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

**вариант № 5**

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

**ШЛЯПОЧНИК НИКИТА ЯКОВЛЕВИЧ**

**Дата: 20 мая 2020 г.**

## ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | **Σ** |
|---|---|---|---|---|---|
| В | **4** | **5** | **4** | **4** | **84** |
| З | **14** | **20** | **13** | **20** | |

**Апелляция: о повышении оценки – решением апелляционной комиссии оценка оставлена без изменения**

**Итоговая оценка: 84 (восемьдесят четыре)**

# Чистовик.

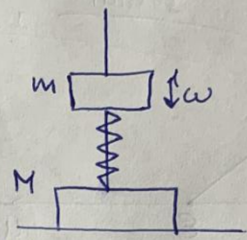
## Задача №1.

Вопрос: $x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$ – закон изменения координаты.

$a = \ddot{x} = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi_0)$ – закон изменения ускорения тела.

$\frac{x}{a} = \frac{1}{-\omega^2}$, $\left|\frac{x}{a}\right| = \frac{1}{\omega^2}$

Задача:




$M = 2m$

Запишем II закон Ньютона: (для тела m)

$F_1 = ma = mA\omega^2\cos(\omega t + \varphi_0)$, где

$F_1(t)$ – сила, действующая со стороны тела m на тело M.

$F_{max} = Mg + F_{1max} = Mg + mA\omega^2$

(сила давления на стол)

$F_{min} = Mg + F_{1min} = Mg - mA\omega^2$; если $F_{min} < 0$, то тело подскакивает.

$$\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{Mg + mA\omega^2}{Mg - mA\omega^2} = \frac{2mg + mA\omega^2}{2mg - mA\omega^2} = \frac{2g + A\omega^2}{2g - A\omega^2}$$

Ответ: $\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{2g + A\omega^2}{2g - A\omega^2}$.

## Задача №4.

Вопрос:

$|\Gamma| = \frac{|b|}{|a|}$, $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow b = \frac{Fa}{a-F} \Rightarrow |\Gamma| = \frac{|F|}{|a-F|}$, неважно какая линза, чем больше a, тем меньше Γ.

a – расстояние между предметом и линзой, b – расстояние между изображением и линзой, F – фокус линзы

Задача:

пусть в начале расстояние от предмета до линзы – a. Если мы получили резкое изображение на экране (действительное) $\Rightarrow$ линза собирающая и $a > F > 0$.

$|\Gamma_1| = \frac{F}{a-F} = 2$. Раз $|\Gamma_2| > |\Gamma_1|$, значит $a_2 < a \Rightarrow$ подвинули предмет на S вправо (к линзе).

$|\Gamma_2| = \frac{F}{a-S-F} = 5 \Rightarrow \begin{cases} F = 2a - 2F \\ F = 5a - 5S - 5F \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{3}{2}F \\ 6F = \frac{15}{2}F - 5S \end{cases} \Rightarrow 5S = \frac{3}{2}F \Rightarrow S = \frac{3}{10}F = 3\text{ см} \Rightarrow F = 10\text{ см}$, $a = \frac{3}{2}F = 15\text{ см}$.

$\frac{1}{F} = \frac{1}{a-S} + \frac{1}{b+S'} = \frac{1}{a-S} + \frac{1}{3F+S'} \Rightarrow \frac{1}{30+S'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15-3} = \frac{1}{10} - \frac{1}{12} = \frac{2}{120} = \frac{1}{60} \Rightarrow S' = 30\text{ см}$.

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

Ответ: на $S' = 30$ см вправо (от линзы).

Чистовик.

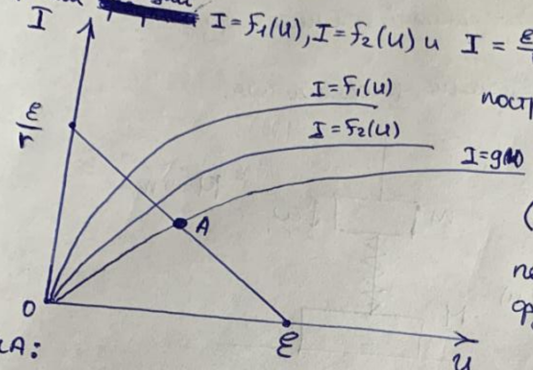
Задача № 3.

Вопрос:

Закон Ома: $\mathcal{E} = Ir + U_1 + U_2$

$\mathcal{E} - Ir = U_1(I) + U_2(I)$

Построим функции $I = f_1(U)$, $I = f_2(U)$ и $I = \frac{\mathcal{E} - U}{r}$ в координатах $I$-$U$:




построим еще функцию $I = g(U)$, сложив функции $I = f_1(U)$ и $I = f_2(U)$ на оси $I$.

(Если $I_0 = f_1(U_1)$, $I_0 = f_2(U_2)$ то $g(U_1 + U_2) = I_0$).

пересечение функции $I = g(U)$ и функции $I = \frac{\mathcal{E} - U}{r}$ и есть решение, $I_A$ – сила тока в цепи.

Задача:

во первых $P = UI$, $I(U_0) = I_0\sqrt{\frac{U_0}{U_0}} = I_0 \Rightarrow U_0 I_0 = \frac{27}{64} \overset{(*)}{P_0}$ (подключена одна лампа к одной батарей).

Пусть n-батарей, m-ламп.

$I(U) = I_0\sqrt{\frac{U}{U_0}} \Rightarrow U(I) = \frac{I^2}{I_0^2} \cdot U_0$. Запишем закон Ома: $nU_0 = mU_0\frac{I^2}{I_0^2}$

$\underline{I = I_0\sqrt{\frac{n}{m}}}$

$\underline{U = \frac{I^2}{I_0^2}U_0 = \frac{I_0^2 n}{I_0^2 m}U_0 = \frac{n}{m}U_0}$

$\Rightarrow P = UI = \frac{n}{m}U_0 \cdot \sqrt{\frac{n}{m}} I_0 = \sqrt{\frac{n^3}{m^3}} U_0 I_0 = P_0$ (по усл) (*) $\Rightarrow \frac{27}{64} \cdot \sqrt{\frac{n^3}{m^3}} = 1 \Rightarrow$ учитывая, что n и m натуральные числа, и нужно чтобы m-min $\Rightarrow 27^2 = m^3 \Rightarrow m = 9$

$64^2 = n^3 \Rightarrow n = 16$.

**Ответ:** из 9 ламп; использовать 16 батарей.

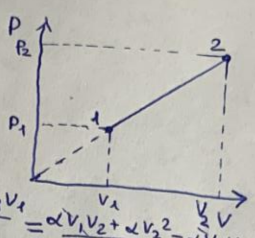
Чистовик.

## Задача № 2.

**Вопрос:**

I н.терм: $Q = A + \Delta U$

$P = \alpha \cdot V$




$A = \int P \Delta V =$ (площадь под графиком) $=$

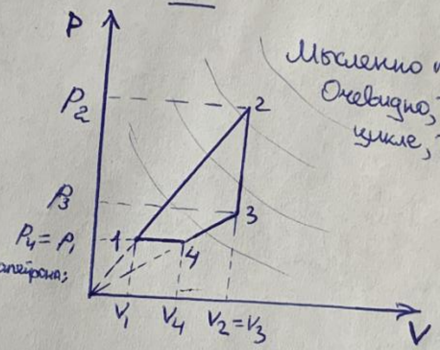
$= \frac{(P_1+P_2)}{2}(V_2 - V_1) = \frac{P_1V_2 + P_2V_2 - P_2V_1 - P_1V_1}{2} = \frac{\alpha V_1V_2 + \alpha V_2^2 - \alpha V_2V_1 - \alpha V_1^2}{2} = \frac{\alpha(V_2^2 - V_1^2)}{2}$

Ур-ие Менделеева Клапейрона: $\alpha V_1^2 = \nu RT_1$
$P_1 = \alpha V_1,\ P_2 = \alpha V_2$ $\qquad \alpha V_2^2 = \nu RT_2$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) = \frac{3}{2}(\alpha V_2^2 - \alpha V_1^2)$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta U = 3A \Rightarrow \frac{A}{Q} = \frac{A}{A+3A} = \frac{1}{4}$

**Задача:**




Мысленно проведём семейство изотерм.
Очевидно, $T_2$ – max температура в цикле, $T_1$ – min.

по условию
$T_4 = kT_{min} = kT_1$
$T_3 = nT_{min} = nT_1.$

пусть $\frac{P_1}{V_1} = \alpha$, $\frac{P_4}{V_4} = \beta$

Запишем ур-ия Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} P_1V_1 = \alpha V_1^2 = \nu RT_1 \\ P_2V_2 = \alpha V_2^2 = \nu RT_2 \ (1) \\ P_3V_3 = \beta V_3^2 = \beta V_2^2 = \nu RT_3 = \nu RnT_1 \ (2) \\ P_4V_4 = \beta V_4^2 = \nu RT_4 = \nu RkT_1 \end{cases}$$

$P_1 = P_4$ (изобара), $\frac{P_1}{V_1} = \alpha$, $\frac{P_4}{V_4} = \frac{P_1}{V_4} = \beta \Rightarrow \frac{\alpha}{\beta} = \frac{V_4}{V_1} = k$ (изобара, $V \sim T$).

$\frac{(1)}{(2)}: \frac{T_2}{T_1 n} = \frac{\alpha}{\beta} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{\alpha n}{\beta} = k \cdot n = \frac{3}{2} \cdot 6 = 9.$

$\eta = \frac{Q}{Q^+} = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41}}{Q_{12}} = \frac{16\nu RT_1 - \frac{9}{2}\nu RT_1 - \frac{5}{4}\nu RT_1 - 9\nu RT_1}{16\nu RT_1} = \frac{7 \cdot 4 - 9 \cdot 2 - 5}{16 \cdot 4} = \frac{5}{64}$

$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) = -\frac{3}{2}\nu R(9T_1 - 6T_1) = -\frac{9}{2}\nu RT_1$
(изохора)

$Q_{41} = A_{41} + \Delta U_{41} = -P_1(V_4 - V_1) - \frac{3}{2}\nu R(T_4 - T_1) = -P_1V_1(k-1) - \frac{3}{2}\nu RT_1(k-1) = -\frac{5}{2}\nu RT_1(k-1) = -\frac{5}{4}\nu RT_1$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}\nu R(9T_1 - T_1) = 12\nu RT_1 \Rightarrow Q_{12} = \frac{4}{3}\Delta U_{12} = 16\nu RT_1$
(вопрос)

$\Delta U_{34} = \frac{3}{2}\nu R(T_4 - T_3) = -\frac{3}{2}\nu RT_1(n-k) = -\frac{27}{4}\nu RT_1 \Rightarrow Q_{34} = \frac{4}{3}\Delta U_{34} = -9\nu RT_1$

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