

Олимпиада «Физтех» по физике, 6

Класс 11

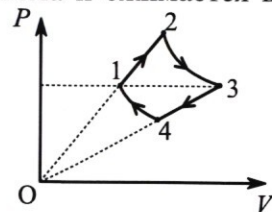
Вариант 11-08

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 4 раза, а модули ускорений равны.

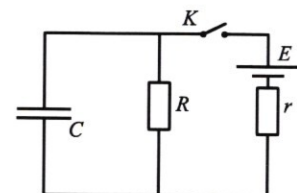
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . 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. В процессе 3-4 давление газа уменьшается в $k = 1,7$ раза. Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.



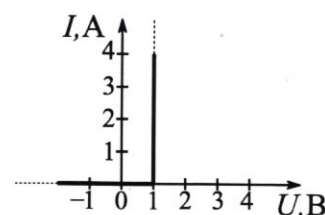
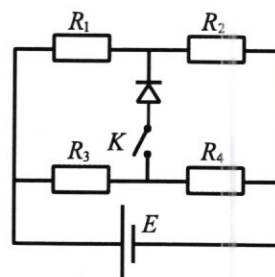
- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение объемов газа в состояниях 2 и 4.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 3-4.

3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 4R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



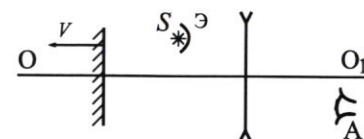
- 1) Найти ток, текущий через резистор R , сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти напряжение на конденсаторе сразу после размыкания ключа.
- 3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.

4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_4 = 15$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.



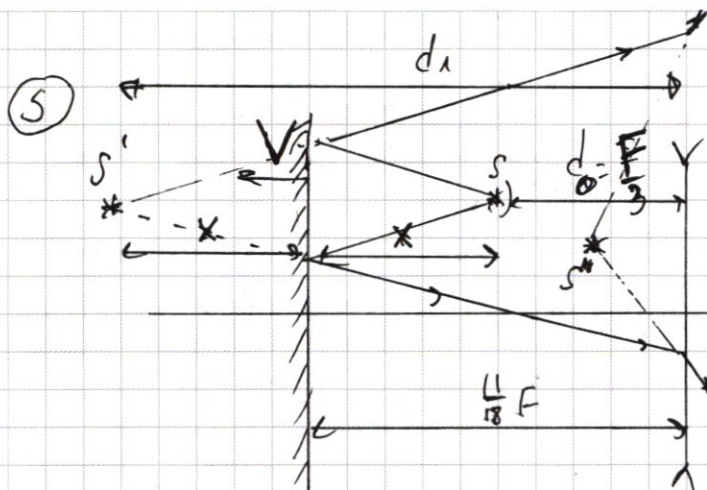
- 1) Найти ток через резистор R_1 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_3 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_3 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 0,8$ Вт?

5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, 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 OO_1 . Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/3$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $11F/18$ от линзы.



- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Купна S' - изображение
источника в выпукл.
зеркале.

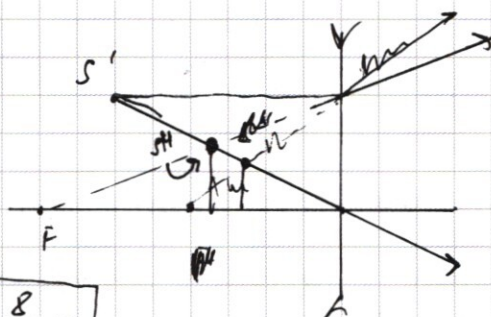
Поча ели x -

- расстояние от источника до зеркала, поча d_1 -
расстояние от изображения источника до линзы, и

$$d_1 = 2x + d_0$$

$$x = \frac{11}{18}F - \frac{F}{3} = \frac{11}{18}F - \frac{6}{18}F = \frac{5}{18}F \rightarrow d_1 = \frac{10}{18}F + \frac{F}{3} = \frac{16}{18}F =$$

$= \frac{8}{9}F$. П.и. линза рассеивающая, то изображение S'' будет
мнимым.



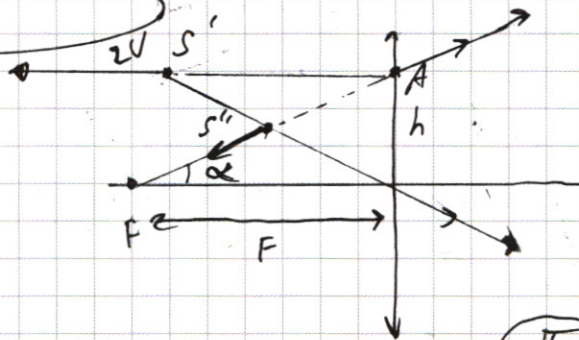
Купна f_1 - расстояние
от линзы до S''

$$-\frac{1}{F} = \frac{9}{8F} - \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{17}{8F} \rightarrow f_1 = \frac{8}{17}F$$

Если скорость зеркала равна V , то скорость S'
должна быть равна $2V$ и быть направлена со
скоростью V

S - проекция



проекция
скорости совпадает,
а точка A ~~находится~~
* - пересечение

проекция

Проекция полной скорости
совпадает

$V_{1,2||}$ - продольная скорость
 $V_{1,2\perp}$ - поперечная скорость

скорости делит на мизе $\rightarrow$

$$\tan \alpha = \frac{h}{F} = \frac{\frac{8F}{15}}{F} = \frac{8}{15} \quad V_1 = 2V$$

$$\Gamma = \frac{f_1}{d_1} = \frac{\frac{8}{12}}{\frac{8}{9}} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4}$$

- поперечное
ускорение

$$V_{2||} = V_{1||} \cdot \Gamma^2 = 2V \cdot \frac{9^2}{12^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{2\perp} = V_{2||} \cdot \tan \alpha = 2V \cdot \frac{9^2}{12^2} \cdot \frac{8}{15}$$

$$V_2 = \sqrt{V_{2||}^2 + V_{2\perp}^2} = 2V \sqrt{\frac{9^4}{12^4} + \frac{9^4}{12^4} \cdot \frac{8^2}{15^2}} = 2V \cdot \frac{9^2}{12^2} \sqrt{1 + \frac{8^2}{15^2}} = \frac{2V \cdot 9^2}{12^2} \cdot \frac{17}{15} =$$

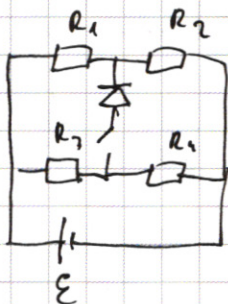
$$= \frac{162}{255} V = \frac{54}{85} V$$

Ответ: а) $\frac{8}{12} F$, по той же стороне что и
имеем

б) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$

в) $V_2 = \frac{54}{85} V$

4)



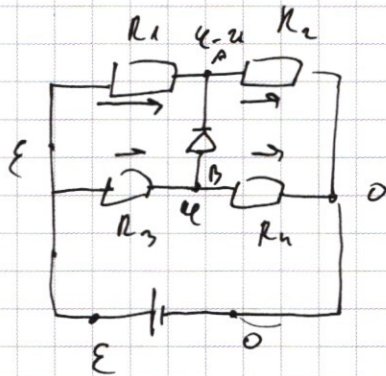
1) Если мост сбалансирован, то $I_1 = I_2$,
запишем правило Кирхгофа:

$$I_1 R_1 + I_1 R_2 = \mathcal{E} \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} = \frac{10}{10} = 1 A$$

2) Вольтметр показывает ноль, когда напряжение на нем
равно нулю, но ток через него все же идет. Пусть такое
 R_3 , при этом $R_3 \leq R_2$, ~~напряжение будет равно нулю~~
тогда будет течь.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\mathcal{U}$ - напряжение



I_i - ток на i резисторе

$\mathcal{U}_0$ - напряжение на i резисторе

т.е. ток в ветви диода не идет,
то ток в ветви резисторов

исчислит и равен $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$

Тогда ветви Аномальной $\mathcal{U} - \mathcal{U}_0$
показу ветви Внутренней $\mathcal{U}$.

$$\mathcal{U} - \mathcal{U}_0 = I_1 \cdot R_2 = \frac{\mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2}$$

Тогда в ветви резисторов
постоян $I_H = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4}$

$$\mathcal{U} = \frac{\mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2} + \mathcal{U}_0$$

$$\Rightarrow \mathcal{U} = \frac{\mathcal{E} R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{\mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2} + \mathcal{U}_0 = \frac{\mathcal{E} R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\Rightarrow R_3 + R_4 = \frac{\mathcal{E} R_4}{\frac{\mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2} + \mathcal{U}_0}$$

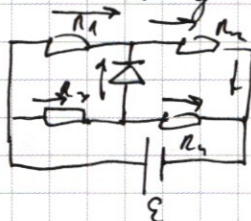
$$\Rightarrow R_3 = \frac{\mathcal{E} R_4}{\frac{\mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2} + \mathcal{U}_0} - R_4 = \frac{150}{\frac{10}{10} + 1} - 15 =$$

$= 10 \text{ Ом}$. Если $R_3 \leq 10 \text{ Ом}$ то ток пойдет

3) При любой силе тока, напряжение на диоде $= \mathcal{U}_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ ток I_1 - ток на диоде. тогда $P_1 = I_1 \cdot \mathcal{U}_0 = 0,8 \text{ Вт} \Rightarrow$

$$\Rightarrow I_1 = 0,8 \text{ А}$$



$$\begin{cases} I_2 = I_1 + I_1 \\ I_1 R_1 + I_2 R_2 = \mathcal{E} \end{cases}$$

$$I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_1 R_2 = \mathcal{E} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E} - I_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

4. Программы

$$I_1 = \frac{\mathcal{E} - I R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 - 4}{10} = 0,6 \text{ A}$$

$$U_{12} I_{1k1} = 0,6 \cdot 5 = 3B \rightarrow U - u = 7B \rightarrow U = 8B$$

$$\begin{cases} I_3 R_3 + (I_3 - I_4) R_4 = \mathcal{E} \\ (I_3 - I_4) R_4 = \mathcal{U} \end{cases} \rightarrow I_3 = \frac{\mathcal{U}}{R_4} \text{ , } I_4 = \frac{8}{15} \text{ , } \frac{8}{10} = \frac{2}{3} \text{ A}$$

$$U_3: \mathcal{E} - \mathcal{U} = 2B$$

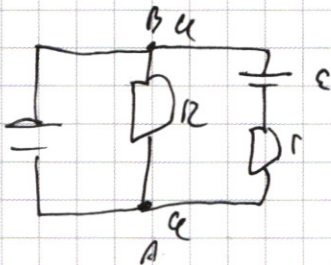
$$I_3 = \frac{u_3}{R_3} \rightarrow R_3 = \frac{u_3}{\frac{I_3}{3}} = 3 \Omega$$

Quem: 1) $I = 1A$

2) $R_3 < 10 \text{ Ohm}$

3) $R_3 = 3Q_m$

3) сразу после завершения, ~~процесса~~ ^{потери энергии} ~~потери энергии~~ на
нейрон ~~конвертируется~~ ^{равные} ~~оформляется~~, т.е. сразу после и
перезарядки $\rightarrow$ если в норме Временная $\mathcal{U}$, то
в $\mathcal{U}$ в норме А решена $\mathcal{U} \rightarrow$



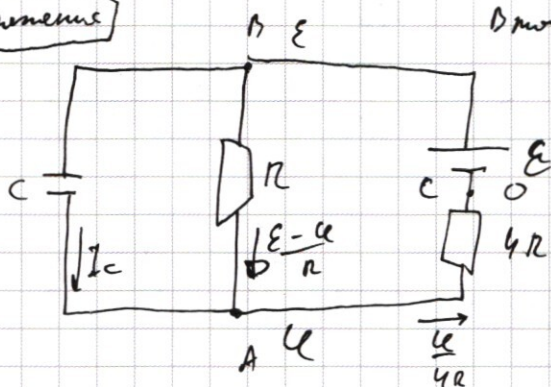
6 moduli A meherre $u \rightarrow$
 $\rightarrow$ moduli rezy $R \neq \emptyset$ $I = 0$

2) Таблица приращений может быть
 построена в том же виде, что и в пункте А. Тогда:

$$= 4$$
 Брусь после различных значений x — целое перемещение.
 $\Rightarrow U_c$ не изменяется $\Rightarrow$ можно считать U_c в качестве точки старта
 роста серии максимумов.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3-процентное



Drumme $A - C \rightarrow$ Tromm $B - E \rightarrow$ Tromm $C - O$

используют ростки зерен

$$W_c \in P = U_c \cdot I_c$$

$$U_c = \varepsilon - u$$

Заван сохранения устройства:

$$I_c + \frac{\mathcal{E} - U}{R} = \frac{U}{4R}$$

$$4I_c R + 4\varepsilon - 4a = 4$$

$$I_c = \frac{54 - 48}{4R} \rightarrow$$

$$\Rightarrow P = u_c \cdot I_c = (\varepsilon - u) \left(\frac{5u - 4\varepsilon}{4R} \right) = \frac{1}{4R} (5u\varepsilon - 5u^2 + 4\varepsilon u - 4\varepsilon^2) =$$

$$= \frac{1}{4R} (-5\epsilon^2 + 9\epsilon\epsilon - 4\epsilon^2)$$

Возьмем производную от ~~функции~~ P и
и прирав. 0

здесь найдем $\rho' = 0$

$$0 = P' = \frac{1}{4R} (-104 + 9E) = 0$$

$$104 = 28 \times 3$$

$$\rightarrow u = \frac{2}{10} \xi \quad \rightarrow u_c = \xi - \frac{2}{10} \xi = \frac{8}{10}$$

$$3) I_c = \frac{50 - 48}{40} = \frac{\frac{45}{10} - \frac{40}{10}}{40} = \frac{5}{40} \frac{V}{\Omega} = \frac{1}{8} \frac{V}{\Omega} \rightarrow P_{max} = U_c \cdot I_c =$$

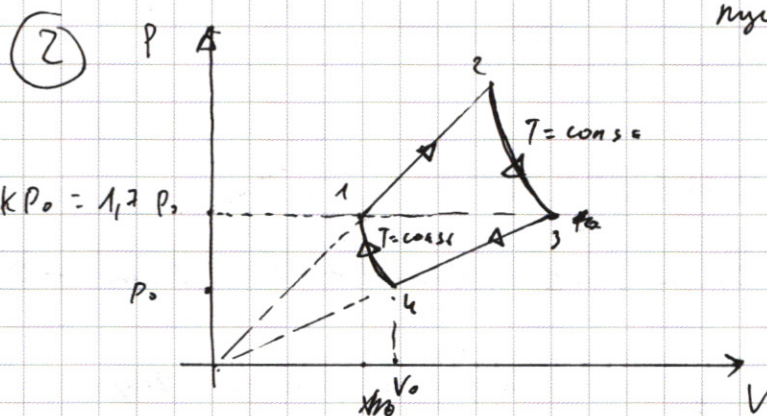
$$= \frac{\mathcal{E}}{10} \cdot \frac{1}{8} \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{1}{80} \frac{\mathcal{E}^2}{R}$$

Ombem!

1) $I = 0$

$$2) u_c \approx \frac{E}{10}$$

$$3) P_{max} = \frac{1}{80} \frac{\mathcal{E}^2}{R} = W'$$



пусть $P_4 = P_0 \rightarrow P_1 = P_3 = kP_0 \rightarrow$

$V_1 = V_0 \rightarrow V_3 = kV_0$

$T_1 = T_4$

$T_2 = T_3$

~~или~~

$\frac{P_3 V_3}{P_4 V_4} = k^2$, но $\frac{P_3 V_3}{P_4 V_4} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow$

$\frac{P_3}{P_4} = k \begin{cases} P_3 V_3 = JRT_3 \\ P_4 V_4 = JRT_4 \end{cases}$

$\frac{V_3}{V_4} = k$

$\rightarrow T_3 = T_4 k^2 = T_1 \cdot k^2 \rightarrow T_2 = T_1 k^2$

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}, \frac{P_1}{P_3} = \frac{V_1}{V_3}$

$T_3 = T_1 k^2$

$\begin{cases} P_1 V_1 = JRT_1 \\ P_2 V_2 = JRT_2 \end{cases} \quad \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_1}{T_1 k^2} = \frac{1}{k^2} \rightarrow P_2 = P_1 k = kP_0 = P_3 k = P_0 k^2$
 $V_2 = V_1 k$

$P_2 V_2 = P_3 V_3, \Rightarrow k^2 P_0 V_2 = k^2 P_0 V_0 \rightarrow \frac{V_2}{V_0} = 1, V_2 = V_4 \rightarrow$
м.а. изотерм

$\rightarrow V_2 = V_4$

пусть C - ~~маленькая~~ ~~температура~~ ~~температура~~

$Q = A + \Delta U$

На участке 3-4 - работа газа

отрицательная, энергия газа уменьшается, а тепло
полностью отводится.

$C \Delta T = \frac{(P_3 + P_4)(V_3 - V_4)}{2} + C_V \Delta T$

$P_0 V_0 = JRT_1$

$C \Delta T = \frac{P_0 (k+1) V_0 (k-1)}{2} + C_V \Delta T$
 $T_3 - T_4 = T_1 k^2 - T_1 = T_1 (k^2 - 1)$

$C \Delta T_1 (k^2 - 1) = \frac{JRT_1}{2} (k^2 - 1) + C_V \Delta T_1 (k^2 - 1)$

$C = C_V + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R + \frac{R}{2} = 2R$

Ответ:

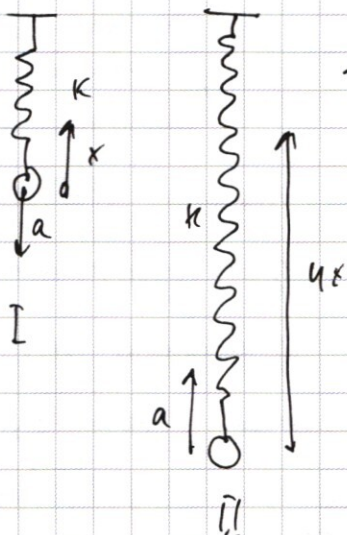
1) $T_3 = T_1 k^2 = 2,89 T_1$

2) $V_2 = V_4, \frac{V_2}{V_4} = 1$

3) $C_{3-4} = C_V + \frac{R}{2} = 2R$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



1) Если шар оттянуть в 4 раза со
стороны пружины → удлинится
оттяжение в 4 раза. Возникнет
сильнее ускорение а направлено
вниз, в сторону вверх
Затем же 2-й З.И.

Пусть у пружины
жесткость k ,
у ~~массы~~ масса m
шарика

$$I \begin{cases} ma = mg - kx & / 4 \end{cases}$$

$$II \begin{cases} ma = 4kx - mg \end{cases}$$

$$5ma = 3mg$$

$$\boxed{a = \frac{3g}{5}}$$

2) Запишем закон сохранения энергии для обеих ситуаций:

$$\begin{cases} mgx = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} \\ mg4x = 16 \frac{kx^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \end{cases}$$

$$U_2 \text{ в З.И.: } \frac{3}{5}mg = mg - kx \rightarrow$$

$$\rightarrow kx = \frac{2}{5}mg$$

$$x = \frac{2mg}{5k}$$

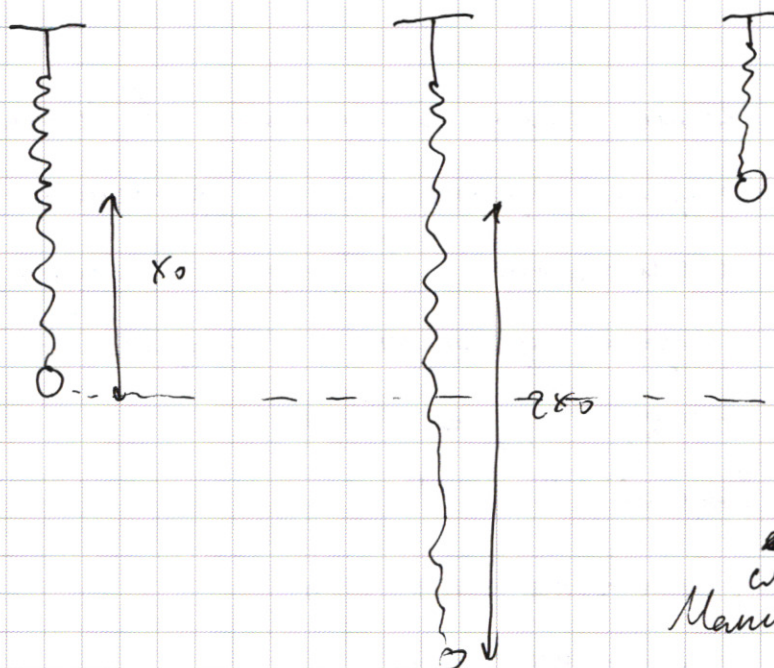
$$\begin{cases} \frac{2m^2g^2}{5k} = \frac{4m^2g^2}{2 \cdot 25 \cdot k} + \frac{mv_1^2}{2} \\ \frac{4 \cdot 2m^2g^2}{5k} = 16 \cdot \frac{4m^2g^2}{2 \cdot 25 \cdot k} + \frac{mv_2^2}{2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{16m^2g^2}{2 \cdot 25 \cdot k} = \frac{mv_1^2}{2} \\ \frac{16m^2g^2}{2 \cdot 25 \cdot k} = \frac{mv_2^2}{2} \end{cases} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{16}{16} = 1}$$

1- Прогнозы

3) Пусть x_0 - положение равновесия. Тогда.

В этот момент пружина шарик будет находиться, как с



с Амплитудой
 x_0 отн. положение
равновесия.
Максимум

энергии деформации,
будет при максимальном
удлинении т.е.

шарик упирается
на $2x_0$. (в этот
момент $E_k = 0$)
Максимум кинетической

энергии, достигается когда скорость максимальна, а момент
максимален, когда ~~удлинение~~ удлинение шарика $= 0$, т.е.

он проходит положение равновесия. Значим 2

закона сохранения энергии и 2. И тогда $mg = kx_0$

$$\begin{cases} mgx_0 = \frac{kx_0^2}{2} + E_k \\ \text{т.е. } \frac{kx_0^2}{2} = E_k \\ 2mgx_0 = E_g \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{kx_0^2}{2} = E_k \\ 2kx_0^2 = E_g \end{cases} \rightarrow \frac{E_g}{E_k} = \frac{2kx_0^2}{\frac{kx_0^2}{2}} = 4$$

Ответ: 1) $a = \frac{3}{5}g$

2) $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{1}{4}$

3) $\frac{E_{gmax}}{E_{kmax}} = 4$

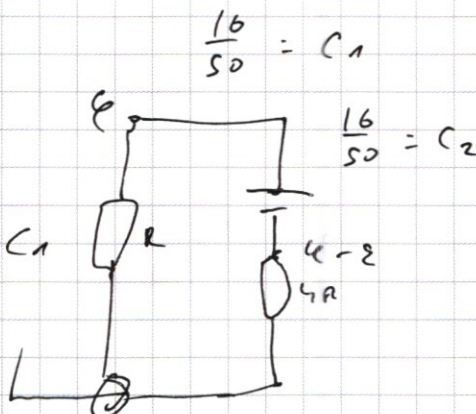
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{8}{15} + \frac{8}{10} = \frac{16 + 16}{30} = \frac{32}{30} = \frac{16}{15}$$



$$\frac{2}{5} = \frac{4}{50} + C_1$$

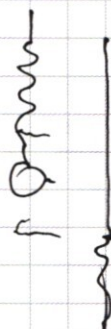
$$\frac{8}{5} = \frac{64}{50} + C_1$$



$$225 + 64 = 289 =$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 17 \\ -17 \\ \hline 119 \\ 27 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 17 \\ -15 \\ \hline 85 \\ 17 \\ \hline 255 \end{array}$$

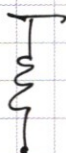


$$I_c + \frac{4}{R} = \frac{\varepsilon - 4}{4R}$$

$$4R I_c + 4\varepsilon = \varepsilon - 4$$

$$I_c = \frac{\varepsilon - 54}{4R}$$

x



$$mg = kx_0$$

$$\frac{mg}{k} = x_0$$

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

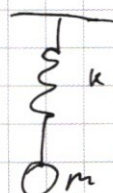
$$\frac{4\varepsilon - 54^2}{4R}$$

$$\varepsilon - 104 = 0$$

$$4 = \frac{\varepsilon}{10}$$

$$x = A \cos \omega t$$

$$a = -\omega^2 A \cos \omega t$$



$$mg = kx_0$$

$$x = 4x$$

$$\frac{2}{5} mg = mg - kx$$

$$mg - kx = mg - kx$$

$$kx = \frac{2}{5} mg$$

$$ma = 4kx - mg$$

$$x = \frac{2mg}{5k}$$

$$5ma = 2mg$$

$$a = \frac{2}{5} g$$

$$mgx = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$4mgx = \frac{16kx^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{(mv)^2}{2k} = 2$$

$$mgy = kx$$

$$mgy = \frac{kx^2}{2} + E_n$$

$$\frac{kx^2}{2} = E_n$$

$$mgy = \frac{kx^2}{2} = E_n$$

$$2kx^2 = E_n$$

(4)

$$\cos \alpha = \frac{8}{15}$$

$$\cos \alpha \quad \cos^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1} =$$

$$= \frac{1}{\frac{63+27}{225}} = \frac{15}{17} \rightarrow \sqrt{16+1} = 28$$

$$\rightarrow \sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$V_{2n} = 2V \cdot \frac{9}{17^2} \rightarrow V_2 = 2V \cdot \frac{9}{17^2} = \frac{12}{15} =$$

$$\lambda = \frac{2mg}{5n}$$

$$\frac{2m^2g^2}{5n} = \frac{4m^2g^2}{50n} = E_{n1}$$

$$\frac{8m^2g^2}{5n} = \frac{64m^2g^2}{50n} = E_{n2}$$

$$\frac{16m^2g^2}{50n} = E_{n1}$$

$$\frac{16m^2g^2}{50n} = E_{n2}$$