



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

вариант № 5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

**Олимпиада школьников «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!»
по ФИЗИКЕ (11 класс)**

ДЕРНОВ ГЛЕБ ВЛАДИМИРОВИЧ

Дата: 20 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

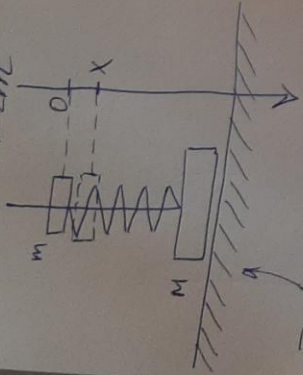
№	1	2	3	4	Σ
В	4	5	4	4	86
З	14	20	20	15	

Апелляция: не подавалась

Итоговая оценка: 86 (восемьдесят шесть)

Вопрос: $x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$
 $\dot{x} = v = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$
 $\ddot{x} = \dot{v} = a = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$
 $a = -\omega^2 \cdot x$

Задача: $M = 2m$



УЗ-н Ньютона для шара массой m на ось x :

$m\ddot{x} = mg - k \cdot x$ $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = g$ $\ddot{z} = \frac{k}{m}x - g$ $\ddot{z} = \frac{k}{m} \cdot \dot{x}$
 $x=0$ когда пружина не растянута.

$N_1 \text{ max}$ когда $F_{\text{упр max}} \Rightarrow$ когда $x \text{ max}$
 $x(0) = x_0$
 $mg = kx_0 \Rightarrow x_0 = \frac{mg}{k}$

$\ddot{x} \text{ при } t=0: g - g = A_0 \cdot \sin \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$
 $\frac{k}{m}x - g = A_0 \cdot \sin \omega t$
 $\frac{k}{m}x = A_0 \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$
 $\frac{k}{m}x = -\omega^2 \cdot (\frac{k}{m}x - g)$

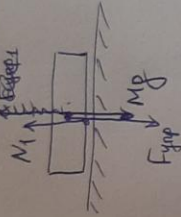
$\frac{k}{m} \cdot \ddot{x} = A_0 \cdot \omega \cdot \cos \omega t$ $\text{когда } \dot{x}=0, \text{ то } x=A$ $\text{т.е. } A_0 \cdot \omega \cdot \cos \omega t = 0 \Rightarrow \cos \omega t = 0 \Rightarrow \sin \omega t = 1$
 $x_{\text{max}} = A \Rightarrow N_{\text{max}} = mg + k \cdot A$
 N_{min} , когда $F_{\text{упр}}$ направлено вверх

$N_{\text{min}} = mg - F_{\text{упр max}}$ $F_{\text{упр max}} = k \cdot A$ $\text{т.к. } x_{\text{max}} = A$
 $N_{\text{min}} = mg - k \cdot A$ $\text{шары груз не оторвано от пола, } N_{\text{min}} \geq 0$
 $mg - k \cdot A \geq 0 \Rightarrow A \leq \frac{mg}{k}$

стр. 1/8

Числовик

Рассставим вертикальные силы, действующие на шарик массой m , который да массой m движется вниз. Согласно начального состояния, $F_{\text{упр}}$ - сила сопротивления пружины. Т.к. шарик в этом случае покоится, то $N_1 = mg + F_{\text{упр}}$
 $F_{\text{упр}} = k \cdot x$



$$N_{max} = F_{max} = Mg + k \cdot A \cdot \frac{v_{critical}}{\omega^2}$$

$$\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{Mg + kA}{Mg - kA} = \frac{2Mg + kA \cdot m\omega^2}{2Mg - kA \cdot m\omega^2} = \frac{2g + A\omega^2}{2g - A\omega^2} \cdot \frac{m\mu_{max}}{m\mu_{min}}$$

$$\text{either } A > \frac{2g}{\omega^2}, \text{ TO } F_{min} = 0 \text{ u } \frac{F_{max}}{F_{min}} \rightarrow \infty$$

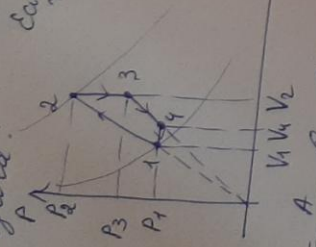
Вопрос: $P = \alpha V$

$$\Delta U = \frac{3}{2} R_2 V_2 - \frac{3}{2} \cdot V_1 \cdot \frac{R_2 V_1}{V_2} = \frac{3}{2} R_2 V_2 \left(1 - \frac{V_1^2}{V_2^2}\right) = 3 \cdot A$$

$$Q = A + 3 \cdot A = 4A$$

Сообщенные сол-то теплоте в 4 раз больше работы.

Задача:



$$\eta = \frac{A}{Q} \quad Q_+ = Q_{12} + A$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}$$

$$A_{23} = 0$$

$$A_{34} = \frac{1}{2} \cdot (P_1 + P_3) \cdot (V_4 - V_3)$$

$$A_{41} = P_1 \cdot (V_1 - V_4)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \cdot (P_1 + P_2) \cdot (V_2 - V_1)$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = g' \Rightarrow R = 3 \cdot P_1$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1} = 3$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \cdot 4 P_1 \cdot 2 V_1 = 4 P_1 V_1$$

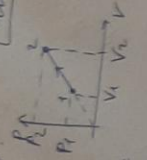
$$A_{34} = \frac{1}{2} \cdot P_1 \left(1 + \frac{\sqrt{n \cdot K}}{K}\right) \cdot \left(V_2 \cdot \frac{P_1}{P_3} - V_1\right) = \frac{1}{2} P_1 V_2 \left(1 + \frac{\sqrt{n \cdot K}}{K}\right) \left(\frac{K}{\sqrt{n \cdot K}} - 1\right)$$

$$A_{41} = P_1 \cdot (V_1 - V_2 \cdot \frac{P_1}{P_3}) = P_1 \left(V_1 - \frac{P_1}{P_3} \cdot V_1 \cdot \frac{P_2}{P_1}\right) = P_1 V_1 \left(1 - \frac{P_2}{P_3}\right)$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{34} + A_{41}}{Q} = \frac{4 \cdot \frac{1}{2} P_1 V_1 \left(\frac{K}{\sqrt{n \cdot K}} - 1\right) + P_1 V_1 (1 - K)}{4 \cdot \frac{1}{2} P_1 V_1 (1 + \frac{\sqrt{n \cdot K}}{K}) - \frac{1}{2} P_1 V_1 \left(\frac{K}{\sqrt{n \cdot K}} - 1\right) + P_1 V_1 (1 - K)}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 3 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) + (-0.5)}{2 \cdot 8} = \frac{4 - \frac{9}{4} - \frac{1}{2}}{16} = \frac{7 - \frac{1}{2}}{16} = \frac{5}{16} = \frac{5}{64} \approx 0.078$$

Условие: $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P$



$$A = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1)$$

$$Q = A + \Delta U = \frac{3}{2} P R (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} P R (V_2 - V_1)$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{1}{3}$$

Если провести изотерму на графике, то увидим, что минимальное теплоте в точке 2, а также в точке 4.

$$T_{min} = T_1 \quad T_4 = K \cdot T_1 \quad T_2 = ? \quad T_3 = ?$$

$$P_1 \cdot V_1 = P R T_1 \quad P_2 \cdot V_2 = P R T_2 \quad P_3 \cdot V_3 = P R T_3$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = K \Rightarrow V_2 = K \cdot V_1 \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \frac{P_3}{P_1} \cdot \frac{V_3}{V_1} = \frac{P_3}{P_1} \cdot \frac{P_3}{P_1} = \left(\frac{P_3}{P_1}\right)^2$$

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{P_3}{P_1} = \frac{P_3}{P_1} = \frac{P_3}{P_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1} \cdot K = K \cdot \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = K \cdot \frac{P_2}{P_1} = K \cdot \frac{P_2}{P_1} = K \cdot \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \cdot P_1 (1 + \sqrt{n \cdot K}) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} P_1 V_1 (1 + \sqrt{n \cdot K}) (K - 1) = \frac{1}{2} P_1 V_1 (n \cdot K - 1)$$

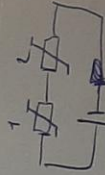
$$A_{34} = \frac{1}{2} \cdot P_1 \left(1 + \frac{\sqrt{n \cdot K}}{K}\right) \cdot \left(V_2 \cdot \frac{P_1}{P_3} - V_1\right) = \frac{1}{2} P_1 V_2 \left(1 + \frac{\sqrt{n \cdot K}}{K}\right) \left(\frac{K}{\sqrt{n \cdot K}} - 1\right)$$

$$A_{41} = P_1 (V_1 - V_2 \cdot \frac{P_1}{P_3}) = P_1 \left(V_1 - \frac{P_1}{P_3} \cdot V_1 \cdot \frac{P_2}{P_1}\right) = P_1 V_1 \left(1 - \frac{P_2}{P_3}\right)$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{34} + A_{41}}{Q} = \frac{4 \cdot \frac{1}{2} P_1 V_1 \left(\frac{K}{\sqrt{n \cdot K}} - 1\right) + P_1 V_1 (1 - K)}{4 \cdot \frac{1}{2} P_1 V_1 (1 + \frac{\sqrt{n \cdot K}}{K}) - \frac{1}{2} P_1 V_1 \left(\frac{K}{\sqrt{n \cdot K}} - 1\right) + P_1 V_1 (1 - K)}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 3 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) + (-0.5)}{2 \cdot 8} = \frac{4 - \frac{9}{4} - \frac{1}{2}}{16} = \frac{7 - \frac{1}{2}}{16} = \frac{5}{16} = \frac{5}{64} \approx 0.078$$

Вопрос:



13

$$I = f_1(u)$$

$$I = f_2(u)$$

$$\varepsilon = I r + u_1 + u_2$$

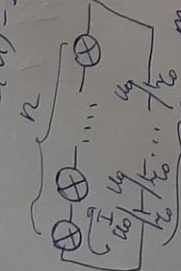
система

Можно переписать выражения $I = f_1(u)$ и $I = f_2(u)$ в виде $u = f_1(I)$ и $u = f_2(I)$

Надо выразить u_1 и u_2 через I и подставить в: $\varepsilon = I r + u_1 + u_2$

Получится: $\varepsilon = I r + g_1(I) + g_2(I)$ и отсюда выразить I .

Задача: $I(u) = I_0 \sqrt{\frac{u}{u_0}}$



$$m u_0 = I \cdot m \cdot \frac{r}{I_0} + n \cdot u_0$$

В наивысшем решении:

$$I = I_0 \cdot m \cdot \frac{r}{I_0} + n \cdot u_0$$

$$m u_0 = I_0 \cdot m \cdot \frac{r}{I_0} + n \cdot u_0$$

$$\frac{5}{12} m = n$$

$$m = \frac{12}{5} \cdot n$$

Надо 5 ячеек и 12 батареек.

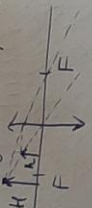
$n_{\min} = ?$

Т.к. числа n и m целые, значит, что $n = 5$. Минимальное такое n это 5. $\Rightarrow n_{\min} = 5$

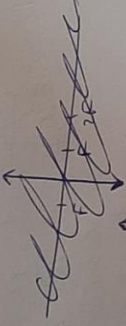
$m = 12$ - столько батареек.

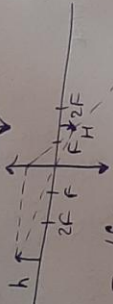
Вопрос: еще мифа собирающая, то

14 (исходник)

- при $d < F$: $H \uparrow$  $\Gamma = \left| \frac{f}{d} \right| = \frac{H}{h}$
как видим, $H > h \Rightarrow \Gamma > 1$
- при $d = F$, $H \rightarrow \infty \Rightarrow \Gamma \rightarrow \infty$
- при $d > F$: $d > F$
- при $d = 2F$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{2F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = 2F \Rightarrow \Gamma = \left| \frac{f}{d} \right| = 1$$



- при $d > 2F$:
- при $d \rightarrow \infty$ $\Gamma = \left| \frac{f}{d} \right| \rightarrow 0$  $H < h \Rightarrow \Gamma < 1$

Значит для собирающей мифы.

Для рассеивающей мифы:

- при $d < F$
- при $d = F$
- при $2F > d > F$
- при $d = 2F$
- при $d > 2F$

$$H < h \Rightarrow \Gamma < 1$$

$$H < h \Rightarrow \Gamma < 1$$

$$H < h \Rightarrow \Gamma < 1$$

$$\text{при } d = 2F \cdot \frac{1}{2F} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{2}{3} F \quad \Gamma = \frac{1}{3} < 1$$

$$\text{при } d > 2F$$

$$H < h \Rightarrow \Gamma < 1$$

Один миф, идущий через фокус, все же орен и

А второй миф, проходящий через оптический центр, еще не имеет значения от мифа, ~~он~~ приближается к мифу при $d \rightarrow \infty$ все меньше и меньше. Так при увеличении предмет становится меньше и меньше. Значит, Γ уменьшается.

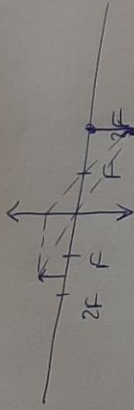
сп. 5/6

2

Вопрос: если линза собирающая, то ^{числитель} знаменатель

Задача: $|\Gamma_1| = 2 = \left| \frac{f_1}{d_1} \right|$

Становя рассматриваем случай, когда $d_1 = \frac{3}{2}F$
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{d_2} \Rightarrow \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow d_2 = 3F$



Если предмет сдвинуть вправо, а если влево, то Γ уменьшится. Т.е. $|\Gamma_2| = 5$, то предмет сдвинут вправо.

$$\begin{aligned} \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} &= \frac{1}{F} \\ \frac{1}{F} - \frac{1}{5d_2} &= \frac{1}{5d_2} \\ d_2 &= \frac{5}{4}F - \text{вправо} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{F} &= \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{d_2} \\ \frac{1}{d_2} &= \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \\ d_2 &= 3F \end{aligned}$$

Если $d_1 = \frac{F}{2}$, то $|f_1| = F$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{F}{2}} + \frac{1}{d_2} \Rightarrow \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F} - \frac{2}{F} = -\frac{1}{F} \Rightarrow d_2 = -F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{F}{2}} + \frac{1}{d_2} \Rightarrow \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F} - \frac{2}{F} = -\frac{1}{F} \Rightarrow d_2 = -F$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{F} &= \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \\ \frac{1}{F} &= \frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{d_2} \\ \frac{1}{d_2} &= \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \\ d_2 &= 3F \end{aligned}$$

Ответ: $S' = 30\text{ см}$ при любых возможностях смещения.