



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

вариант № 5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

ШЕНЯГИН ДАНИИЛ МИХАЙЛОВИЧ

Дата: 20 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

№	1	2	3	4	Σ
В	5	3	4	5	94
З	19	20	20	18	

Апелляция: не подавалась

Итоговая оценка: 94 (девяносто четыре)

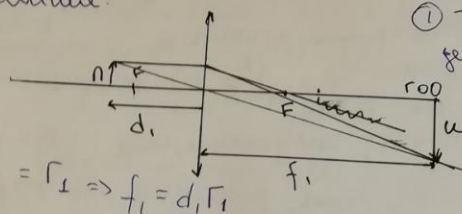
W4

Билет W5

Числовик 1

Дано:
 $\Gamma_1 = 2$
 $S = 3 \text{ см}$
 $\Gamma_2 = 5$

Решение:



① Т.к. изображение действительное и увеличенное, делаем вывод о том, что мы имеем собирающую

$S' = ?$

$$\frac{f_1}{d_1} = \Gamma_1 \Rightarrow f_1 = d_1 \Gamma_1$$

но чтобы предмет не перевернулся на $S \Rightarrow$

$$d_2 = d_1 - S \quad \Rightarrow \quad f_2 = d_2 \Gamma_2 \Rightarrow \text{знаем значение } S' = f_2 - f_1$$

② По ФТЛ: $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{df}{d+f}$ (где 1 и 2 лучи)

F - неучтенное $\Rightarrow$

$$\frac{d_1 f_1}{d_1 + f_1} = \frac{d_2 f_2}{d_2 + f_2}$$

$$\frac{d_1 \cdot d_1 \Gamma_1}{d_1 + d_1 \Gamma_1} = \frac{(d_1 - S)(d_1 - S) \Gamma_2}{d_1 - S + (d_1 - S) \Gamma_2} \leftarrow \text{выражим отсюда } d_1:$$

$$\frac{d_1^2 \Gamma_1}{d_1(1 + \Gamma_1)} = \frac{(d_1^2 - 2d_1 S + S^2) \Gamma_2}{d_1(1 + \Gamma_2) - S(1 + \Gamma_2)}$$

$$d_1 \Gamma_1 (d_1 - S)(1 + \Gamma_2) = \Gamma_2 (1 + \Gamma_1) (d_1 - S)^2$$

$$6 \cdot 2 d_1 (d_1 - 3) = 15 (d_1 - 3)^2$$

$$12 d_1 = 15 (d_1 - 3) \Rightarrow 12 d_1 - 15 d_1 + 45 = 0$$

$$3 d_1 = 45 \Rightarrow d_1 = 15 \text{ см}$$

Для второго луча:

$$\Gamma_2 = \frac{f_2}{d_2} \Rightarrow f_2 = d_2 \Gamma_2 = (d_1 - S) \Gamma_2 = 12 \cdot 5 = 60 \text{ см}$$

Для f_1 первого:

$$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1} \Rightarrow f_1 = d_1 \Gamma_1 \Rightarrow f_1 = 15 \cdot 2 = 30 \text{ см}$$

Оцени:

Тогда $S' = f_2 - f_1 = 60 - 30 = 30 \text{ см} \Rightarrow$ 30 см от объектива

$$S' = \Gamma_1 \Gamma_2 S$$

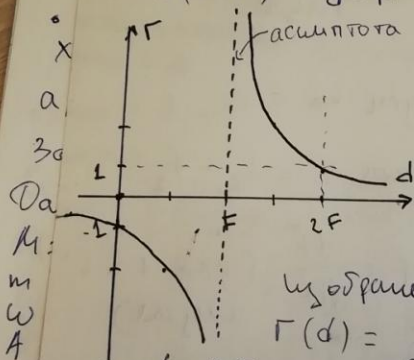
выраво на 30 см

В1) Ответ на вопрос:

За Ответ на вопрос ④

по определению увеличения: $\Gamma = \frac{H}{h}$, где H - высота изобр.
и по непосредственно измерению расстояния и
Ан $\Gamma = \frac{f}{d}$; по ФТЛ: $f = \frac{dF}{d-F}$ (1) ← собирающая линза

В $\Gamma = \frac{dF}{d(d-F)} = \frac{F}{d-F}$ (2); получаем, что $\Gamma(d)$ - гипербола



Для рассеивающей ФТЛ:

$$f = \frac{dF}{d+F} \Rightarrow F(d) = \frac{dF}{d+F} = \frac{F}{d+F}$$

② можно записать еще так

$$f = \frac{F}{F-d} \text{ (или } 0 < d < F) -$$

изображение уменьшенное и мнимое

$\Gamma(d) = \frac{F}{d-F}$ - изображение действительное и

$F < d < 2F$ - увеличенное

$d = 2F$ - равновеликое

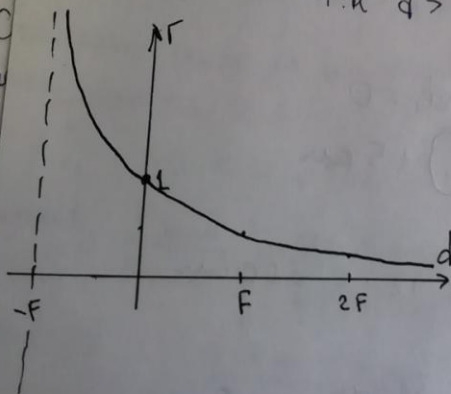
$d > 2F$ - уменьшенное

$$d = \frac{F_A}{F_A}$$

Для рассеивающей линзы:

$$F(d) = \frac{F}{d+F} - \text{изображение мнимое всегда}$$

т.к. $d > 0 \Rightarrow F < 1$ - всегда уменьшенное



W1 Ответ на вопрос:

Числовик (3)

Запишем $x(t)$ в общем виде: $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$
 продифференцируем по dt : $v(t) = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$
 еще раз по dt до $a(t)$: $a(t) = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$

Анализ:

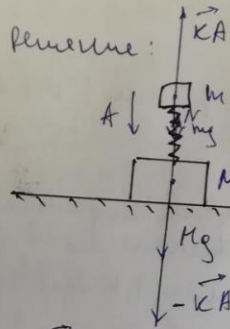
- Знак "-" указывает, что $x(t)$ и $a(t)$ колеблются в ~~против~~ фазе, отсчитывая от груза на π
- максимальные значения отсчитываются ~~в~~ ω^2 - т.е. всегда их макс. значений

Задача:

Дано:

$M = 2m$
 m
 ω
 A

Решение:



- В момент максимального статического удлинения на пружину максимальная сила системы максимальна
- В момент минимального статического удлинения - минимально

IIЗН: $F_{up} = KA$

IIIЗН: на M действует противо-

$$d = \frac{F_{max}}{F_{min}} \sim ?$$

полная сила $\vec{KA}$

IIЗН (M): $N_{max} = Mg + KA + mg = g(M+m) + KA \leftarrow \text{вниз}$

IIЗН (M): $N_{min} = Mg + mg - KA = g(M+m) - KA \leftarrow \text{вверх}$

② Считаем, что M не оторвется от пола $\Rightarrow$ по колебаниям ~~мы~~ m можем найти k :

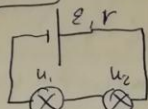
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = \omega^2 m$$

③ Значит $d = \frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{g(M+m) + m\omega^2 A}{g(M+m) - m\omega^2 A}$, но условно

$$M = 2m \Rightarrow d = \frac{g \cdot 3m + m\omega^2 A}{g \cdot 3m - m\omega^2 A} = \frac{3g + \omega^2 A}{3g - \omega^2 A} \leftarrow \text{ответ}$$

W3 Ответ на вопрос:

Числовые ④



$I = f_1(U) \quad I = f_2(U)$

ВНК: $\varepsilon = Ir + U_1 + U_2$

Воспользуемся обратными ф-циями:

$U_1 = f_1^{-1}(I)$

$U_2 = f_2^{-1}(I)$, т.к. соединяем элементы

последовательно $\Rightarrow I = \text{const}$

$\varepsilon = Ir + f_1^{-1}(I) + f_2^{-1}(I) \rightarrow$ уравнение в одном виде, из него

сразу выразить I ; допустим, для примера:

$I_1 = \alpha U \quad I_2 = \beta U \quad \Rightarrow \varepsilon = Ir + \frac{I}{\alpha} + \frac{I}{\beta}$

$I = \frac{\varepsilon}{r + \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}}$ ← ответ примера

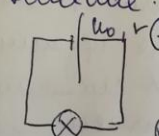
Задача

Дано:

$I(U) = I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}}$

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

Решение:



Эквивалентный резистор (по условию):

$P_0 = I_0 U_0$

Рассмотрим случай подключения одной батареи и одной лампы:

$P = \frac{27}{64} P_0$ в то же время (т.к. $I(U) = I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}}$)

$UI = U I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}} = \frac{27}{64} I_0 U_0$

$U^{\frac{3}{2}} = \frac{27}{64} U_0^{\frac{3}{2}} \Rightarrow (U^{\frac{1}{2}})^{\frac{3}{2}} = \left(\frac{27}{64}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot (U_0^{\frac{1}{2}})^{\frac{2}{3}}$

$\frac{U}{U_0} = \left(\frac{3}{4}\right)^2 \Rightarrow I = I_0 \cdot \sqrt{\frac{U}{U_0}} \Rightarrow I = \left(\frac{3}{4}\right) I_0$

Батарея не идеальная ($r \neq 0$)

$I = \frac{3}{4} I_0$

по ВНК: $\varepsilon = Ir + U$

$r = \frac{\varepsilon - U}{I}$, но у нас: $\varepsilon = U_0 \Rightarrow r = \frac{U_0 - \frac{9}{16} U_0}{\frac{3}{4} I_0} = \frac{\frac{7}{16} U_0}{\frac{3}{4} I_0}$

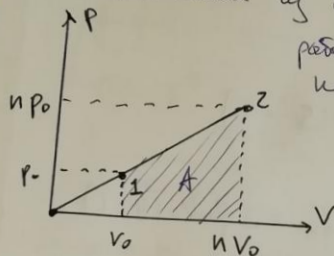
$r = \frac{7}{12} \frac{U_0}{I_0}$

Продолжение на ⑥

W2) Ответ на вопрос:

Числовые 5

$p(V) = \Delta V$ - если рассматривать p -число - это предел, начинающееся из $(0;0)$: на графике:



работа A - это ориентированная площадь под графиком:

$$A = \frac{1}{2} (p_0 + p_0 \cdot n) (nV_0 - V_0) = \frac{1}{2} p_0 V_0 (n^2 - 1)$$

по $I_3 T$ (для идеального газа):

$$Q = A + \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (nRT_2 - nRT_1) = \frac{3}{2} (p_0 V_0 n^2 - p_0 V_0)$$

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} p_0 V_0 (n^2 - 1)$$

$$Q = \Delta U + A = p_0 V_0 (n^2 - 1) \left(1 + \frac{3}{2}\right)$$

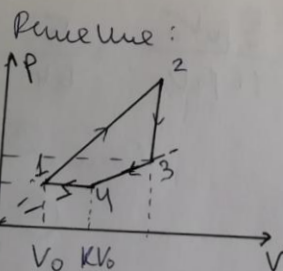
$$Q = 2 p_0 V_0 (n^2 - 1)$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{2 p_0 V_0 (n^2 - 1)}{\frac{1}{2} p_0 V_0 (n^2 - 1)} = 4$$

Ответ:

Теплота и работа связаны отношением, равным 4

Задача
 $n = 6$
 $k = 1.5$



поиск промежуточных, что минимальной температурой будет температура в точке 1

по $у_{МК}$: $p_0 V_0 = nRT_0$

$$T \sim pV$$

$$1-2: p_0 = const: \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = k \Rightarrow V_2 = kV_1 = kV_0$$

$$2-3: \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow \frac{p_0}{kV_0}$$

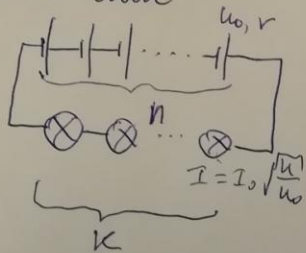
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$$

$$p = \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{2k}{\frac{2}{3}k}\right)^2 = 9$$

Продолжение 3

⑦ Число ламп

① Теперь рассмотрим систему из n источников и k ламп
Заменим ВПЧ где той цепи:



$$n U_0 = n \cdot r I_0 + k U_0$$

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

$$n \left(U_0 - \frac{7}{12} U_0 \right) = k U_0$$

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

$\Rightarrow 5n = 12k$ - найдем квадратное

уравнение с двумя неизвестными (решаем в целых числах):

$$5n = 12k, (n, k) \in \mathbb{N} \Rightarrow \begin{cases} n = 12 \text{ источников тока} \\ k = 5 \text{ лампочек} \end{cases}$$

Ответ:

$n = 12$ баттореек

$k = 5$ лампочек