МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

вариант № 5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

БЕЗРУКОВ ДАНИИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ

Дата: 20 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

№	1	2	3	4	Σ
В	**5**	**5**	**4**	**4**	**94**
З	**20**	**20**	**20**	**16**	

Апелляция: не подавалась

Итоговая оценка: 94 (девяносто четыре)

Задание 1 ответ на вопрос

$V = \omega R$

$a = \omega^2 R$; где R – амплитуда колебаний

пусть x_0 положение тела от точки равновесия в определённый момент (расстояние от положения равновесия)

тогда $a(x_0) = \omega^2 \frac{x_0}{R}$

Ответ. $a(x_0) = \omega^2 \frac{x_0}{R}$

Задача 1, решение задачи.

1 Дано:
A
ω
m
$M = 2m$
$\frac{F_{max}}{F_{min}}$ – ?

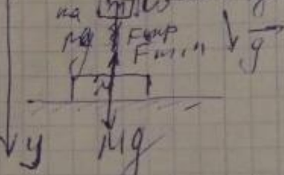
По 2 ЗН для первого случая

Оу: $Mg + mg - F_{min} = ma$

$F_{min} = Mg + mg - ma_{max}$

$a = \omega^2 \cdot A$

$F_{min} = (m+M)g - m\omega^2 A$



По второму закону Ньютона для второго состояния

По 2 ЗН

Оу: $Mg + mg - F_{max} = -ma_{max}$

$F_{max} = (M+m)g + ma_{max}$

$F_{max} = (M+m)g + m\omega^2 A$

$\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{(M+m)g + m\omega^2 A}{(M+m)g - m\omega^2 A}$

Не учитываем $F_{упр}$ т.к. она консервативна для данной системы тел!

~~при условии $(M+m)g > m\omega^2 A$~~ ~~иначе $F_{min} = 0$~~

~~Ответ: $\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{(M+m)g + m\omega^2 A}{(M+m)g - m\omega^2 A}$~~

Задание 1 ответ на 1 вопрос (продолжение)

$F_{min} = (M+m)g - m\omega^2 A$

$F_{min} = (2m+m)g - m\omega^2 A$

$F_{min} = 3mg - m\omega^2 A$

$F_{min} = m(3g - \omega^2 A)$

$F_{max} = (M+m)g + m\omega^2 A$ - аналогично

$F_{max} = m(3g + \omega^2 A)$

при условии $3g > \omega^2 A$ иначе $F_{min} = 0$.

$F_{упр}$ не учитываем т.к. для данной силы она консервативна.

$$\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{m(3g + \omega^2 A)}{m(3g - \omega^2 A)} = \frac{3g + \omega^2 A}{3g - \omega^2 A}$$

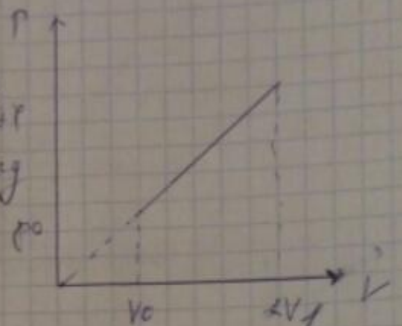
Ответ $\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{3g + \omega^2 A}{3g - \omega^2 A}$

Задание 2 ответ на вопрос

Дано: $P = \alpha V$

Найти связь A и Q

Начерти график данного процесса



A газа в этом случае - площадь под графиком

$A = S$

$A = \frac{(P_0+\alpha P)\cdot(4V-V)}{2}$, пусть $\alpha = \frac{V_1}{V_0}$

для идеального одноатомного газа $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

по уравнению Менделеева-Клапейрона

$PV = \nu RT$

$A = \frac{1}{2}(P_0+\alpha P)\cdot(V_1 - V)$

$\Delta U = \frac{3}{2}(P_0 + \frac{V_1}{V_0}\cdot P)(V_1 - V_0)$

По первому закону термодинамики

Q

$Q = (A + \Delta U)$

$Q = \left(\frac{1}{2}+\frac{3}{2}\right)\cdot\left(P_0+\frac{V_1}{V_0}P_0\right)(V_1-V_0) = 2\left(P_0+\frac{V_1}{V_0}P_0\right)(V_1-V_0)$

$A = \frac{1}{2}\cdot\left(P_0+\frac{V_1}{V_0}\right)(V_1-V_0)$

$\frac{Q}{A} = \frac{2(P_0+\frac{V_1}{V_0})(V_1-V_0)}{0,5(P_0+\frac{V_1}{V_0}P_0)(V_1-V_0)} = 4$

$A = 0,25Q$

Ответ: $A = 0,25Q$

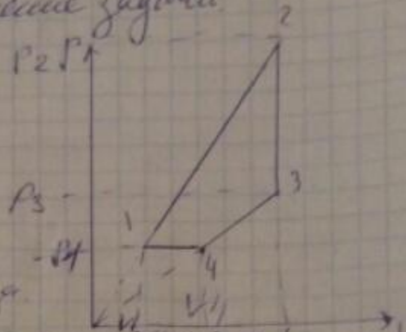
Задание 2 решение задачи

Дано:
$k = 1{,}5$ раза
$n = 6$ раз

$\frac{T_{max}}{T_{min}}$

По уравнению клапейрона

$$\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$



Соответствующим сост. газа соответствуют температуры с индексами 1-3

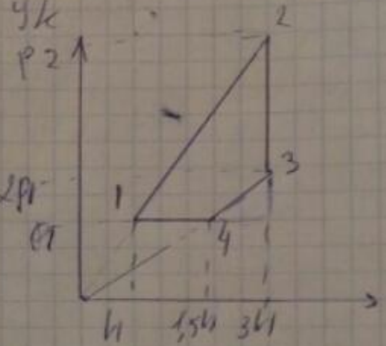
если $P_4V_4 = P_1V_1$ (по ур-ию)

то $P_1 = P_4$; тогда по УК
$V_4 = 1{,}5 V_1$

Тогда пусть $\alpha = \frac{V_3}{V_4}$

Тогда $\nu RT_3 = P_3V_3$
$\nu RT_4 = P_4V_4$

$$\frac{T_3}{T_4} = \frac{6}{1{,}5} = 4$$



Тогда $V_3 = 2V_4$ по УК и равно $V_3 = 1{,}5 \cdot 2V_1 = 3V_1$
Перерисуем график с найденными объемами (выше)
как и тогда $P_3 = P_1\alpha$; $P_3 = \frac{3V_1}{1{,}5V_1}P_1 = 2P_1$
ну и P_2 тогда $P_1\frac{(3V_1)}{V_1} = 3P_1$; $P_2 = 3P_1$

Тогда по Уравнению Менделеева Клапейрона

$$P_2V_3 = \nu RT_2$$

$$\begin{cases} P_1 \cdot 3 \cdot 3V_1 = \nu RT_2 \\ P_1V_1 = \nu RT_1 \end{cases}$$

$\frac{T_2}{T_1} = 9$; очевидно что max T - это T_2, т.к. соответствует max PV
а T_{min} - T_1, т.к. соответствует PV - min

$$\frac{T_{max}}{T_{min}} = 9$$

Задание 2 решение задачи представлено

$\eta = 1 - \frac{|Q^-|}{Q^+}$

Q^- – тепло которое газ отдаёт нагревателю

Q^+ – тепло которое газ получает от нагревателя

$Q_H = 2\nu R(T_{max} - T_{min}) = 2\nu R \cdot (9T_{min} - T_{min}) =$
$= 16\nu R T_{min}$ (по 4 и к) из выведенного в вопросе.

$Q^- = |Q_{23}| + |Q_{23}| + |Q_{41}|$

$|Q_{23}| = \frac{3}{2}\nu R(9T_{min} - 6T_{min})$

$|Q_{43}| = 2 \cdot \nu R \cdot (6T_{min} - 1{,}5T_{min})$

$|Q_{41}| = 2{,}5\nu R(1{,}5T_{min} - T_{min})$

$|Q| \left[\left(\frac{3}{2} \cdot 3\right) + \left(2 \cdot 4{,}5 + 2{,}5 \cdot 0{,}5\right)\right] \nu R$

$|Q^-| = (4{,}5 + 9 + 1{,}25)\nu R$

$|Q^-| = 14{,}75\nu R$ $\qquad 14{,}75 \cdot 2 = 29{,}5$

$\eta = 1 - \frac{14{,}75\nu R}{16\nu R}$

$\eta = 1 - \frac{29{,}5}{32} = \frac{2{,}5}{32}$

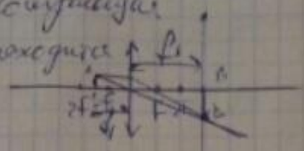
Ответ: $\frac{2{,}5}{32} = \eta$; $\frac{T_{max}}{T_{min}} = 9$.

Дано:
$|\Gamma_1| = 2$
$\ell = 3$
$|\Gamma_2| = 5$

$S' - ?$

Задание 4. Решение задачи

Очевидно, что линза собирающая.
Очевидно, что предмет находится



до 2F, от линзы
$d \in (0;\ 2F)$

По формуле тонкой собирающей линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\Gamma = \frac{F}{d-F}, \quad \Gamma = \frac{f}{d},$$ где d – расстояние от линзы до предмета,
f – расстояние от линзы до изображения,
F – фокусное расстояние

$$\begin{cases} \Gamma_1 = \dfrac{F}{d_1 - F} \\ \Gamma_2 = \dfrac{F}{(d_1 - 3) - F} \end{cases}$$ (допустим предмет приблизили)

$2d_1 - 2F = F$
$2d_1 = 3F$
$5(d_1 - 3) - 5F = F$

$$\begin{cases} 5d_1 - 15 = 6F \\ 2d_1 = 3F \end{cases}$$
$d_1 = \frac{3}{2}F$

d_1 – изначальное положение предмета
$d_1 - 3$ – изменённое.

Допустим если предмет отдалили
$5(d_1 + 3) - 5F = F$
$d_1 = \frac{3}{2}F;\ 7{,}5F + 15 = 6F$
$F = -10$ (получается линза рассеивающая), тогда первое условие не удовлетворяет.

$5 \cdot \frac{3}{2}F - 15 = 6F$
$7{,}5F - 15 = 6F$
$F = \frac{15}{1{,}5} = 10$ см

Тогда $d_1 = 10 \cdot \frac{3}{2} = 15$ см; $d_2 = 15 - 3 = 12$ см.
$f_1 = \Gamma_1 \cdot d_1$; $f_1 = 15 \cdot 2 = 30$ см;
$f_2 = \Gamma_2 \cdot d_2$; $f_2 = 12 \cdot 5 = 60$ см

Тогда $S' = f_2 - f_1 = 60 - 30 = 30$ см

Ответ: 30 см.

Задание 4 ответ на вопрос.

При $F<d$, $\Gamma = \frac{F}{F-d}$, то есть при $d \to F$, изображение будет увеличиваться, т.к. знаменатель будет уменьшаться, а числитель неизменный.

Затем если двигать предмет ещё дальше, то $F<d<2F$; $\Gamma = \frac{F}{d-F}$, при увеличении расстояния между предметом и линзой изображение будет уменьшаться т.к. $(d-F)\uparrow$, а это знаменатель, и в $d=2F$, $\Gamma=1$, то есть равновеликое изображение.

Γ - показывает во сколько раз изображение предмета больше предмета.

Дано:

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

$\mathcal{E} = U_0$

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

---

n_{min}

N_{min} ?

Задача 3 решение задачи

n – минимальное число ламп

N – минимальное число источников ЭДС

Оптимальный вариант соединения соединение батарей – последовательный, тогда

$\mathcal{E}_{эквивалентное} = N\mathcal{E} = NU_0$

$P: I_0U_0 = IU$

$I_0\sqrt{\frac{U}{U_0}}\cdot U = \frac{27}{64}I_0U_0$

$\frac{U^{3/2}}{U_0^{1/2}} = \frac{27}{64}U_0$

Тогда $U = \frac{9}{16}U_0$

$I = I_0\cdot\sqrt{\frac{9U_0}{16U_0}} = \frac{3}{4}I_0$

По ВПК (второе правило Кирхгофа)

$NU_0 = nU_0 - nrI_0$

$(N-n)U_0 = -nr\cancel{I_0}$

$N - n = -\frac{7}{12}n$

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

$12N = 5n$

Тогда $N = 12$ источников

а $n = 5$ ламп

Ответ: 12 батарей и 5 ламп.

Дано   Задание 3 вопрос ответ.

$I = f_1(U)$ и $I = f_2(U)$

ε, r

По второму правилу Кирхгофа

$\varepsilon = U_1 + U_2 + Ir$

$U_1 + U_2 = \varepsilon - Ir$

$U_1 = \dfrac{I}{f_1}$; $U_2 = \dfrac{I}{f_2}$

$\dfrac{I}{f_1} + \dfrac{I}{f_2} + Ir - \varepsilon = 0$; Ток одинаковые т.к. последовательное соединение

$I\left(\dfrac{1}{f_1} + \dfrac{1}{f_2} + r\right) = \varepsilon$

$I = \dfrac{\varepsilon}{\dfrac{1}{f_1} + \dfrac{1}{f_2} + r}$

$I = \dfrac{\varepsilon}{\dfrac{f_2 + f_1 + f_1 f_2 r}{f_1 f_2}}$

$I = \dfrac{\varepsilon f_1 f_2}{f_2 + f_1 + f_1 f_2 r}$

Ответ: $I = \dfrac{\varepsilon \cdot f_1 f_2}{f_2 + f_1 + f_1 f_2 \cdot r}$