

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

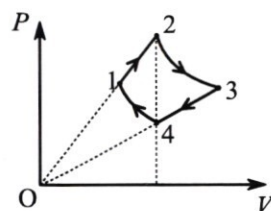
Вариант 11-07

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

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 3 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.

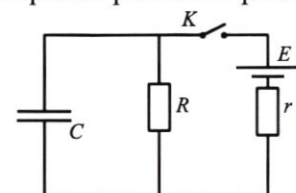
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k = 1,8$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной 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.

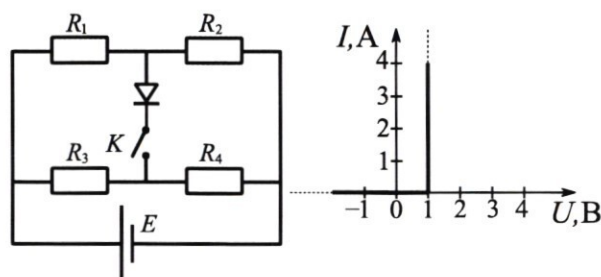
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 3R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

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



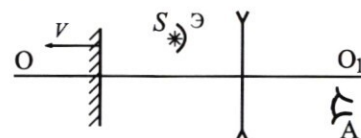
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 1) Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_1 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 2$ 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 OO_1 . Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии F от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/2$ 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

№2

- 1) P_1 - давление в 1-ом с-ии, P_2 - давление во 2-ом с-ии
 V_1 - объем в 1-ом с-ии, V_2 - объем во 2-ом с-ии
 T_1 - температура в 1-ом с-ии, T_2 - температура в 2-ом с-ии.

α - коэффициент пропорциональности между P и P .

$$(*) \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad P_1 = V_1 \cdot \alpha; \quad P_2 = V_2 \cdot \alpha \Rightarrow \frac{V_1^2}{T_1} = \frac{V_2^2}{T_2} \quad V_2 = 1,8 V_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{T_1} = \frac{3,24}{T_2} \Rightarrow T_2 = 3,24 T_1$$

исходя из этого выражения справедливо

- 2) P_3 и P_4 - давление в 3-ем и 4-ом с-ии; V_3 и V_4 - объемы в 3-ем и 4-ом с-ии
 T_3 и T_4 - температур в 3-ем и 4-ом состояниях

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4}; \quad T_4 = T_1; \quad \gamma - \text{коэффициент пропорциональности между } V \text{ и } P \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_3 V_3 \cdot \gamma \cdot V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4 \cdot \gamma \cdot V_4}{T_1}; \quad \frac{V_3^2}{T_3} = \frac{V_4^2}{T_1}; \quad V_4 = V_2 \Rightarrow \frac{V_3^2}{T_3} = \frac{V_2^2}{T_1}$$

$$T_3 = T_2 \Rightarrow \frac{V_3^2}{3,24 T_1} = \frac{V_2^2}{T_1} \Rightarrow \frac{V_3^2}{3,24} = V_2^2; \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{\gamma R T_1 \cdot V_2}{V_1 \cdot \gamma R T_2} = \frac{1}{1,8}$$

V - коэффициент пропорциональности

P - первая поправка

$$P_3 V_3 = P_2 V_2 \quad V_2 = \frac{P_3 V_3}{P_2} \Rightarrow \frac{V_3^2}{3,24} = \frac{P_3^2 V_3^2}{P_2^2}$$

$$\frac{1}{3,24} = \frac{P_3^2}{P_2^2} \Rightarrow \frac{1}{1,8} = \frac{P_3}{P_2} \cdot \frac{1}{1,8} = \frac{P_3}{1,8 P_1} \Rightarrow P_3 = P_1$$

3) Q_1 - теплота, переданная во время того пр-сса.

$$Q_1 = A' + \Delta U_1 = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_1) =$$

↑
работа
газа
в том
пр-ссе
↑
изменились
энергии
газа
в том
пр-ссе

$$= \frac{1}{2} \gamma R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_1) = 2 \gamma R T_2 - T_1$$

Но при этом $Q = C \cdot \nu \cdot (T_2 - T_1)$
 теплоемкость в том пр-ссе.

$$C = \frac{Q}{\nu (T_2 - T_1)} = \frac{2 \gamma R (T_2 - T_1)}{\nu (T_2 - T_1)} = 2R$$

Ответ: 1) $T_2 = 3,24 T_1$; 2) $P_1 : P_2 = 1 : 1$; 3) $C = 2R$
~~№4~~ №3

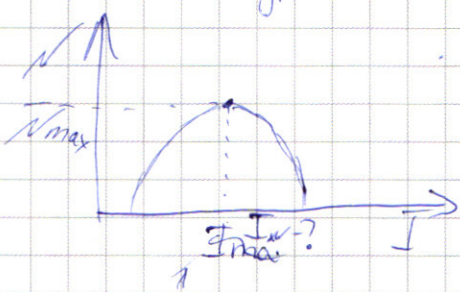
1) В какой первый момент ток через источник
 будет равен $I_1 = \frac{E}{R+r} = \frac{E}{R+3R} = \frac{E}{4R}$ т.к. он сразу пойдет
 к конденсатору.

2) $N = UI$ ↑
среднее значение
напряжения

$E = U + 3IR$ ↑
ток через
конденсатор

$$\Rightarrow N = EI - 3I^2 R$$

Это квадратичная функция:



коэффициент
при I^2 отрицате-
лен $\Rightarrow$ максимум
в начале

$$I_{cr} = -\frac{E}{-3 \cdot 2 \cdot R} = \frac{E}{6R}$$

3) После размыкания ключа конденсатор разрядится и
 количество выделившейся теплоты будет равно энергии на конденсаторе
 перед замыканием: $Q = \frac{CU^2}{2}$; $U = E - IR = U = E - I \cdot 3R = E - \frac{E \cdot 3R}{6R}$
 $U = \frac{E}{2}$; $Q = \frac{C(E/2)^2}{2} = \frac{CE^2}{8}$

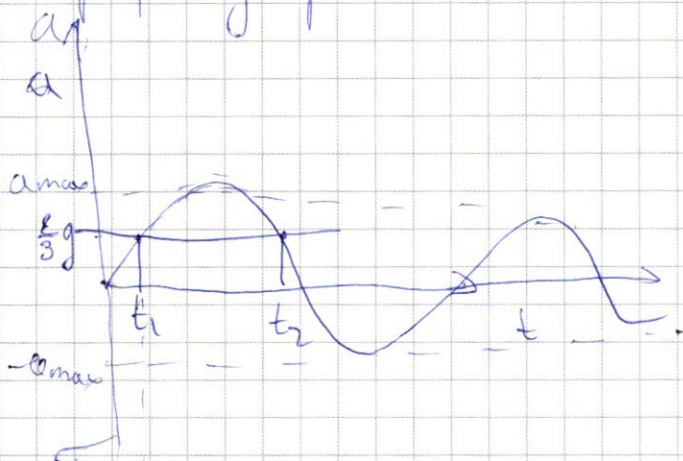
Ответ: 1) $\frac{E}{4R} = I_1$ 2) $I_{cr} = \frac{E}{6R}$ 3) $Q = \frac{CE^2}{8}$ $Q = CE^2/8$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

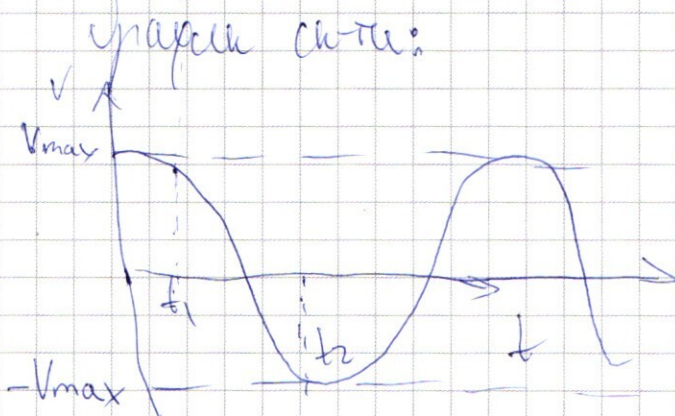
№3 №1

1) $3kx = mg$ весовая пружина $\Rightarrow ma = mg - kx = mg - \frac{1}{3}mg = \frac{2}{3}mg \Rightarrow a = \frac{2}{3}g$ увеличение в 2/3 от g

2) Пружина будет колебаться и эти колебания будут гармоническими.
График ускорения:



За время t_1 и t_2 шарик обогнал в моменты времени t_1 и t_2 .



Скорости в эти моменты времени равны по модулю и направлению противоположно.

$$a_{\max} \sin \omega t_1 = a_{\max} \sin \omega t_2$$

$$\sin \omega t_1 = \sin \omega t_2$$

$$\cos \omega t_1 = \cos \omega t_2$$

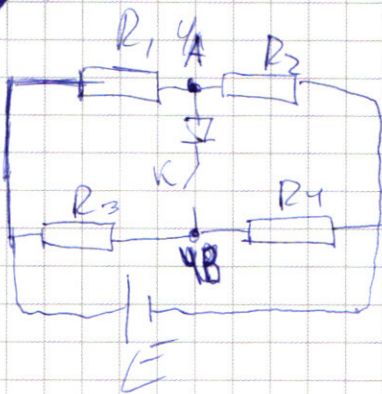
$$v_{\max} \cos \omega t_1 = v_{\max} \cos \omega t_2$$

Значит ωt_1 отклонение колебательных энергий в этот момент времени равно нулю.

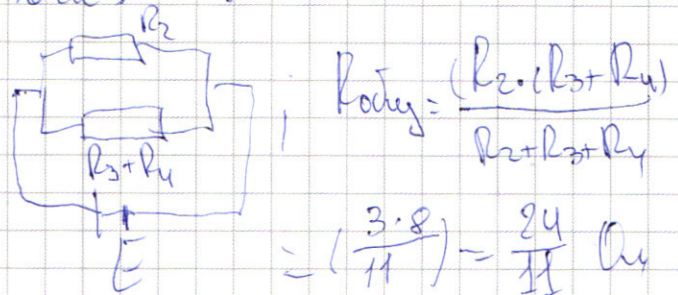
3)

Ответ: 1) $a = \frac{2}{3} g$; 2) $\frac{1}{1}$; 3)

✓ 4



1) Экв. схема для размыкнутого вольтметра:



$$R_{\text{общ}} = \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} = \left(\frac{3 \cdot 8}{11} \right) = \frac{24}{11} \text{ Ом}$$

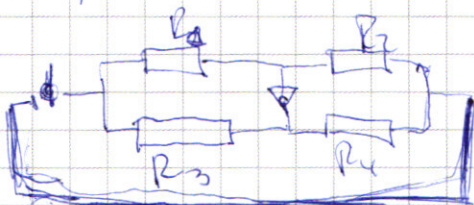
$$I_6 = \frac{E}{R_{\text{общ}}} = 1 \text{ А}$$

$$I_{R_2} \cdot R_2 = I_{R_3} (R_3 + R_4)$$

$$\frac{I_{R_3}}{I_{R_2}} = \frac{R_2}{R_3 + R_4} = \frac{3}{8} \Rightarrow I_{R_3} = \frac{3}{11} \cdot I_6 = \underline{\underline{1 \text{ А}}}$$

I_6 течет во всей цепи $I_6 = E / R_{\text{общ}}$
поток на резисторе R_3
 $770 \cdot \frac{I_6 \cdot R_2}{R_2 + R_3 + R_4} = E$

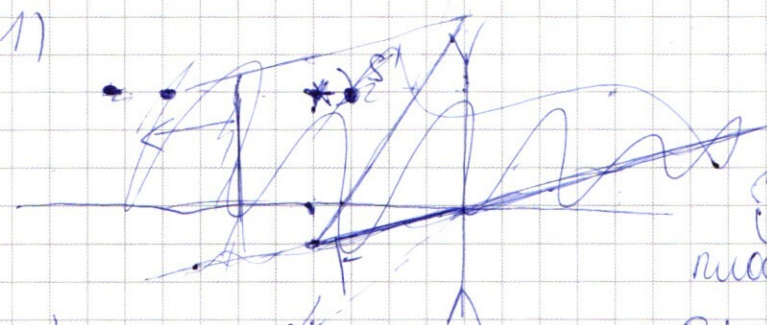
2) Чтобы ток потёк через диод, нужно, чтобы напряжение $U_A - U_B = U_0$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $1A$; 2)
 $N5$ $N5$

1)



$r_{\text{не от источника}}$
 $r_{\text{до зеркала}} = \frac{F}{2}$

$r_{\text{не от источника до}}$
 $r_{\text{плоскости зеркала}} = \frac{F}{2}$

Значит, $r_{\text{не от источника}}$
 $r_{\text{до зеркала}} = F + F = 2F$

S' — изображение
вещи
 A предмета
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d}$

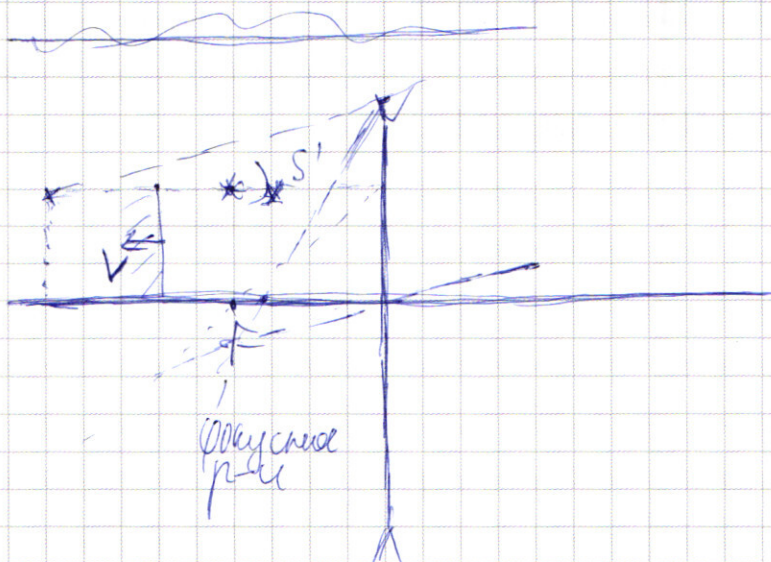
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d}$$

$$\phi = \frac{Fd}{F+d} = \frac{2F^2}{3F} = \frac{2}{3}F \quad (\text{по ту сторону линзы, где есть зеркало})$$

2)

✓ рисунок там

2)



3) $U = \Gamma V$

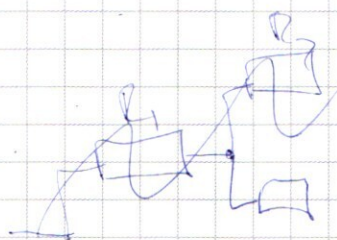
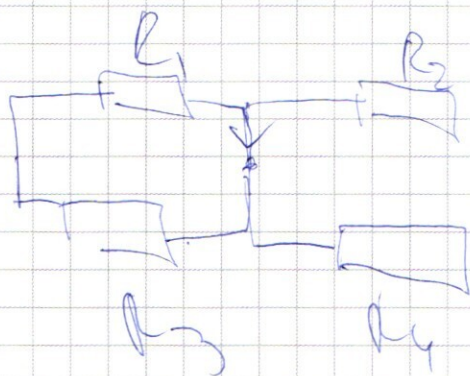
Ответ: 1) $\frac{2}{3} F$; 2) 3)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

что за энергия выделяется?
Итак. Рмакс

$$U = E - IR = E - \frac{E}{3R} = E - \frac{E}{2} = \frac{E}{2}$$

$$Q = \frac{UI^2}{2} = \frac{CE^2}{4 \cdot 2} = \frac{CE^2}{8}$$

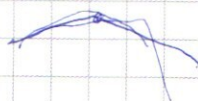


$$IR_3 = IR_1 - U_0 = IR_3$$

$$\parallel IR_1 = \frac{IR_3}{3} + U_0$$

$R_2 = R$

I_1



$$\frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{geo max}}} =$$

$$m \cancel{mgx} = \frac{kx^2}{2} + mgx - \left(\frac{mx'}{2}\right)^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$= kx^2 + 2mgx = \frac{mx'}{2}$$

$$\frac{kx^2}{2} + mgx = \frac{m(x')^2}{2}$$

$$\frac{m(x')^2}{2}$$

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

$$\frac{kx^2}{2} \cancel{mgx}$$

$$\frac{x^2 \omega^2 \cdot m}{2}$$

$$1 = \frac{mgx}{\frac{kx^2}{2}}$$

$$kx^2 + 2mgx = c$$

$$\frac{2mg}{kx} \cdot 1$$

$$k(a \sin \omega t)^2$$

$$x_{\text{max}} \cdot \sin \omega t$$

$$x_{\text{max}} \cdot \omega \cos \omega t$$

$$\frac{k \cdot x_{\text{max}}^2}{2} + mgx_{\text{max}} = \frac{x_{\text{max}}^2 \cdot k}{2} \cdot \pi$$

$$\frac{kx^2}{2} + mgx_{\text{max}} = \frac{kx^2}{2}$$

$$E_{\text{np}} + mgh = E_k$$

$$\frac{E_{\text{np}} + mgh}{E_{\text{np}}} = 1 + \frac{mgh}{E_{\text{np}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Легкая — нет массы

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$ma =$$

$$m x'' = kx - mg$$

$$m x'' = k(a \sin \omega t) - mg$$

$$m (a \sin \omega t)' = k(a \sin \omega t) - mg$$

$$a \sin \omega t = a \omega \cos \omega t$$

$$= a \omega^2 \sin t$$

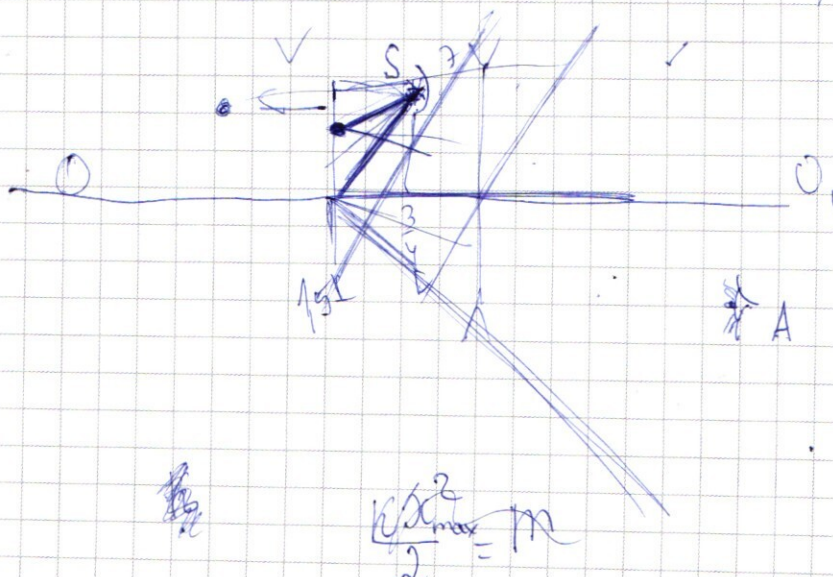
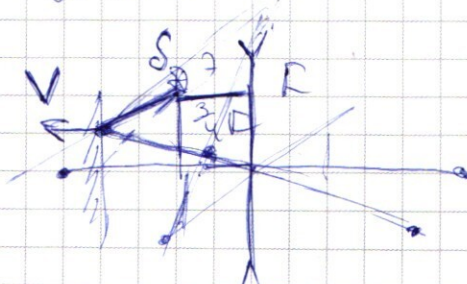
$$m a \omega^2 \sin \omega t = k a \sin \omega t - mg$$

$$ma = a k$$

1) из условия $mg = 3kx$

$$ma =$$

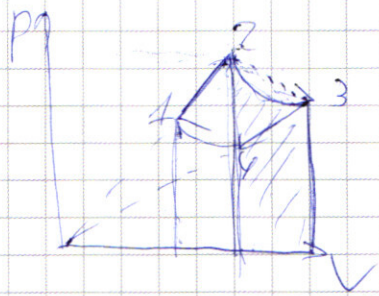
$$a \sin \omega t$$



$$\frac{kx^2}{2} = mgx + \frac{mx'^2}{2}$$

$$\frac{mx'^2}{2}$$

$$mgx$$



$$1-2: Q_1 = A'_1 + \Delta U_1 = Q_1 = pV_0,8pV_1 + \Delta U_1$$

$$2-3: Q_2 = A'_2$$

$$3-4: Q_3 = A'_3 + \Delta U_2$$

$$4-1: Q_4 = A'_4$$

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

$$Q_1 = \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1 + \Delta U_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{\nu RT_2}{V_2} V_2 - \frac{\nu RT_1}{V_1} V_1 \right) + \Delta U_1$$

$$= \frac{1}{2} (\nu RT_2 - \nu RT_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_1 = \boxed{2\nu R (T_2 - T_1)}$$

$$Q_2 = A'_2 \quad Q_3 = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = 2\nu R$$

$$pV = \nu RT \quad p_3 V_3 = p_2 V_2$$

$$Q_4 = A'_4$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$\boxed{C = \frac{Q}{\Delta T} = 2\nu R}$$

$$p = \frac{\nu RT_1}{V}$$

$$p = V_x \quad p_1 \cdot 1,8 V_1 =$$

$$p = \frac{1}{V} (\nu RT) = \frac{\nu RT_1}{V_1}$$

$$\frac{V_1 \cdot x V_1}{T_1} = \frac{V_2 \cdot x V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1^2}{T_1} = \frac{V_2^2}{T_2}$$

$$18 \cdot 18 \cdot 10$$

$$18 \cdot 10^{-4} \cdot 18 \cdot 10^{-1} = 18^2 \cdot 10^{-2}$$

18

$$18 \cdot 18 = 18(20-2)$$

$$= 18 \cdot 20 - 36$$

$$= 200$$

$$(10+8) \cdot 20 - 36$$

$$= 200 + 160 - 36$$

$$360 - 36$$

$$= 324 - 6$$

$$= 324$$

$$3,24$$

$$V_1^2 = 3,24 V_2^2$$

$$\frac{V_1^2}{T_1} = \frac{V_2^2}{T_2}$$

$$\frac{1}{T_1} = \frac{3,24}{T_2}$$

$$\boxed{T_2 = 3,24 T_1}$$

$$\frac{V_1^2}{T_1} = \frac{(1,8 V_2)^2}{T_2} = T_2$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 18 \\ \hline 144 \\ + 180 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ 18 \\ \times 18 \\ \hline 144 \\ + 180 \\ \hline 324 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_x = 4.8 V_T =$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\rho \cdot V_2}{\rho \cdot V_1}$$

$$P_2 \cdot 1,8 \text{ V}_1 = 3,24 \text{ T}_1 \cdot \sqrt{R}$$

$$P_3 \cdot V_3 = 3,24 T_1 \cdot v R$$

$$P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{P_2 \cdot V_2}{P_3}$$

$$\Rightarrow P_3 \cdot V_3 - P_4 \cdot V_4$$

$$P_2 V_2 = P_3 V_3 \quad (1)$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$p = \frac{\Delta R T_4}{V_4}$$

$$\frac{P_2 \cdot 1.8 \text{ k}}{T_2} = \frac{P_4 \cdot 1.4}{T_4}$$

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{V_2 T_1}{V_1 T_3}$$

$$\frac{V_3^2}{T_3} = \frac{V_4^2}{T_4}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_4}{T_4}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2 R T}{V_1 R T}$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \quad (2)$$

$$P_2 V = \gamma P_1 \Rightarrow P_2$$

$$P_3 V_3 = n R T_3$$

$$P_4 V_4 = \gamma R T_4$$

$$T_1 = P_1 V_1$$

$$\frac{V_3^2}{T_3} = \frac{V_2^2}{T_2}$$

$$= \frac{1}{3,24} \cdot \frac{V_3}{V_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V R T_2}{V R T_1} = \frac{324 \text{ K}}{273 \text{ K}}$$

Q. A

$$\frac{V_1^2}{3,24} = V_2^2$$

$$Q_3 = 2\sqrt{n}(\bar{T}_3 - \bar{T}_2)$$

Омывание давлением в пр-се

$$P.V_1 = \cancel{P} R_1$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \frac{V_2}{V_1}$$

$$P_2 V_2 = n R T_2$$

$$P_3 V_3 = P_1 V_1$$

$P_4 V_4 = P_1 V_1$

$$V_2 P_2 = V_3 P_3$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{2RT_1}{2RT_2} \cdot \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{18}$$

$$T_2 = \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_4}$$

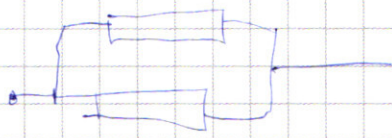
$$\frac{P_3 V_3}{T} = \frac{P_4 V_4}{T}$$

$$P_2^2 = P_3^2$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$$

$$\frac{13}{13} \quad \frac{14}{14}$$

$$T_3 = T_4$$



$$u = I \cdot R$$

$$ma =$$

$$mg = 3kx$$

$$kx = 3mg$$

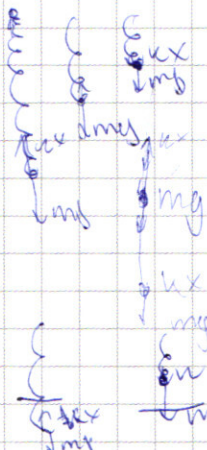
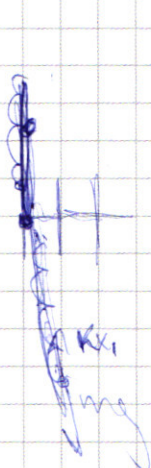
$$mg = 3kx$$

$$ma = 2mg$$

$$R = 2g$$

$$ma = \boxed{a = \frac{2}{3}g}$$

Asinaks



$$\sqrt{3}$$

$$I = \frac{E}{4R}$$

$$ma =$$

Рост энергии = мощность

$$N = UI ; E = U + IR$$

$$N = UI$$

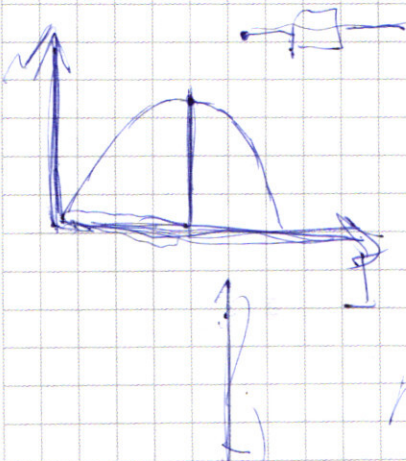
$$N = (U + IR)I$$

$$E = U + IR$$

$$N = EI - 3I^2R$$

$$U = E - 3IR$$

$$\boxed{I_0 = \frac{-E}{-3 \cdot 2R} = \frac{E}{6R}}$$



как разогнаться
много
будет?

$$\frac{Q}{2C}$$

V max

срб

$$I_0 = \frac{E}{6R}$$

$$Q = Q_2$$

$$Q = E_1 - E_2$$

как разогнаться много, так перестанет так



1