, т.к. ток в проводах не течёт, напряжение конденсатора не изменится, т.е. заряд на конденсаторе не изменится, т.е. источник не совершит работу, т.е. на резисторах не выделится теплота. Тогда исконое количество теплоты, Q_2 , равно 0.

Ответ: $Q_2 = 0$.

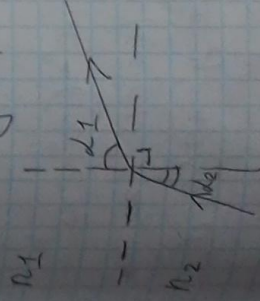
4] Ответ на вопрос: пусть коэффициент преломления двух сред равен n_1 и n_2 , причём $n_1 < n_2$. Тогда по закону Снеллиуса

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha_1 = \frac{n_2}{n_1} \sin \alpha_2.$$

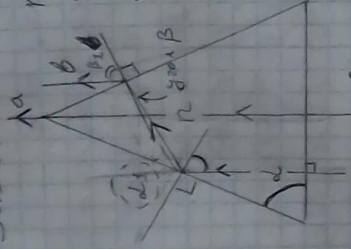
Видно, что при некоторых $\alpha_2 = \alpha_0$, $\frac{n_2}{n_1} \sin \alpha_2 = 1$. При $\alpha_2 > \alpha_0$ выходящий, что $\sin \alpha_1 > 1$, что невозможно.

В этом случае луч не преломляется а



полностью отражается от границы раздела n_1 и n_2 .

Задача:



Наиболее яркий пучок должен преломиться наименьшее число раз, т.е. после каждого отражения пучок теряет свою энергию. Тогда нам подойдут два пучка: первый выйдет из вершины под углом 0° к исходному пучку.

а), а второй — после ~~двух~~ отражения (путь B). Запишем закон Снеллиуса для ~~отражения~~ ^{преломления} ~~внутреннего~~ пучка B:

$$\sin \alpha_1 = n \sin \alpha_2 \Rightarrow \sin \alpha_1 = 2 \sin 65^\circ > 1,$$

т.е. пучок B действительно испытает полное внутреннее отражение. Запишем закон Снеллиуса для второго преломления.

$$\sin \beta_1 = n \sin \beta = 2 \sin (180^\circ - (180^\circ - 265^\circ) - 25^\circ) = 2 \sin 15^\circ \Rightarrow \beta_1 = \arcsin(2 \sin 15^\circ) \approx 31,2^\circ.$$

Тогда пучок B выйдет под углом δ , равным $2(90^\circ - \alpha) - \beta_1 = 18,8^\circ$.

все
Отв

здела

Все углы найдены из геометрии.

Ответ: 0° и $18,8^\circ$.

жем

ждого

вою

ервый

под

чу луч