

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-07

Класс 11

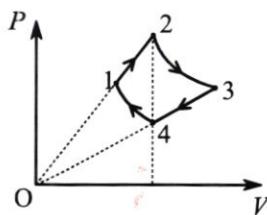
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

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.

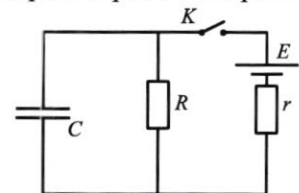
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k = 1,8$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной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



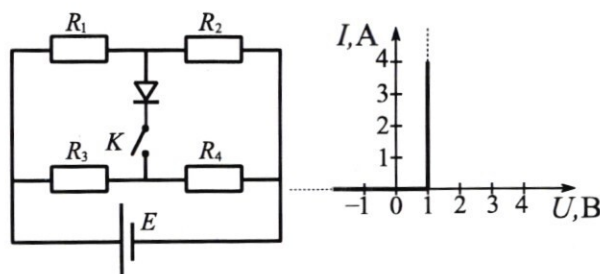
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 3R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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?



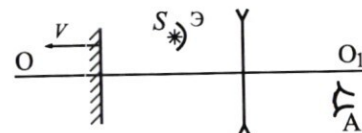
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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 А 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

Diagram: A particle moves with velocity V_0 towards a wall. It reflects and moves away with velocity V_1 . The distance from the wall to the particle is x . The angle of reflection is α .

Equations:

$$V_1 = 2V_0$$

$$\Delta t \cdot 2V_0 = 2\Delta x$$

$$\Delta x_2 = F_1 \cdot t_1; \frac{1}{F} = \frac{1}{2} + \frac{1}{F}$$

$$F_1 = \frac{F \cdot d}{d - F \cdot t_1}; F_2 = \frac{F(d + \Delta x)}{d + \Delta x - F}$$

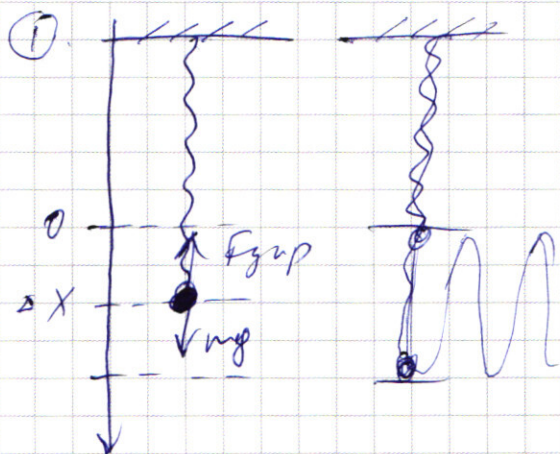
$$\left(\frac{F d}{d - \Delta x - F} + \frac{F \Delta x}{d + \Delta x - F} \right) \frac{2}{\sqrt{5}} = V_0 \Delta t$$

$$\Delta x = \frac{F(d + \Delta x)}{F + \Delta x} - \frac{F \Delta x}{F + \Delta x} = \frac{F(d + \Delta x) - F \Delta x}{F + \Delta x} = \frac{F d}{F + \Delta x}$$

$$\Delta x = \frac{F d}{F + \Delta x} \Rightarrow \Delta x(F + \Delta x) = F d \Rightarrow \Delta x^2 + F \Delta x - F d = 0$$

$$\Delta x = \frac{-F \pm \sqrt{F^2 + 4F d}}{2}$$

$$\Delta x = \frac{-F + \sqrt{F^2 + 4F d}}{2}$$



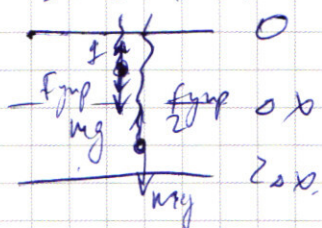
1) Условие равновесия:
 $F_{\text{ср}} = k \Delta x = mg$

пружина легкая. У пружины
 период можно пренебречь

Шарик на пружине - колеблется
 как маятник с $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Шарик колеблется вокруг Δx , т.к. при Δx $F_{\text{ср}} = mg$.
 Δx - положение равновесия шарика.
 на шар действуют 2 силы: $F_{\text{ср}}$ и mg сила тяжести.
 В нек. моменте $F_1 = F_2$ где F_1 и F_2 - силы упругости.

$$k \Delta x_1 = k \Delta x_2 \Rightarrow \Delta x_1 = \Delta x_2$$



В положении 1 и при $\Delta x_1 < \Delta x$
 $F_0 = F_{\text{ср}} - mg = mg$
 в положении 2 при $\Delta x_2 > \Delta x$
 $F_0 = F_{\text{ср}} - mg = mg$

$$F_2 > F_1 \Rightarrow F_2 = 3F_1$$

$$F = ma \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$3(F_0 - mg) = F_0 + mg$$

$$3F_0 - 3mg = F_0 + mg; \quad 2F_0 = 4mg \Rightarrow F_0 = 2mg$$

$$F_1 + mg = F_2 - mg; \quad k \Delta x_1 + mg = 3k \Delta x_1 - mg; \quad 2mg = 2k \Delta x_1$$

$$mg = k \Delta x_1; \quad 3k \Delta x_1 = mg; \quad 2mg = 4k \Delta x_1 = 2k \Delta x$$

$$\Delta x_1 = \frac{\Delta x}{2} \Rightarrow \Delta x_2 = \frac{3}{2} \Delta x$$

$$a = \frac{F_2 - F_1}{m} = \frac{F_2 - mg}{m} = \frac{3mg - mg}{m} = \frac{2mg}{m} = 2g$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

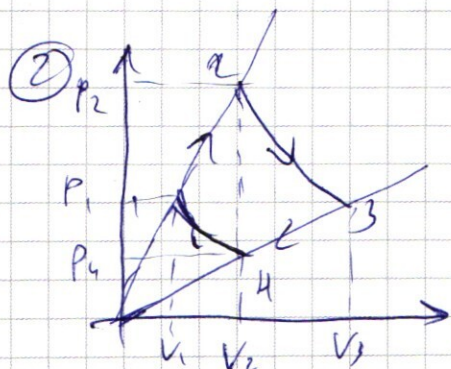
2х) колеб. происх. относит. $\Delta x = x$. Относительно
о.о. шар в положении 1 и 2 находится на одинак.
расстоянии $\Delta x = \frac{\Delta x}{2} = \frac{\Delta x}{2} = \Delta x = \frac{1}{2} \Delta x$.
Средн. пот. Δx 1 и 2 полож. одинак.; средн. инт.
кин. энергии тоже. $\frac{E_1}{E_2} = 1$. Ответ: 1

3х) Макс. крутизна сечения $\alpha = 2A = 20^\circ$.

$$E_m = \frac{k(20x)^2}{2} = 4 \frac{k\alpha x^2}{2}$$

$$E_{\text{кин. max}} = \frac{m v_{\text{max}}^2}{2} = \frac{k\alpha x^2}{2} \Rightarrow \frac{E_m}{E_k} = \frac{4 k\alpha x^2}{2 k\alpha x^2} = 2$$

Ответ: 4



1) $V_2 = V_1$; 2) $V_2 = K V_1 = 1,8 V_1$

3) $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_3}{K V_1}$

$P_2 = P_1 K$

$P_2 V_2 = P_1 K \cdot V_1 K = P_1 V_1 K^2 = \mu R T_1 K^2$

$P_1 V_1 = \mu R T_1$

$\mu R \Delta T = P_2 V_2 - P_1 V_1$; $\Delta T = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\mu R} = \frac{\mu R T_1 (K^2 - 1)}{\mu R} = T_1 (3,24 - 1)$

$= T_1 \cdot 2,24$

Ответ: $T_2 = T_1 \cdot 2,24$

2) $T_2 = T_3 \Rightarrow P_2 V_2 = P_3 V_3 \Rightarrow P_3 = \frac{P_1 V_1 K^2}{V_3}$

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

$\frac{P_2}{V_1} = \frac{P_3}{V_3} \Rightarrow \frac{P_1}{K V_1} = \frac{P_1}{V_1 K^2} = \frac{P_1 V_1 K^2}{V_3^2} \Rightarrow V_3 = V_1 K^2$

$P_3 = \frac{P_1 V_1 K^2}{V_1 K^2} = P_1$ Ответ: 1

3) $Q_{12} = \delta U_{12} + A_{12}$ тк $q_{12} = 0$ - конденсатор.

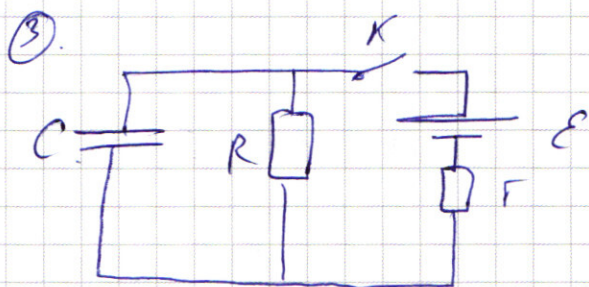
$$Q_{12} = \frac{3}{2} \mu R_0 T + \frac{(V_2 - V_1)(P_2 + P_1)}{2} = \frac{3}{2} \mu R_0 T + \frac{V_2 P_2 - V_1 P_2 + V_1 P_1 - V_1 P_2}{2}$$

$$= \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{V_2 P_2}{2} - \frac{P_1 V_1}{2} = 2 P_2 V_2 - 2 P_1 V_1 = 2 \mu R_0 T?$$

$$= C \Delta T; \quad C = 2 \mu R$$

$$C = \frac{2 \frac{m}{\text{м}} R}{\frac{\text{дл}}{\text{дл}}} = \frac{2 m R}{R^2}$$

Ответ: $C = \frac{2 \mu R}{\text{м}^2} \frac{\text{мол} \cdot R_0}{K}$



1) сразу после замыкания

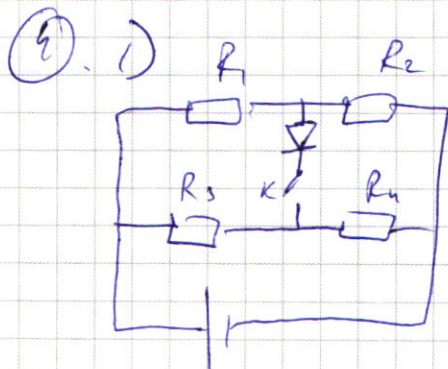
$$I_{\text{через } C} = I_C = I_0.$$

$$I_R = 0 \text{ тк } R_C = 0.$$

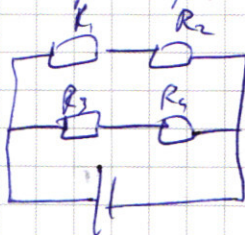
$$\text{тк } U_C = 0.$$

$$\text{через } R_0 = r = 3R. \Rightarrow I_0 = \frac{\varepsilon}{3R} = I_C$$

Ответ: $\frac{\varepsilon}{3R}$.



1) при разомкнутом ключе.



$$R_1, R_2 \text{ и } R_3, R_4$$

согласно

$$\text{через } U_{R1} = U_{R2} =$$

$$\varepsilon \cdot U_{R1} + U_{R4} = \varepsilon.$$

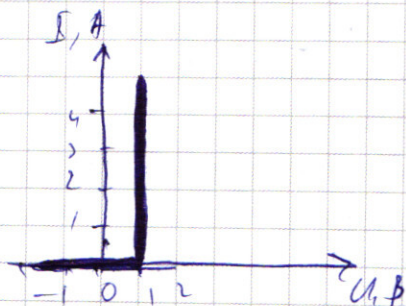
$$R_3 = 6 \text{ Ом} \quad R_4 = 2 \text{ Ом}$$

$$I_3 = I_4 \text{ следовательно } \frac{U_{R1}}{U_{R2}} = \frac{6}{2} = 3.$$

$$U_{R3} = \frac{3}{4} \varepsilon = \frac{3}{4} \cdot 8 = 6 \text{ В}$$

$$I_{R3} = \frac{U_{R3}}{R_3} = \frac{6}{6} = 1 \text{ А}$$

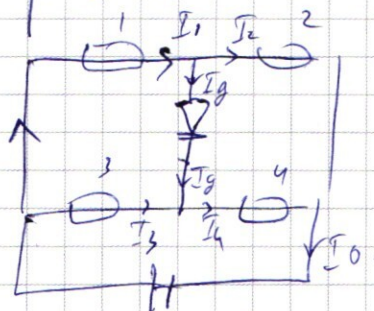
Ответ: 1 А



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а). при замыкании ключа К: $U_{R2} = U_g + U_{R4}$

См. ВАХ диода:
при пробое ток через
диод, но $U_g \neq 0$.

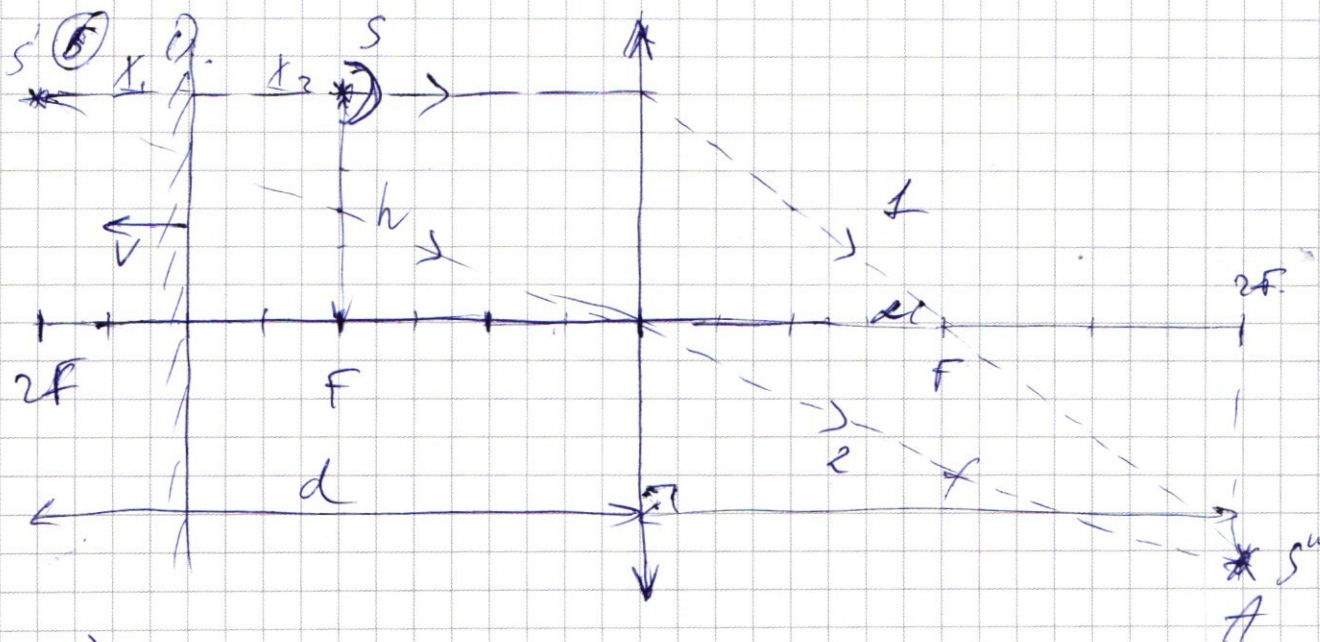


$$I_0 = I_2 + I_4 = I_1 + I_3$$

$$I_1 = I_2 + I_g$$

$$I_4 = I_3 + I_g$$

$$R_1 = 50 \text{ Ом}$$



1) Попробуем устроить так, чтобы лучи
от S' были лучами S .

$$x_1 = x_2 \text{ и } x_2 = \frac{3}{2}F - F = \frac{1}{2}F \Rightarrow x_1 = \frac{1}{2}F$$

$$\text{след } d = 2F; \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = 2F$$

Наблюдатель А может увидеть S на расстоянии $2F$
от линзы.

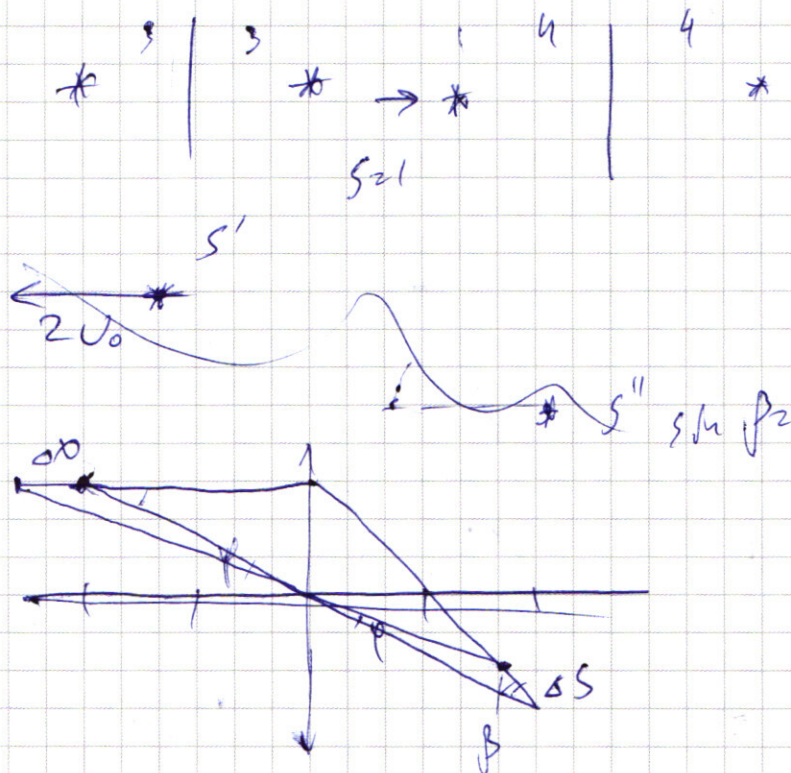
Ответ: $2F$.

2) Т.к. зеркала // друге. лучи не изгибаются,
т.е. изображение S ~~лежит~~ лежит на предмете I .
 ~~$\cos \alpha$~~ $\tan \alpha = \frac{3/4 F}{F} = \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$.

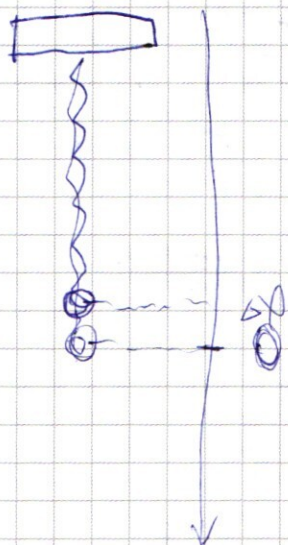
Ответ: $\tan \alpha = \frac{3}{4}$

3) Т.к. вб. расн. лучи S и S' ~~не~~ лучи S'
 $V_{S'} = 2V_0$ Т.к. при перемещении зеркала на x .
 S' сместится на $2x$.

$x = 2.26 \cdot 10^{-6}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$k \Delta x = mg$$

$$\frac{k \Delta x^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{k \Delta x^2}{m}} = \Delta x \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$F_1 = F_2 \cdot 3$$

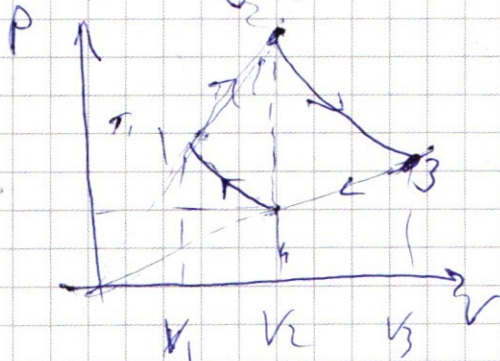
$$\Delta x_1 = 3 \Delta x_2$$

$$F_1 + mg = F_2 - mg$$

$$3F_2 - mg = F_2 + mg$$

$$2F_2 = 2mg$$

$$F_2 = mg = k \Delta x$$

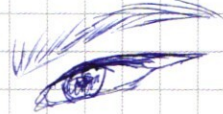


$$\mu R T_2 = P_2 V_2 = P_2 V_1 \kappa = P_1 V_1 \kappa = \mu R T_1 \kappa$$

$$T_2 = T_1 \cdot \kappa^2 = T_1 \cdot 1.8^2 = T_1 \cdot 3.24$$

$$P_2 V_2 = P_1 V_1 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 V_1 \kappa^2}{V_2}$$

$$\frac{P_1}{\kappa V_2} = \frac{P_1}{V_1 \kappa^2} = \frac{P_1 V_1 \kappa^2}{V_2^2} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \kappa \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1 \kappa^2}{V_2 \kappa^2} = 1$$



$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \mu R \Delta T + (V_2 - V_1)(P_2 + P_1) = \frac{3}{2} \mu R T_1 \cdot 2.24 + \frac{V_1 P_1 (P_2 + P_1)}{2}$$

$$k \Delta x_1 = k \Delta x_2 \cdot 3 \Rightarrow \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + P_1 V_1 + P_2 V_2 = \frac{3}{2} P_2 V_2 = \frac{3}{2} P_1 V_1 + P_2 V_2$$

$$P_1 V_1 = \frac{5}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{5}{2} \mu R \Delta T = C_m \Delta T$$

$$\frac{1.8}{3.24} = \frac{5}{2} \frac{\mu R}{C_m} \Delta T = C_m \Delta T$$

$$V_2 = \kappa V_1$$

$$V_1 P_1 = V_2 P_2$$

$$V_1 P_1 = \kappa V_1 P_2 \Rightarrow C = \frac{5}{2} \mu R$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\kappa}$$

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



$$3F_1 = F_2$$

$$mg = k\Delta x$$



$$3k\Delta x = k\Delta x$$

$$3F_1 - mg = F_1 + mg$$

$$F_1 = mg = k\Delta x$$

$$3k\Delta x - k\Delta x = 2k\Delta x$$

$$a = \frac{F_1 + mg}{m} = 2g$$

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

$$\frac{k(3\Delta x)^2}{2} = \frac{m\Delta x^2}{2} = 3\Delta x \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\frac{1}{g} \Leftrightarrow g$$

$$\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{m\Delta x^2}{2}$$

$$\Delta x = \sqrt{\frac{k}{m}} \Delta x$$

$$\Delta x = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$a = mg - k\Delta x = 3k\Delta x + mg$$

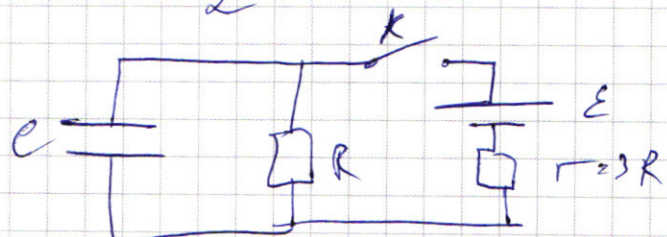
$$2mg = 4k\Delta x$$

$$\Delta x = 2\Delta x_1 - \Delta x = \Delta x_1 \Rightarrow 2\Delta x_1 = \Delta x \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{\Delta x}{2}$$

$$a = \frac{F_1 + mg}{m} = \frac{k\Delta x_1 + mg}{m} = \frac{k\Delta x + mg}{m} = \frac{\frac{1}{2}mg + mg}{m} = \frac{3}{2}g$$

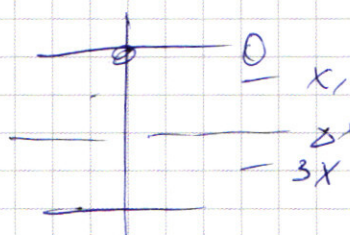
$$\frac{k\Delta x_1 + mg}{m} = \frac{3k\Delta x + mg}{m}$$

$$\frac{k4\Delta x^2}{2} = \textcircled{4}$$



$$3F_1 - mg = F_1 + mg$$

$$2F_1 = 2mg$$



$$k\Delta x_1 + mg =$$

$$3\Delta x_1 = 3k\Delta x_1 - mg$$

$$mg = 2k\Delta x_1$$

$$k\Delta x = 2k\Delta x_1$$

$$\Delta x = \frac{\Delta x}{2}$$

$$\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{m\Delta x^2}{2} \quad (F_0 - mg) \geq 0$$

$$D \frac{E}{3R}$$

$$F_0 - mg = F_0 + mg$$

$$k\Delta x_1 + mg = 2F_0 = 2mg$$

$$3F_0 - 3mg = F_0 + mg$$

$$2k\Delta x = 2F_0 - F_0 = \frac{mg}{2} = \frac{k\Delta x}{2}$$



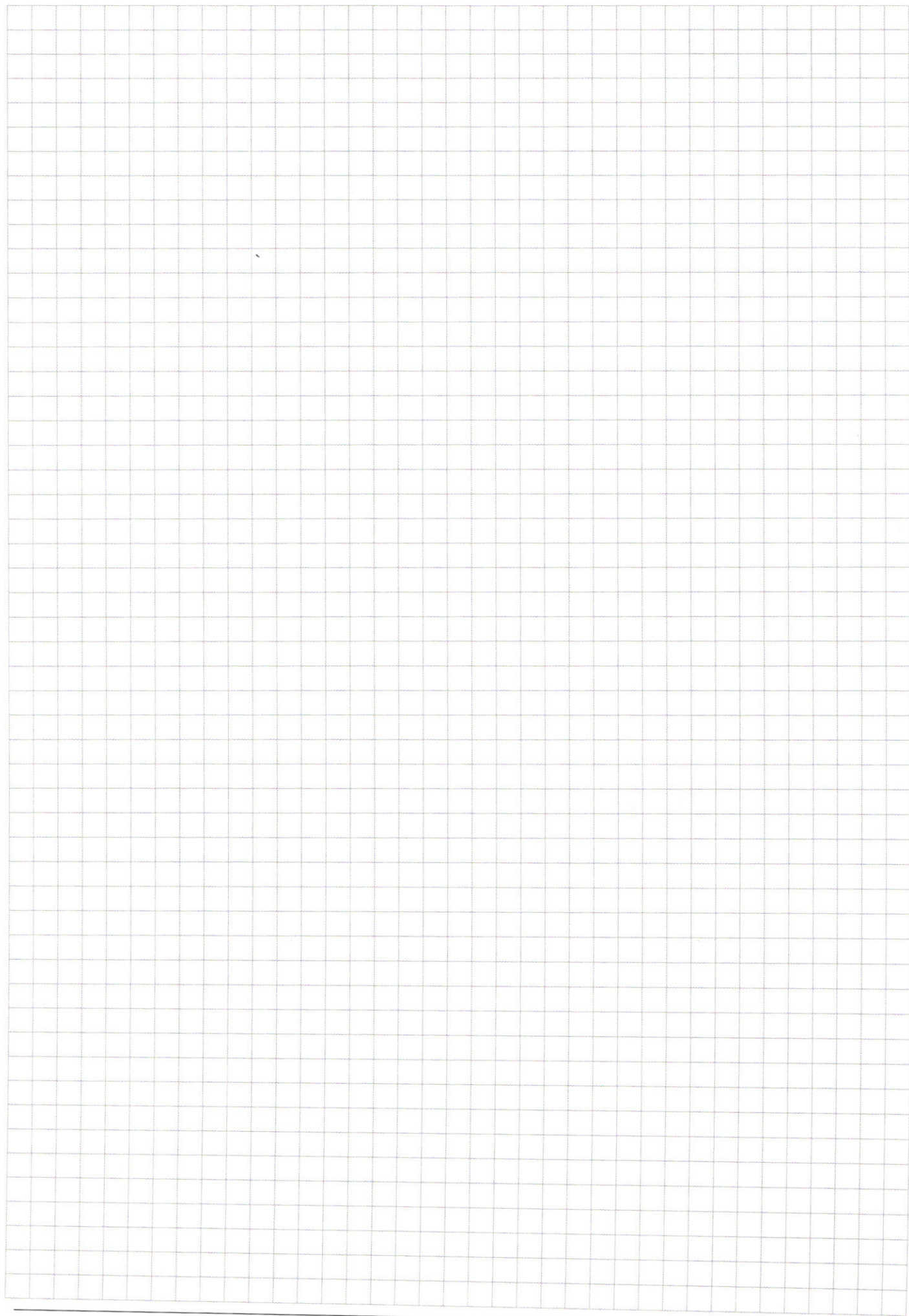
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)