МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

вариант № <u>5</u>

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

<u>ВИВЧАР НИКИТА НИКОЛАЕВИЧ</u>

Дата: <u>20 мая 2020 г.</u>

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

№	1	2	3	4	**Σ**
В	**4**	**5**	**3**	**4**	**87**
З	**14**	**20**	**20**	**17**	

Апелляция: <u>не подавалась</u>

Итоговая оценка: <u>87 (восемьдесят семь)</u>

Задание 1.

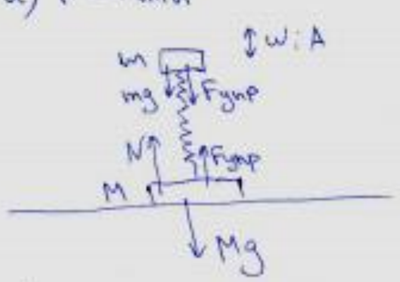
Вопрос:

$$x'' + w^2 x = 0$$

$a(t) = -w^2 x(t)$, где $a(t)$ - ускорение, $x(t)$ - координата,
w - циклическая частота

Задача:

а) $F = F_{min}$



1) Тело m:

$$F_{упр} + mg = ma$$

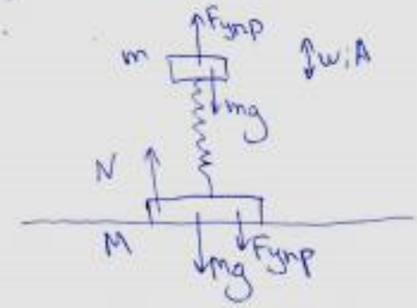
$$kA = m(a-g) \Rightarrow w^2 A = (a-g)$$

$$F_{упр} = mw^2 A$$

2) Тело M:

$$Mg = N + F_{упр} \Rightarrow N = F_{min} = Mg - mw^2 A$$

б) $F = F_{max}$



1) Тело m:

$$F_{упр} - mg = ma$$

$$kA = m(a+g) \Rightarrow w^2 A = a+g$$

$$F_{упр} = mw^2 A$$

2) Тело M:

$$Mg + F_{упр} = N \Rightarrow N = F_{max} = Mg + mw^2 A$$

в) $$\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{2mg + mw^2 A}{2mg - mw^2 A} = \frac{2g + w^2 A}{2g - w^2 A}$$

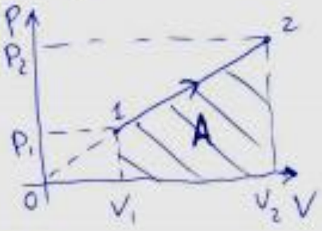
Заметим, что данная формула справедлива только при $w^2 A \le 2g$, т.к. при $w^2 A > 2g$ тело M оторвётся от стола и F_{min} будет равна 0, а $\frac{F_{max}}{F_{min}} \to \infty$

Ответ:

$$\frac{F_{max}}{F_{min}} = \begin{cases} \frac{2g + w^2 A}{2g - w^2 A}, & w^2 A \le 2g \\ \infty, & w^2 A > 2g \end{cases}$$

Задание 2.

Вопрос:



$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{V_1}{V_2} \Rightarrow P_1V_2=P_2V_1$$

$$A=\frac{P_1+P_2}{2}(V_2-V_1)=\frac12\left(P_1V_2-P_1V_1+P_2V_2-P_2V_1\right)=$$

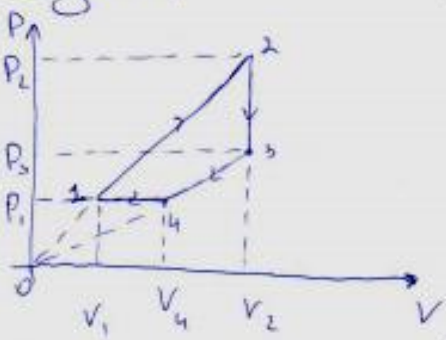
$$=\frac12\left(P_2V_2-P_1V_1\right)$$

$$\Delta U=\frac32\left(P_2V_2-P_1V_1\right)=3A$$

$$Q=\Delta U+A=A+3A=4A$$

Ответ: $Q=4A$

Задача:



1) Т.к. в точке 2 $PV=\max$, то $T_2=T_{max}$

Т.к. в точке 1 $PV=\min$, то $T_1=T_{min}$

2) $\exists\ \frac{P_1}{P_2}=\frac{V_1}{V_2}=\alpha$; $\frac{P_1}{P_3}=\frac{V_4}{V_2}=\beta$

$$\begin{cases} P_1V_1=\nu RT_1 \\ P_2V_2=\nu RT_2 \\ P_3V_2=\nu RnT_1 \\ P_1V_4=\nu RkT_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{P_1\cdot V_1}{P_2V_2}=\frac{T_1}{T_2} \\ \frac{P_1V_1}{P_3V_2}=\frac{T_1}{nT_1} \\ \frac{P_2V_2}{P_1V_4}=\frac{T_2}{kT_1} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha^2=\frac{T_1}{T_2} \\ \alpha\beta=\frac{1}{n} \\ \frac{1}{\alpha\beta}=\frac{T_2}{kT_1} \end{cases} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1}=kn$$

$$\frac{T_{max}}{T_{min}}=kn=6\cdot1{,}5=9$$

3) $1\to2$: $Q_{12}=\frac43\Delta U_{12}$ (см. вопрос) $\quad Q_{12}=\frac43\cdot\frac32\nu RT_1(kn-1)=2\nu RT_1(kn-1)$

$A_{12}=\frac13\Delta U_{12} \quad A_{12}=\frac13\cdot\frac32\nu RT_1(kn-1)=\frac12\nu RT_1(kn-1)$

$3\to4$: $A_{34}=\frac13\Delta U_{34} \Rightarrow A_{34}=\frac13\cdot\frac32\nu RT_1(k-n)=\frac12\nu RT_1(k-n)$

$4\to1$: $\Delta U_{41}=\frac32P_1(V_1-V_4)=\frac32\nu RT_1(1-k)$

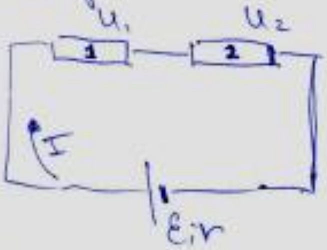
$A_{41}=P_1(V_1-V_4)=\nu RT_1(1-k)$

Ответ: $\frac{T_{max}}{T_{min}}=9$; $\eta=\frac{5}{64}$

4) $$\eta=\frac{A_ц}{Q_{нагр}}=\frac{A_{12}+A_{34}+A_{41}}{Q_{12}}=\frac{\frac12kn-\frac12+\frac12k-\frac12n+1-k}{2kn-2}=\frac{5}{64}$$

Задание 3.

Вопрос:

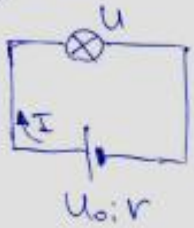


$$\begin{cases} \mathcal{E} = Ir + U_1 + U_2 \\ f_1(U_1) = f_2(U_2) = I \end{cases}$$

Решив данную систему из трёх уравнений, можно найти силу тока I.

Задача:

а)



1) $P = \frac{27}{64} P_0$

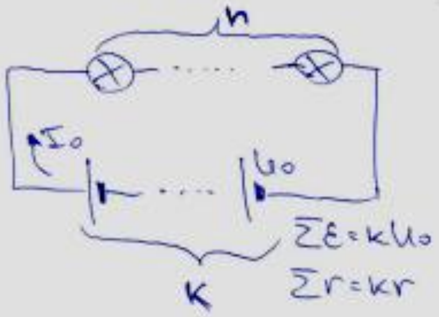
$$I(U) \cdot U = \frac{27}{64} I_0 U_0 \Rightarrow I_0 \sqrt{\frac{U^3}{U_0}} = \frac{27}{64} I_0 U_0$$

$$\frac{U^3}{U_0} = \left(\frac{3^3}{4^3}\right)^2 \cdot U_0^2 \Rightarrow U = \frac{9}{16} U_0$$

2) $U_0 = Ir + U$

$$U_0 = I_0 \sqrt{\frac{\frac{9}{16} U_0}{U_0}} \cdot r + \frac{9}{16} U_0 \Rightarrow \frac{3}{4} I_0 r = \frac{7}{16} U_0 \Rightarrow r = \frac{7}{12} \cdot \frac{U_0}{I_0}$$

б)



$$kU_0 = I_0 k r + nU_0$$

$$U_0 = I_0 \cdot \frac{7}{12} \cdot \frac{U_0}{I_0} + \frac{n}{k} U_0$$

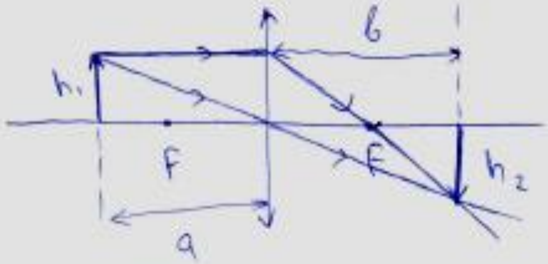
$$1 = \frac{7}{12} + \frac{n}{k} \Rightarrow \frac{n}{k} = \frac{5}{12} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ минимальное количество ламп – 5, при этом понадобится 12 батарей.

Ответ: 5 ламп; 12 батарей.

Задание 4.

Вопрос:



$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{b}{a} = \Gamma \Rightarrow b = a\Gamma$$

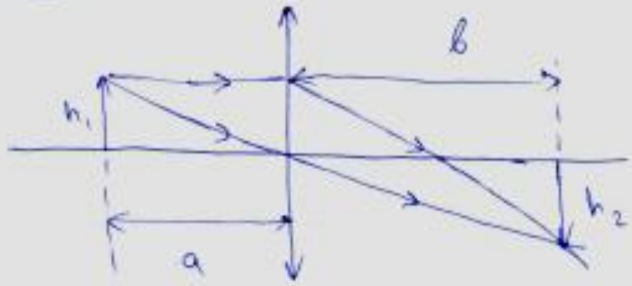
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

$$\frac{1}{a} = \frac{b-F}{bF} \Rightarrow a = \frac{bF}{b-F}$$

$$a = \frac{a\Gamma F}{a\Gamma - F} \Rightarrow a\Gamma - F = \Gamma F \Rightarrow F = \Gamma(a-F) \Rightarrow \Gamma = \frac{F}{a-F}$$

Ответ: $\Gamma = \frac{F}{a-F}$, где Γ – поперечное увеличение, a – расстояние от предмета до линзы

Задача:



1) В вопросе было получено:

$a\Gamma_1 - F = \Gamma_1 F$

$$a = \frac{F(\Gamma_1+1)}{\Gamma_1} = \frac{3}{2}F$$

$$b = a\Gamma_1 = \frac{3}{2}F \cdot 2 = 3F$$

2) т.к. $|\Gamma|\uparrow$, то $a\downarrow$, а $b\uparrow$

$a' = a - S$; $b' = b + S'$

$b' = \Gamma_2 a' \Rightarrow 3F + S' = 5\cdot\frac{3}{2}F - 5S$

$$S' = \frac{9}{2}F - 5S$$

$$a - S = \frac{F(\Gamma_2+1)}{\Gamma_2} = \frac{6}{5}F \Rightarrow \frac{3}{2}F - \frac{6}{5}F = S \Rightarrow F = \frac{10}{3}S$$

$$S' = \frac{\cancel{9}^{3}}{\cancel{2}}\cdot\frac{\cancel{10}^{5}}{\cancel{3}}S - 5S = 10S = 30\text{ см}$$

Ответ: $S' = 30$ см