Олимпиада «Физтех» по физике, ф

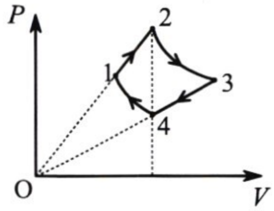
Класс 11 **Вариант 11-05**

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 2 раза, а модули ускорений равны.

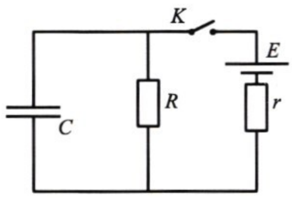
1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V. В процессе 1-2 давление увеличивается в $k = 2$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной зависимости давления от объема и сжимается в изотермическом процессе 4-1. Объемы газа в состояниях 2 и 4 равны.



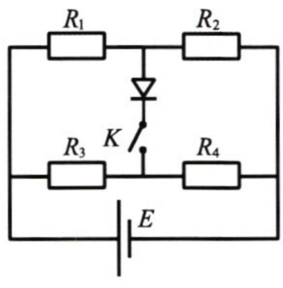
1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

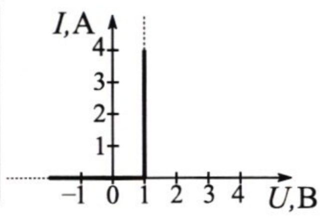
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = R$. Ключ К на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



1) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после замыкания ключа.
2) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после размыкания ключа.
3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

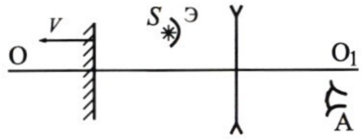
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 8$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.





1) Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе К.
2) При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе К?
3) При каком значении R_1 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 1,25$ Вт?

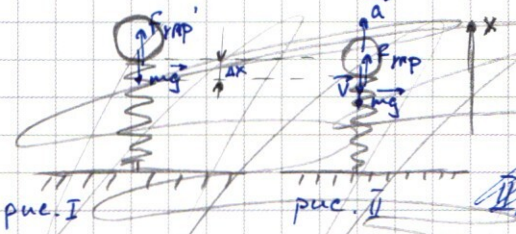
5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F\,(F > 0)$, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO₁. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO₁ и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO₁. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.



1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом α к оси OO₁ движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



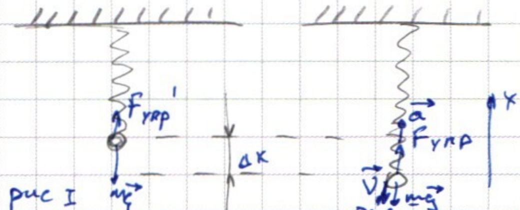
~~рис. I~~ ~~рис. II~~

~~рис I – положение шарика в равновесии~~

~~рис II – положение шарика в произвольный момент~~

~~II з. Ньютона $ma = F_{упр} - mg$ II з. Ньютона на Ox~~

~~$-m\ddot{x} = k(\Delta x + h) - mg$~~ ~~h – высота, на которую будет деформирована пружина~~



1. рис I   рис II

рис I – положение шарика в равновесии

рис II – положение шарика в произвольный момент

II з. Ньютона на Ox $\quad ma = F_{упр} - mg \quad$ $F_{упр}$ – сила, действующая на шарик со стороны пружины.

$F_{упр} = k(\Delta x + h)$ h – высота, на которую деформирована пружина, когда шарик в состоянии покоя.

$F_{упр}' = mg = kh$ по II з Ньютона для I рис.

$$a = \left(k\left(\Delta x + \frac{mg}{k}\right) - mg\right)\frac{1}{m}$$

$$a = \frac{k}{m}\left(\Delta x + \frac{mg}{k}\right) - g$$

пусть в I случае, когда модули ускорений равны $\Delta x = x_1$, а во втором $\Delta x = x_2$

по условию $\frac{k}{m}\left(x_1 + \frac{mg}{k}\right) = 2\frac{k}{m}\left(x_2 + \frac{mg}{k}\right) \rightarrow x_1 = 2x_2 + \frac{mg}{k}$

заметим $\left|k\left(x_1 + \frac{mg}{k}\right) - mg\right| = \left|k\left(x_2 + \frac{mg}{k}\right) - mg\right| \Rightarrow |kx_1| = |kx_2|$

$\left|2x_2 + \frac{mg}{k}\right| = |x_2|$ ~~$\frac{mg}{k}$, значит~~ $2x_2 + \frac{mg}{k} = x_2 \rightarrow x_2 = -\frac{mg}{k}$

или   или

$x_1 = -\frac{mg}{k}$ или $x_1 = \frac{1}{3}\frac{mg}{k}$ $2x_2 + \frac{mg}{k} = -x_2 \rightarrow x_2 = -\frac{mg}{3k}$

очевидно что $x_1 = -\frac{mg}{k}$ и $x_2 = -\frac{mg}{k}$ быть не может, значит

$x_1 = \frac{mg}{3k}$; $x_2 = -\frac{mg}{3k}$ ← минус значит что против оси X.

$$m\cdot|a| = |kx_1| = \left|\frac{mg}{3}\right| = \frac{mg}{3} \rightarrow |a| = \frac{g}{3}$$

2. Возьмем за 0 отсчета потенц. энергии положение, когда ~~пружина~~ растянута на h.

при $\Delta x = x_1$ полная энергия ~~[illegible]~~ $mg|x_1| + \frac{mV_1^2}{2} + \frac{k(h-|x_1|)^2}{2}$

при $\Delta x = x_2$ полная энергия $-mg|x_2| + \frac{mV_2^2}{2} + \frac{k(h+|x_2|)^2}{2}$

они равны между собой

$$mg|x_1| + \frac{mV_1^2}{2} + \frac{k(h-|x_1|)^2}{2} = -mg|x_2| + \frac{mV_2^2}{2} + \frac{k(h+|x_2|)^2}{2}$$

т.к. x_1 и x_2 равны по модулю, то заменим их на x. $x = |x_1| = |x_2|$

$$mgx + \frac{mV_1^2}{2} + \frac{kh^2 - 2khx + kx^2}{2} = -mgx + \frac{mV_2^2}{2} + \frac{kh^2 + 2khx + kx^2}{2}$$

$$2mgx + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + 2khx \qquad h = \frac{mg}{k}$$

$$2mgx + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + 2\cancel{k}x \cdot \frac{mg}{\cancel{k}}$$

$$2mgx + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + 2mgx \longrightarrow \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2}$$, а значит отношение кинетических энергий в эти моменты 1

Максимальная кинетическая энергия будет в положении равновесия т.к. ускорение равно 0.

Максимальная энергия деформации будет при $V=0$ в самом нижнем положении.

Возьмем за 0 отсчета потенц. энергии положение шарика, когда пружина ~~не~~ растянута максимально

В случае с V_{max} полная энергия ~~$mg(x'-h)$~~ $mgx' + \frac{mV_m^2}{2} + \frac{kh^2}{2}$

В случае с max энергии деформации пружины ~~mg~~ $\frac{k(x')^2}{2} + \frac{kh^2}{2} + khx'$

где x' – расстояние от положения равновесия до самого нижнего положения

так же из начальных условий мы знаем что полная потенц. энергия $mg(x'+h)$

По закону сохранения

$$\begin{cases} mgx' + \frac{mV_m^2}{2} + \frac{kh^2}{2} = mg(x'+h) \\ \frac{k(x')^2}{2} = mg(x'+h) - \frac{kh^2}{2} - khx' \end{cases} \qquad \begin{cases} \frac{mV_m^2}{2} = mgh - \frac{kh^2}{2} \\ (x')^2 \cdot \frac{k}{2} - mg \cdot x' - mgh = 0 - \frac{(mg)^2}{2k} - khx' \end{cases}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mV_m^2}{2} = mg\frac{mg}{k} - \frac{k(mg)^2}{k^2\cdot 2} = \frac{(mg)^2}{k} - \frac{(mg)^2}{2k} = \frac{(mg)^2}{2k}$$

~~$(x')^2 k - (x')\cdot 2mg - \frac{(mg)^2}{k} = 0$~~

~~$x'_{1,2} = \frac{mg \pm \sqrt{(mg)^2 + (mg)^2}}{} = mg \pm mg\sqrt{2}$~~

~~$x'_1 = mg(1+\sqrt{2})$ т.к. x' отрицательным быть не может~~

$k x'$

$$(x')^2\frac{k}{2} - mg x' + \frac{(mg)^2}{2k} - \frac{(mg)^2}{k} + mg x' = 0$$

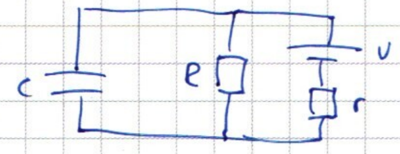
$$(x')^2\frac{k}{2} = \frac{(mg)^2}{k}$$

значит отношение максимальной энергии деформации и максимальной кинетической равно 2. $\boxed{\text{Решение п.3 см на стр №9}}$

Ответ: 1. $|a| = \frac{g}{3}$ 2. $\frac{E_{кин_1}}{E_{кин_2}} = 1$ 3. $\frac{E_{деформ}}{E_{кинет}} = \cancel{2}\ 4$

№3

1. Найдем ток через конденсатор сразу после замыкания ключа



Обойдем по внешнему контуру и запишем закон Кирхгофа

$$V - Ir = 0 \rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{V}{r}$$

$I = \frac{V}{R}$ - ток через конденсатор сразу после замыкания ключа.

~~2. запишем энергию конденсатора как $\frac{(q+\Delta q)^2}{2C}$, где заряд Δq это маленький заряд, пришедший в ед. времени Δt~~

~~$\Delta q = I\Delta t$ $I = \frac{V - \frac{q}{C}}{R}$ ← из закона Кирхгофа.~~

~~$\Delta q = \frac{V - \frac{q}{C}}{R}\Delta t \rightarrow R\Delta q = (V - \frac{q}{C})\Delta t \rightarrow CR\Delta q = (VC - q)\Delta t$~~

~~скорость роста энергии конденсатора это~~ $\cancel{\frac{(q+\Delta q)^2}{2C\Delta t}} =$

$$\cancel{= \frac{\left(q + \frac{VC-q}{RC}\Delta t\right)^2}{2C\Delta t} = \frac{q^2}{2C\Delta t} + \frac{2q\frac{VC-q}{RC}\Delta t}{2C\Delta t} + \frac{\left(\frac{VC-q}{RC}\right)^2\Delta t^2}{2C\Delta t} =}$$

$$\cancel{= \frac{q^2}{2C\Delta t} + \frac{2q\frac{VC-q}{RC}}{2C}}$$

Объяснение нахождения max. скорости роста энергии конденсатора см. на стр 9,10

$$\cancel{\frac{\left(-\frac{q^2}{2C} + \frac{q^2}{2C} + \frac{\Delta q q}{C} + \frac{\Delta q^2}{2C}\right)}{dt} = \frac{\left(\frac{dq\,q}{C} + \frac{dq^2}{2C}\right)}{dt} \approx \frac{dq\cdot q}{C\,dt}}$$ ~~т.к. dq мало~~

$\cancel{\frac{qV - \frac{q^2}{C}}{R}}$ ~~max. при~~ $\cancel{qV - \frac{q^2}{C}}$ ~~максимально~~ $\cancel{\rightarrow \frac{2q}{C} = V}$

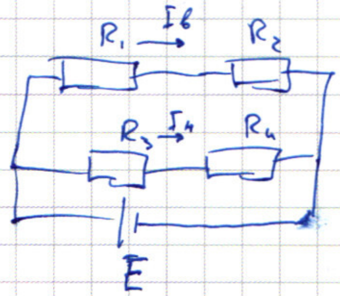
$$q = \frac{VC}{2}$$

Значит разность потенциалов при размыкании ключа $\frac{q}{C} = \frac{V}{2}$, а значит ток через резистор в этот момент $\frac{V}{2R} = I_2$

3. После размыкания ключа вся энергия конденсатора пойдет на тепло, значит выделившееся тепло $Q = \frac{q^2}{2C} = \frac{V^2C^2}{4\cdot 2C} = \frac{V^2C}{8}$

Ответ: 1. $I_1 = \frac{V}{R}$; 2. $I_2 = \frac{V}{2R}$; 3. $Q = \frac{V^2C}{8}$

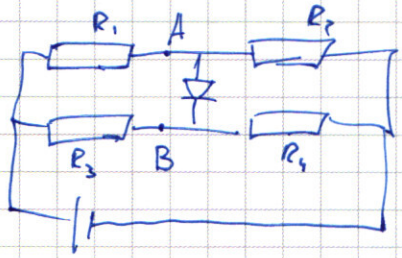
№4



запишем законы Кирхгофа

$$\begin{cases} R_1 I_в + R_2 I_в = E \\ R_3 I_4 + R_4 I_4 = E \end{cases} \rightarrow I_4 = \frac{E}{R_3+R_4} = \frac{10B}{10\Omega} = \boxed{1A}$$

2.



что бы ток потек через диод надо чтобы разность напряжений между A и B была 1В или больше.

Напряжение в точке B $E - R_3\cdot I_4 = E - \frac{R_3 E}{R_3+R_4}$

Напряжение в точке A $E - R_1 I_в = E - \frac{R_1 E}{R_1+R_2}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

значит $\left\{ \frac{R_3 E}{R_3+R_4} - \frac{R_1 E}{R_1+R_2} \right\} = -1В$

$$\frac{R_1 E}{R_1+R_2} = \left(1В + \frac{R_3 E}{R_3+R_4}\right) \quad \text{или} \quad \frac{R_1 E}{R_1+R_2} = \left(\frac{R_3E}{R_3+R_4} - 1В\right)$$

$$R_1\left(E - \left(1В + \frac{R_3E}{R_3+R_4}\right)\right) = \left(1В + \frac{R_3E}{R_3+R_4}\right)R_2 \quad \text{или} \quad R_1\left(E - \left(\frac{R_3E}{R_3+R_4} - 1В\right)\right) = \left(\frac{R_3E}{R_3+R_4} - 1В\right)R_2$$

$$R_1 = \frac{\left(1В + \frac{R_3E}{R_3+R_4}\right)R_2}{E - 1В - \frac{R_3E}{R_3+R_4}} \quad \text{или} \quad R_1 = \frac{\left(\frac{R_3E}{R_3+R_4} - 1В\right)R_2}{E - \frac{R_3E}{R_3+R_4} + 1В}$$

$$R_1 = \frac{(1В + 8В)\,12\Omega}{10В - 1В - 8В} = \frac{9\cdot 12В}{1В}\Omega = 118\Omega$$

потенциал в A − потенциал в B = 1В

$$\frac{R_3E}{R_3+R_4} - \frac{R_1E}{R_1+R_2} = 1В. \quad \rightarrow \quad R_1E = (R_1+R_2)\left(\frac{R_3E}{R_3+R_4} - 1В\right)$$

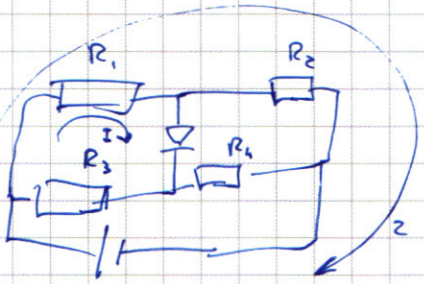
$$R_1\left(E + 1В - \frac{R_3E}{R_3+R_4}\right) = R_2\left(\frac{R_3E}{R_3+R_4} - 1В\right)$$

$$R_1 = \frac{R_2\left(\frac{R_3E}{R_3+R_4} - 1В\right)}{E + 1В - \frac{R_3E}{R_3+R_4}} = \frac{12\Omega\,(7В)}{11В - 8В} = \frac{12\cdot 7}{3}\Omega = 4\cdot 7\Omega = 28\Omega$$

при $R_1 \leq 28\Omega$ ток пойдет через диод.

3. Тепловые потери на диоде это $I \cdot 1В$. значит ток через него должен быть 1,25А ~~[illegible]~~

значит $E = R_3 I_н' + R_4 (I_н' + 1{,}25) \to I_н' = \frac{E - 1{,}25 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{10В - \frac{5}{4}\cdot 2В}{10\ Ω} =$



$= \frac{3}{4} A$

По закону Кирхгофа

$$\begin{cases} I_б R_1 = 1 + I_н R_3 \to I_б R_1 = 1 + \frac{3}{4} A \cdot 8 = 1 + 6 = 7В \\ I_б R_1 + (I_б - 1{,}25) R_2 = E \end{cases}$$

$7В + I_б R_2 - 1{,}25 R_2 = 10 В$

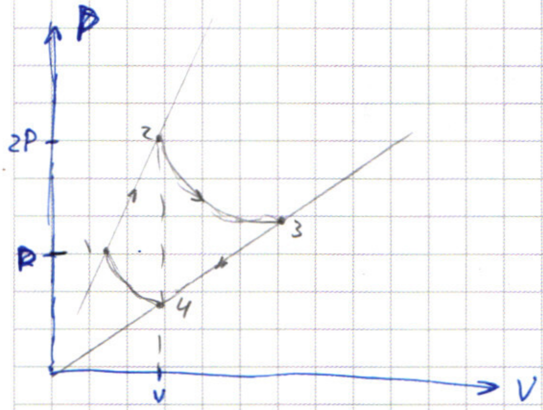
$I_б = \frac{3В + 1{,}25 R_2}{R_2} = \frac{3}{12} + 1{,}25 = \frac{1}{4} + \frac{5}{4} = 1{,}5 A.$

$R_1 = \frac{7 \cdot 2}{3} = \frac{14}{3} Ω$

$\boxed{\text{Решение в общем виде см на стр 10}}$

Ответ: 1. $I_н = 1 A$ 2. при $R_1 \le 28 Ω$ 3. $R_1 = \frac{14}{3} Ω$.

№ 2



~~Пусть~~ обозначим давление и объем газов за P_1, V_1 в точке 1; P_2, V_2 в точке 2; $P_3 V_3$ в точке 3; $P_4 V_4$ в точке 4. Аналогично с температурами (T_1, T_2, T_3, T_4)

Из условий

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2}$; $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$; $\frac{P_3}{V_3} = \frac{P_4}{V_4}$; $V_2 = V_4$

т.к. лежат на прямой, проходящей через начало координат.

так же зная что

$PV = νRT$ заключаем

$P_1 V_1 = P_4 V_4$; $P_2 V_2 = P_3 V_3$

Дано $T_1 \to P_1 V_1 = νRT_1$

т.к. $P_2 = 2P_1$, то $P_2 V_1 = νR T_1 \cdot 2$

из $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \to \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2} \to V_2 = 2V_1$

$P_2 V_1 = νRT_1 \cdot 2 \Rightarrow P_2 V_2 = 2 P_2 V_1 = νRT_1 \cdot 4 = νRT_2 \to T_2 = 4T_1 = T_3$

$P_3 V_3 = νR \cdot 4T_1$; $P_1 V_1 = P_4 V_4 \to \frac{P_1}{P_4} = \frac{V_4}{V_1} \to V_4 = \frac{P_1 V_1}{P_4} = V_2$

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} V_4 = V_2 = \dfrac{P_1V_1}{P_4} \\ P_2V_2 = P_3V_3 \\ P_3V_4 = P_4V_3 \\ 2P_1 = P_2 \end{cases}$$

$$\to P_3V_3 = \frac{P_4V_3^2}{V_4} = P_2V_2 \to P_4V_3^2 = P_2\left(\frac{P_1V_1}{P_4}\right)^2 \to P_4^3V_3^2 = P_2P_1^2V_1^2 = 2P_1^3V_1^2$$

$$P_2\frac{P_1V_1}{P_4} = P_3\cdot\frac{P_3V_4}{P_4} = \frac{P_3^2}{P_4}\cdot\frac{P_1V_1}{P_4} \to$$

$$P_2P_4 = P_3^2 = 2P_1P_4 = 2P_1\frac{P_1V_1}{V_4}$$

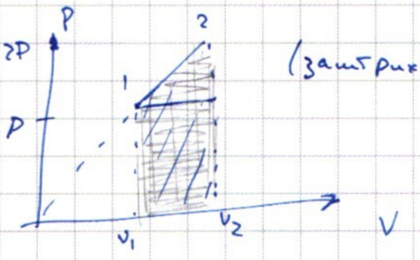
$$P_3^2 = 2P_1^2\cdot\frac{V_1}{V_4} = 2P_1^2\cdot\frac{V_1}{V_2} = 2P_1^2\cdot\frac{1}{2} \Rightarrow P_1 = P_3$$

3. Теплоемкость газа (молярная) это отношение тепла, которое подвели на изменение температуры. (если речь идет про 1 моль

Из I закона термодинамики $\Delta Q = A + \Delta U$, где Q - подведенное тепло; A - работа; ΔU - изменение внутренней энергии $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$, где i - кол-во степеней свободы.

найдем ΔQ в процессе 1-2.

$A_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} PdV$ = площади под графиком (заштрихованной)



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

$$= V_1P_1 + \frac{1}{2}V_1P_1 = \frac{3}{2}V_1P_1 = \frac{3}{2}\nu RT_1$$

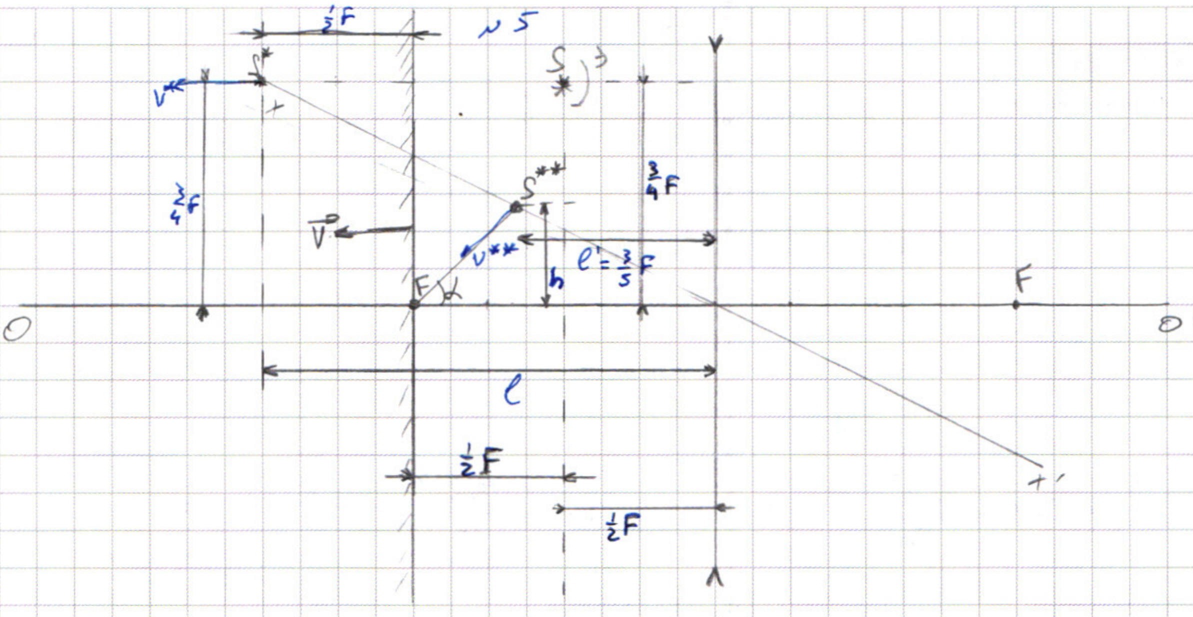
$i = 3$ т.к. газ идеальный одноатомный

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}\nu R\cdot 3T_1 = \frac{9}{2}\nu RT_1$$

$$\Delta Q = A_{1-2} + \Delta U_{1-2} = \left(\frac{3}{2} + \frac{9}{2}\right)\nu RT_1 = 6\nu RT_1$$

теплоемкость газа $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{6\nu RT_1}{3T_1} = 2\nu R$

Ответ: $T_2 = T_3 = 4T_1$; $\frac{P_1}{P_3} = 1$; $C = 2\nu R$



1. Т.к. наблюдатель может увидеть только отраженный свет, то изобразим мнимый источник S^* на расстоянии $\frac{1}{2}F$ от зеркала и $\frac{3}{4}F$ от OO', но только "по ту сторону зеркала"

Найдем на каком расстоянии будет ~~предмет~~ S^{**} - отражение предмета при прохождение через линзу. S^{**} будет располагаться на оси xx' т.к. она проходит через "центр" линзы. По формуле для тонкой линзы

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{l} - \frac{1}{l'}$, где l' - новое расстояние от S^{**} до линзы

линза рассеивающая — изображение мнимое

$$-\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} - \frac{1}{l'} \rightarrow \frac{1}{l'} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{F} = \frac{5}{3F} \rightarrow l' = \frac{3}{5}F$$

3. Найду с какой скоростью движется изображение.

т.к. S^* находится в зазеркалье, то скорость у S^* будет $2V = V^*$

найдем $\Gamma = \frac{l'}{l} = \frac{3F\cdot 2}{5\cdot 3F} = \frac{2}{5}$ мы знаем что скорость равна $\Gamma^2 \cdot V^* = V^{**}$

$$V^{**} = \frac{4}{25}\cdot 2V = \frac{8}{25}V$$

2. Т.к. S^* стремится в бесконечность, то S^{**} стремится в фокус.

$$tg\,\alpha = \frac{h}{F-l'} \qquad \frac{h\cdot 4}{3F} = \frac{l'}{l} \rightarrow h = \frac{3F}{4}\cdot\frac{3F\cdot 2}{5\cdot 3F} = \frac{3}{10}F$$

$$tg\,\alpha = \frac{3F}{10(F-\frac{3}{5}F)} = \frac{3F}{10(\frac{2}{5}F)} = \frac{3\cdot 5}{10\cdot 2} = \frac{3}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1. $\frac{3}{5}F$; 2. $tg\,\alpha = \frac{3}{4}$; 3. $v^{**} = \frac{8}{25}v$

Решение п.3. задачи №1.

Возьмем за 0 потенциальной энергии точку, где пружина не растянута. За x' обозначим максимальное растяжение; $h = \frac{mg}{k}$.

закон сохр. энергии в точке x' $\Rightarrow$ $0 = -mgx' + \frac{k(x')^2}{2}$

$mg = \frac{kx'}{2} \rightarrow x' = \frac{2mg}{k} \Rightarrow \frac{k(x')^2}{2} = 2\frac{(mg)^2}{k} = E_{упругости} = E_{деформ}$

закон сохр. энергии в точке h. $\Rightarrow$ $0 = -mgh + \frac{kh^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$

$\frac{mv^2}{2} = mgh - \frac{kh^2}{2} = \frac{(mg)^2}{k} - \frac{(mg)^2}{2k} = \frac{(mg)^2}{2k} = E_{кинет}$

$$\frac{E_{деформ}}{E_{кинет}} = 4$$

Объяснение нахождения max. скорости роста энергии на конденсаторе. задача 3 п.2

Пусть на конденсаторе заряд q. тогда $\Delta\varphi$ (разность потенциалов) $= \frac{q}{C}$ По з. Кирхгофа ток через конденсатор I ~~такой~~ такой, что $I = \frac{V - \frac{q}{C}}{R}$ Отсюда $dq = I dt = \frac{V - \frac{q}{C}}{R} dt$, где dq – малый заряд, притекающий на конденсатор в ед. времени.

тогда изменение энергии это $\frac{(q+dq)^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} =$

$= \frac{q\,dq}{C} + \frac{dq^2}{2C} \approx \frac{q\,dq}{C}$ т.к. dq^2 величина сильно малая

$$\frac{q\,dq}{c} = \frac{q}{c}\cdot\frac{V-\frac{q}{c}}{R} = \frac{qV-\frac{q^2}{c}}{CR}$$ т.к. скорость изменения не

зависит от знаменателя ($CR = const$) уберем его.

$qV - \frac{q^2}{C}$ – скорость изменения. Она максимальна когда производная

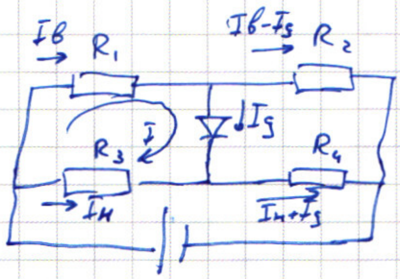
$\frac{d}{dq} = 0$. Отсюда $V - \frac{2q}{C} = 0 \rightarrow q = \frac{CV}{2}$

Решение в общем виде п. 3 задачи №4.

тепловые потери $P = I_g \cdot \Delta\varphi$, где I_g – ток через диод

$\Delta\varphi$ – падение напряжения на диоде

$I_g = \frac{P}{\Delta\varphi}$



Расписал токи согласно закону Кирхгофа.

Обход по контуру I. Закон Кирхгофа: $\begin{cases} I_B R_1 - \Delta\varphi - I_H R_3 = 0 \\ E - I_H R_3 - (I_H + I_g) R_4 = 0 \end{cases}$
Обход по нижнему контуру. Закон Кирхгофа:

$E - I_H R_3 - I_H R_4 = R_4 I_g$ ~~$\rightarrow I_g = \frac{E - I_H R_3 - I_H R_4}{}$~~

$I_H (R_3 + R_4) = E - R_4 I_g \rightarrow I_H = \frac{E - R_4 \frac{P}{\Delta\varphi}}{R_3 + R_4}$ ~~подставим в I равенство~~

~~$I_B R_1 - \Delta\varphi - I_H R_3 = 0$~~ Запишем обход по верхнему контуру

закон Кирхгофа:

$$I_B R_1 + I_B R_2 - I_g R_2 - E = 0$$

$$I_B = \frac{E + I_g R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_B R_1 - \Delta\varphi - I_H R_3 = \frac{E + I_g R_2}{R_1 + R_2} R_1 - \Delta\varphi - \frac{E - R_4 \frac{P}{\Delta\varphi}}{R_3 + R_4} R_3 = 0$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$dq = I\,dt \quad = \quad dq = \dfrac{U - \frac{q}{C}}{R}\,dt \quad = \quad \dfrac{UC - q}{RC}\,dt \qquad \dfrac{U}{2R}\,dt$

$\dfrac{q}{C} = \dfrac{U}{2} \rightarrow q = \dfrac{U}{2C}$

$= \dfrac{U}{2C} \cdot \dfrac{U}{2R}\,dt + \dfrac{U^2}{2}$

$q\,dq \quad max$

$\dfrac{UC - q}{RC}\,dt \cdot \dfrac{U}{2C}$

$\dfrac{UC - \frac{U}{2C}}{RC}$

$5 \cdot \dfrac{14}{3} - 1 - 8 \cdot \dfrac{3}{4}$

$\dfrac{1}{F} = \dfrac{2}{3F} + \dfrac{1}{\ell'}$

$\dfrac{1}{F}\left(1 - \dfrac{2}{3}\right) = \dfrac{1}{\ell'} \rightarrow \ell' = 3F$

$E - \dfrac{R_1 E}{R_1 + R_2} - \left|E - \dfrac{R_3 E}{R_3 + R_4}\right| = 1\,B$

$-\dfrac{R_1 E}{R_1 + R_2} + \dfrac{R_3 E}{R_3 + R_4} = 1\,B$

$-\dfrac{1}{F} = \dfrac{1}{2F} - \dfrac{1}{\ell'}$

$\dfrac{1}{\ell'} = \dfrac{1}{2F} + \dfrac{1}{F} = \dfrac{3}{2F} = \dfrac{1}{\ell'}$

$\ell' = \dfrac{2}{3} F$

$\dfrac{5}{2}$

$\dfrac{3}{14} + 12 \qquad 12 \cdot 1{,}25 + 10$

$\dfrac{3}{14} - 1 - \dfrac{10}{10 - 2 \cdot 1{,}25} = 8$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики) нулевая точка №1

$ma = k(x) - mg$

$h = \frac{mg}{k}$

$x_1 = 2x_2$

$x_1 = \Delta x_1 + h \qquad x_2 = \Delta x_2 + h \rightarrow \Delta x_1 = 2\Delta x_2 + h$

$\cancel{ma = k\Delta x_1 = k\cdot 2\Delta x_2}$

$\cancel{2k\cdot\Delta x_2 + kh = k\cdot 2\Delta x_2}$

$ma = kx_1 = kx_2$

$k(\Delta x_1 + h) = k(\Delta x_2 + h)$

$k\Delta x_1 = k\Delta x_2$

$|\Delta x_1| = |\Delta x_2|$

$2\Delta x_2 + h = \Delta x_2 \rightarrow \Delta x_2 = -\frac{mg}{k}$

или

$2\Delta x_2 + h = -\Delta x_2 \qquad \Delta x_2 = -\frac{mg}{3k}$

$\Delta x_1' = -\frac{2mg}{k} + \frac{mg}{k}$

$\Delta x_1 = -\frac{2}{3}\frac{mg}{k} + \frac{mg}{k} = \frac{mg}{3k}$

$ma = kx = \frac{mg}{3} \rightarrow a = \frac{g}{3}$ +

$\Delta x = 0$

0 пот.

$x_2 = \frac{2}{3}\frac{mg}{k} \qquad x_1 = \frac{4}{3}\frac{mg}{k}$

x'

$-\frac{2}{3}\frac{mg}{k}\cdot mg + \frac{mv_1^2}{2} + \frac{k\cdot\frac{4}{9}(mg)^2}{2k^2} = -\frac{4}{3}\frac{(mg)^2}{k} + \frac{mv_2^2}{2} + \frac{k\cdot\frac{16}{9}(mg)^2}{2k^2}$

$\frac{mv_1^2}{2} + \left(\frac{2}{9} - \frac{2}{3}\right)\frac{mg^2}{k} = \frac{mv_2^2}{2} + \left(\frac{8}{9} - \frac{4}{3}\right)\frac{mg^2}{k}$

$= 1$ +

$\cancel{\frac{2-6}{9}\frac{mg^2}{k} = \frac{8-12}{9}}$

$\frac{kx'^2}{2} = 2\frac{(mg)^2}{k}$

$-mgx' + \frac{kx'^2}{2} = 0 \qquad \frac{kx'}{2} = mg \qquad x' = \frac{2mg}{k}$

$-mgh + \frac{kh^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = 0 \qquad \frac{mv^2}{2} = mgh - \frac{kh^2}{2} = \frac{(mg)^2}{k} - \frac{(mg)^2}{2k} = \frac{(mg)^2}{2k}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)