

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-08

Класс 11

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

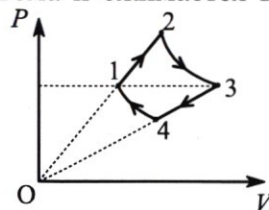
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в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

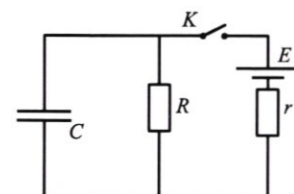
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 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.



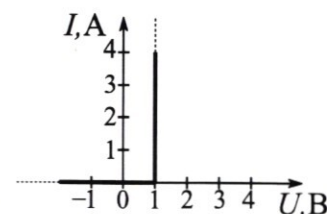
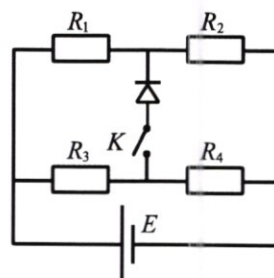
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 4R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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.



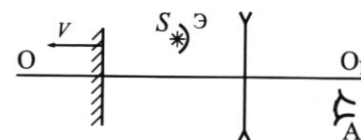
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_4 = 15$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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 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 $8F/15$ 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

№ 1.

Будем считать, что потери механической энергии, вызванные силой сопротивления, можно пренебречь. Пусть g - ускорение свободного падения, k - коэффициент жесткости пружины, а Δx - ее отрицательное удлинение, m - масса шарика.

1) Чтобы модули ускорений в эти моменты были равны по модулю, они должны быть равны:

$$a_1 = g - \frac{k \Delta x_1}{m}, \quad a_2 = \frac{k \Delta x_2}{m} - g, \quad \Delta x_2 = 4 \Delta x_1, \quad a_1 = a_2 \Rightarrow g - \frac{k \Delta x_1}{m} = \frac{4k \Delta x_1}{m} - g$$

$$-g \Rightarrow \frac{k \Delta x_1}{m} = \frac{2g}{5}, \quad a_1 = g - \frac{2g}{5} = 0,6g.$$

2) В начальный момент времени кинетическая энергия шарика равна 0.

Изменение кинетической энергии равно сумме работ сил, действующих на тело: $E_k = |A_{\text{пруж}} - A_{\text{гр}}| = |m g \Delta x - k (\Delta x)^2|$.

Первый момент: $E_{k_1} = |m g \Delta x - k (\Delta x)^2|$, второй момент: $E_{k_2} = |4m g \Delta x - 16k (\Delta x)^2|$.

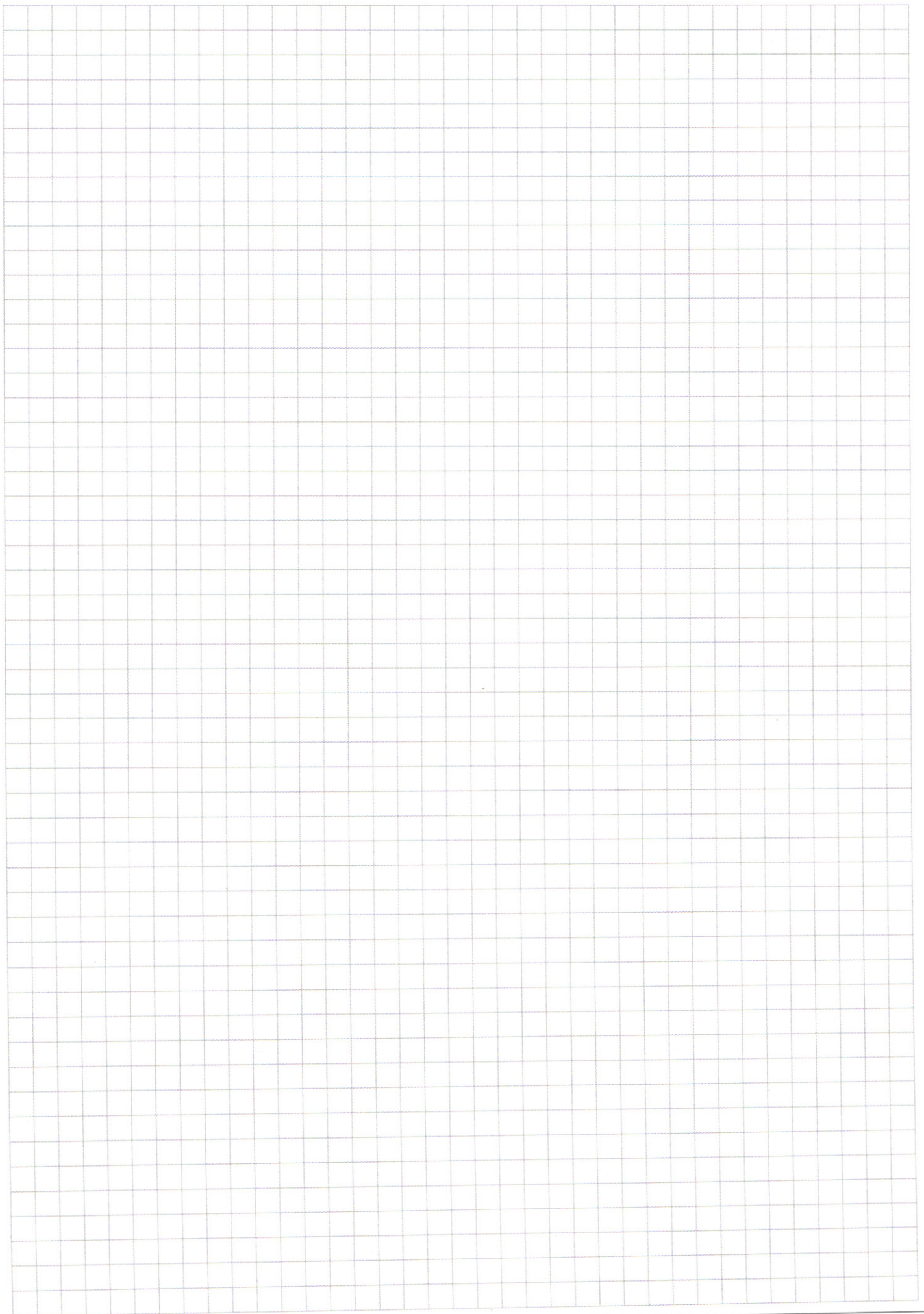
Поскольку ускорения шарика в эти моменты равны, равны и равнодействующие им, действующие на него (их модули). Тогда по II закону Ньютона:

$$m g - k \Delta x = 4k \Delta x - m g \Rightarrow \Delta x = \frac{2m g}{5k}. \text{ Подставим найденное значение в уравнения } E_{k_1} \text{ и } E_{k_2}:$$

$$E_{k_1} = \frac{6m^2 g^2}{25k}, \quad E_{k_2} = \frac{24m^2 g^2}{25k},$$

$$\text{тогда } \frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = 4.$$

3) Если потерь механической энергии не происходит, то, по закону сохранения энергии, эти энергии равны, а их отношение равно 1.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ : 1). 0,6 д; 2). 4; 3). 1.

✓ 2.

Пусть P_1 и V_1 - соответственно давление и объем в 1 состоянии.

1). В процессе 1-2 давление и объем увеличиваются в одинаковое число раз, в 4 раз. Тогда температура увеличивается в 4^2 раз. В процессе 2-3 T не меняется, P падает до P_1 , а V увеличивается до $4^2 V_1$. В процессе 3-4 давление и объем уменьшаются в 1,7 раза каждое, тогда T увеличивается, в $(1,7)^2$ раз. В процессе 4-1 температура не меняется, тогда: $\frac{4^2 T_1}{(1,7)^2} = T_1 \Rightarrow d^2 = (1,7)^4$. T в процессе 2-3 равна $2,89 T_1$.

2). В состоянии 2 объем газа равен $1,7 V_1$, в состоянии 3 - $2,89 V_1$, в состоянии 4 - снова $1,7 V_1$. Отношение равно 1.

3). В процессе 3-4 температура газа меняется с $2,89 T_1$ до T_1 , тогда $\Delta T = |T_2 - T_1| = 2,89 T_1 - T_1 = 1,89 T_1$. Количество теплоты, теряемое в этом процессе газом при уменьшении его внутренней энергии:

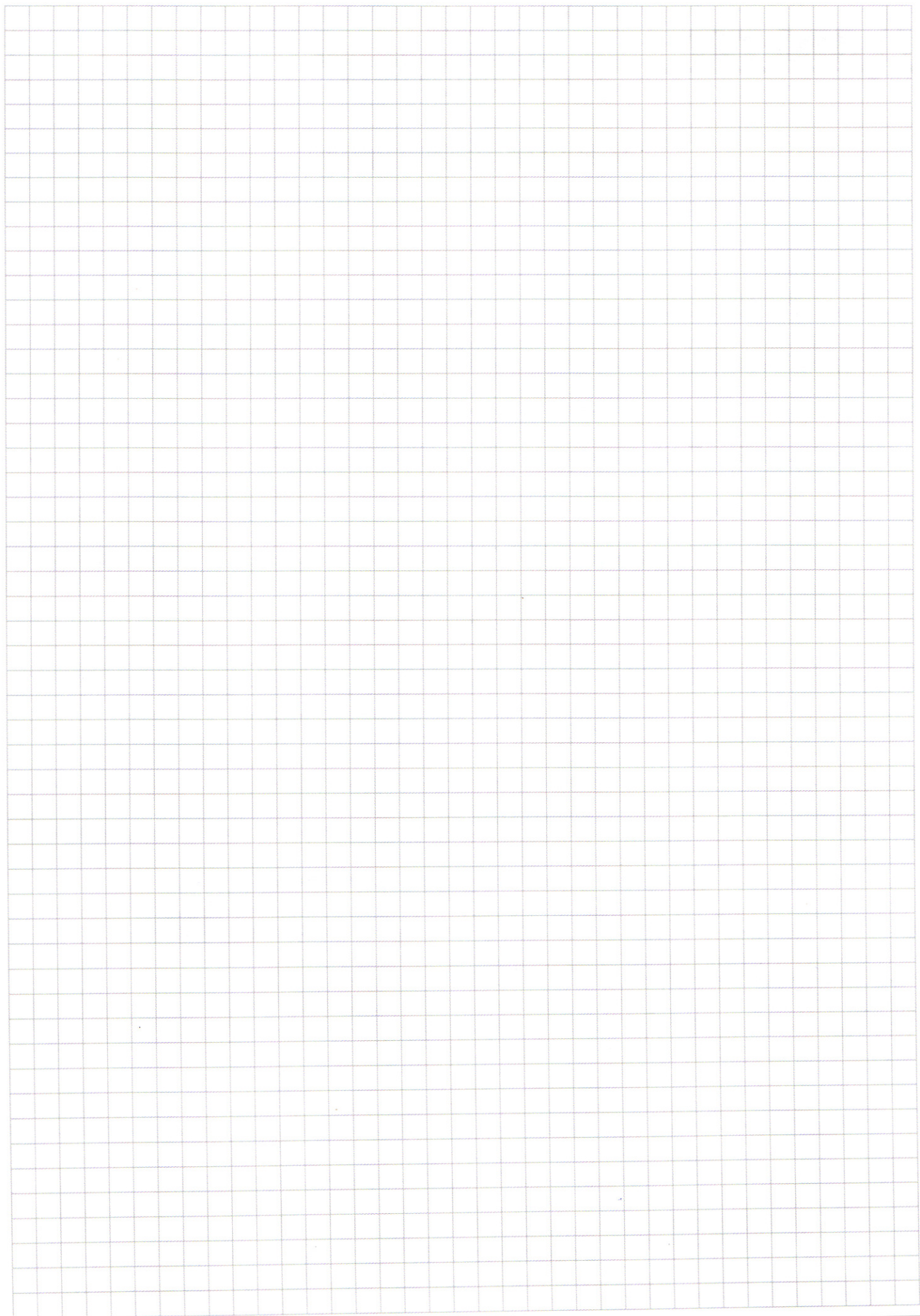
$\Delta U = 1,5 \sqrt{R} \Delta T = 1,5 \cdot 1,89 \sqrt{R} T_1$, тогда молярная теплоемкость газа равна: $C = 1,5 \cdot 1,89 R T_1 = 2,835 R T_1$.

Ответ : 1). $2,89 T_1$; 2). 1; 3). $2,835 R T_1$.

✓ 5.

1). Сначала источник S отражается от зеркала, тогда расстояние от изображения источника до линзы (от астралення) будет равно:

$d = 2 \left(\frac{11}{18} F - \frac{F}{3} \right) + \frac{F}{3} = \frac{8}{9} F$. По формуле тонкой линзы расстояние от нее до изображения будет равно:



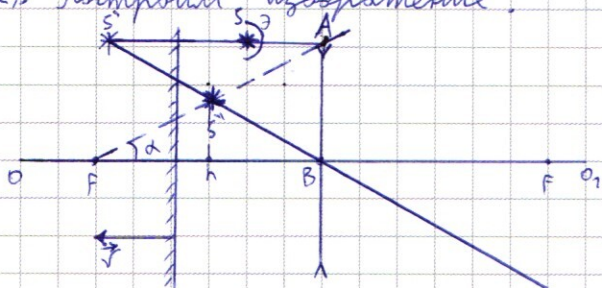
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F \cdot d}{F + d} = \frac{8 F^2}{9} \cdot \frac{9}{17 F} = \frac{8}{17} F$$

2). Температурное



Поскольку конечное изображение будет всегда летать на протяжении предельного пути $S'A$, оно будет двигаться под углом α . Его тангенс равен отношению расстояния от источника S до оси OO_1 к фокусальному расстоянию:

$$\tan \alpha = \frac{8}{15} F \cdot \frac{1}{F} = \frac{8}{15}$$

3). Изображение S' перемещается прямолинейно, для определения скорости рассмотрим случай, когда расстояние от изображения S' до линзы равно F . тогда треугольники $S'FB$ и $S''LB$ подобны с коэффициентом подобия 2, тогда FS'' равно (по теореме Пифагора):

$$S_F = \sqrt{\left(\frac{4F}{75}\right)^2 + \left(\frac{F}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{16}{5625} + \frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{16 + 1406.25}{5625}} = \sqrt{\frac{1422.25}{5625}} = \frac{37.7}{75} F$$

$$S''_h = F_h \cdot \tan \alpha = \frac{9}{17} F \cdot \frac{8}{15} = \frac{24}{85} F, \text{ moga } F'' \text{ patros.}$$

$$\sqrt{\left(\frac{9}{17 F}\right)^2 + \left(\frac{24}{85 F}\right)^2} = \sqrt{\frac{81}{289 F^2} + \frac{576}{7225 F^2}} = \frac{51}{85 F}. \text{ Постепенное уменьшение}$$

правдо : $\left| \frac{57}{85 F} - \frac{77}{30 F} \right| = \frac{77}{510 F} = \frac{F}{30}$. Зеркало за это не время переисчисления на :

2) $\frac{2}{3}F - \frac{27}{78}F = \frac{F}{18}$, тогда промежуток времени между этими сигналами равен: $\sqrt = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{\sqrt} = \frac{F}{18\sqrt} \Rightarrow \sqrt = \frac{F}{30} \cdot \frac{18\sqrt}{F} = 0,6\sqrt$.

Ответ: 1) $\frac{8}{17}F$, 2) $t_{\text{гд}} = \frac{8}{15}$, 3) $0,6\sqrt$.

✓ 3.

1). Поскольку конденсатор не заряжен, ток после замыкания ключа К пойдёт лишь в него, минуя параллельно подключенный резистор.

Ответ: 1) 0.

✓ 4.

1) По закону Ома для участка цепи, в ней установится ток, равный:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}. \text{ Найдем полное сопротивление цепи: } R = \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)} = \frac{10(R_3 + 15)}{R_3 + 15}$$

25) Для параллельно соединенных токов gilt, что $I \sim \frac{1}{R}$, тогда

через резистор R_1 пойдет ток:

~~$$I_1 = \frac{10(R_3 + 15)}{R_3 + 15} \cdot \frac{25 + R_3}{10} = \frac{100R_3 + 1500}{R_3 + 25}$$~~

$$I_1 = \frac{E}{R} \cdot \frac{R_E - R_1}{R_E} = \frac{R_3 + 25}{R_3 + 15} \cdot \frac{25 + R_3 - 10}{25 + R_3} = 1A.$$

Ответ: 1) 1A.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Delta x_1 = 4, |a_1| = |a_2|$
 $a_1 = g - \frac{k \Delta x_1}{m}, a_2 = \frac{k \Delta x_2}{m} - g, a_1 = -a_2 \Rightarrow$
 $\frac{3}{5} - \frac{8}{75} = \frac{7}{75}$
 $\frac{4k \Delta x_1}{m} = g - \frac{k \Delta x_1}{m} \Rightarrow \frac{5k \Delta x}{m} = 2g$
 $\frac{3k \Delta x}{m} = 2g \Rightarrow \Delta x = \frac{2mg}{5k}$
 $a = \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{5} \cdot g = 0,6g$
 $E_k = E_{k1} = E_{k2} = 4mg \Delta x - 76k \Delta x^2$
 $E_{k1} = E_{k2} = mg \Delta x - k \Delta x^2 \cdot \frac{F}{3} \cdot 5 = E_{k2} = 4mg \Delta x - 76k \Delta x^2$
 $mg - k \Delta x = 4k \Delta x - mg \Rightarrow 5k \Delta x = 2mg \Rightarrow \Delta x = \frac{2mg}{5k}$
 $E_{k1} = \frac{6m^2 g^2}{25k}, E_{k2} = \frac{8m^2 g^2}{5k} - \frac{64m^2 g^2}{25k} = \frac{24m^2 g^2}{25k}$
 $E_{k1} = \frac{24m^2 g^2}{25k}, E_{k2} = \frac{24m^2 g^2}{25k}$
 $mg = k \Delta x \Rightarrow \Delta x_{max} = \frac{mg}{k} \Rightarrow E = k \Delta x^2 = \frac{m^2 g^2}{k}$
 $T_1: \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$
 $1. T_1, V_1, P_1; 2. \Delta T_1, \Delta V_1, \Delta P_1; 3. \Delta T_1, \Delta V_1, P_1; 4. \frac{\Delta T_1}{T_1}, \frac{\Delta V_1}{V_1}, \frac{\Delta P_1}{P_1}$
 $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \Delta^2 = 1,7 \Rightarrow T_2 = 1,7 T_1 = 2,89 T_1$
 $Q = \Delta U_{34} + A_{34}$
 $= 1,5 \Delta P \Delta V + \Delta P \Delta V = 2,5 \Delta P \Delta V = 2,5 \cdot \frac{1}{4} P_1 V_1 = 7,225 P_1 V_1$
 $= 2,5 \cdot (P - \frac{2}{3,7} P)(V - \frac{2}{3,7} V) = 2,5 \cdot \frac{200}{289} P_1 V_1 = \frac{250}{289} P_1 V_1$
 $C = m \sqrt{v} \Rightarrow C = \frac{250}{289} \cdot \frac{RT_1}{m}$
 $R = \frac{R \cdot v}{R + v} = \frac{4R}{5R} = 0,8R$
 $W = \frac{CU^2}{2} = IRt$
 $\frac{11F}{18} - \frac{F}{3} = \frac{5F}{18} + \frac{7F}{18} = \frac{16F}{18} = \frac{8F}{9}$
 $\frac{8F}{9} \cdot \frac{F}{9} = \frac{8F}{9}$

$$U_{12} - U_{34} = 1 \text{ В}$$

$$U_{12} = I_{12} \cdot 10 \text{ В}, \quad U_{34} = I_{34} (75 + R_3) \text{ В}$$

$$\frac{R_3 + 25}{R_3 + 75} \cdot$$

$$I_{12} =$$

$$\frac{10R_3 + 150}{R_3 + 25} = 20$$

$$\frac{6}{9} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{25 + R_3 - 10}{25 + R_3} = \frac{75 + R_3}{25 + R_3}$$

$$10 \text{ В}$$

$$9 \text{ В}$$

$$I = \frac{R_E - R_1}{R_E}$$

$$\frac{R_3 + 25}{R_3 + 75} \cdot \frac{10}{25 + R_3} = \frac{10}{R_3 + 75}$$

$$I (75 + R_3) = 9$$

$$\frac{750 + 10R_3}{75 + R_3} = 9 \Rightarrow 70 = 9$$

$$R = \frac{10(75 + R_3)}{25 + R_3}, \quad I = \frac{25 + R_3}{75 + R_3} \cdot \frac{75 + R_3}{25 + R_3} = 1 \text{ А}$$

$$9 = \frac{25 + R_3}{75 + R_3} \cdot \frac{25 + R_3 - 75 - R_3}{25 + R_3} \Rightarrow 9 = \frac{10}{75 + R_3} \Rightarrow R_3 = \frac{70}{9} - 75$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F = \frac{F \cdot d}{F + d}, \quad d = \sqrt{\frac{164}{225 + 81}} \quad \Delta T = 1,89 T, \quad Q = 1,5 \sqrt{R_0 T} =$$

$$1,5 \sqrt{R} \cdot 1,89 T, \Rightarrow C = 1,5 \cdot 1,89 R T,$$

$$\frac{F}{2 \cos \alpha} = \frac{F \sqrt{2}}{2} = \frac{F}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{8}{9F} - \frac{8}{77F} = \frac{136 - 72}{753F} = \frac{64}{753F}$$

$$\sqrt{\left(\frac{64}{753}\right)^2 F^2 + \left(\frac{24}{85}\right)^2 F^2} = 0,5F = \frac{F}{2}$$

$$\frac{8}{9F} - \frac{8}{77F} = \frac{64}{753F}$$

$$\frac{81}{289} F^2 + \frac{576}{7125} = \frac{36}{510} \sqrt{510 - 177}$$

$$\frac{F}{786} = \frac{6\sqrt{5}}{70} = \frac{3\sqrt{5}}{35}$$

$$R = \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)} = \frac{10(15 + R_3)}{25 + R_3}$$

$$\frac{200}{30} = 1,5 A$$

$$\frac{E(25 + R_3)}{250R_3 + 150R_3 + 3750 + 70R_3^2}$$

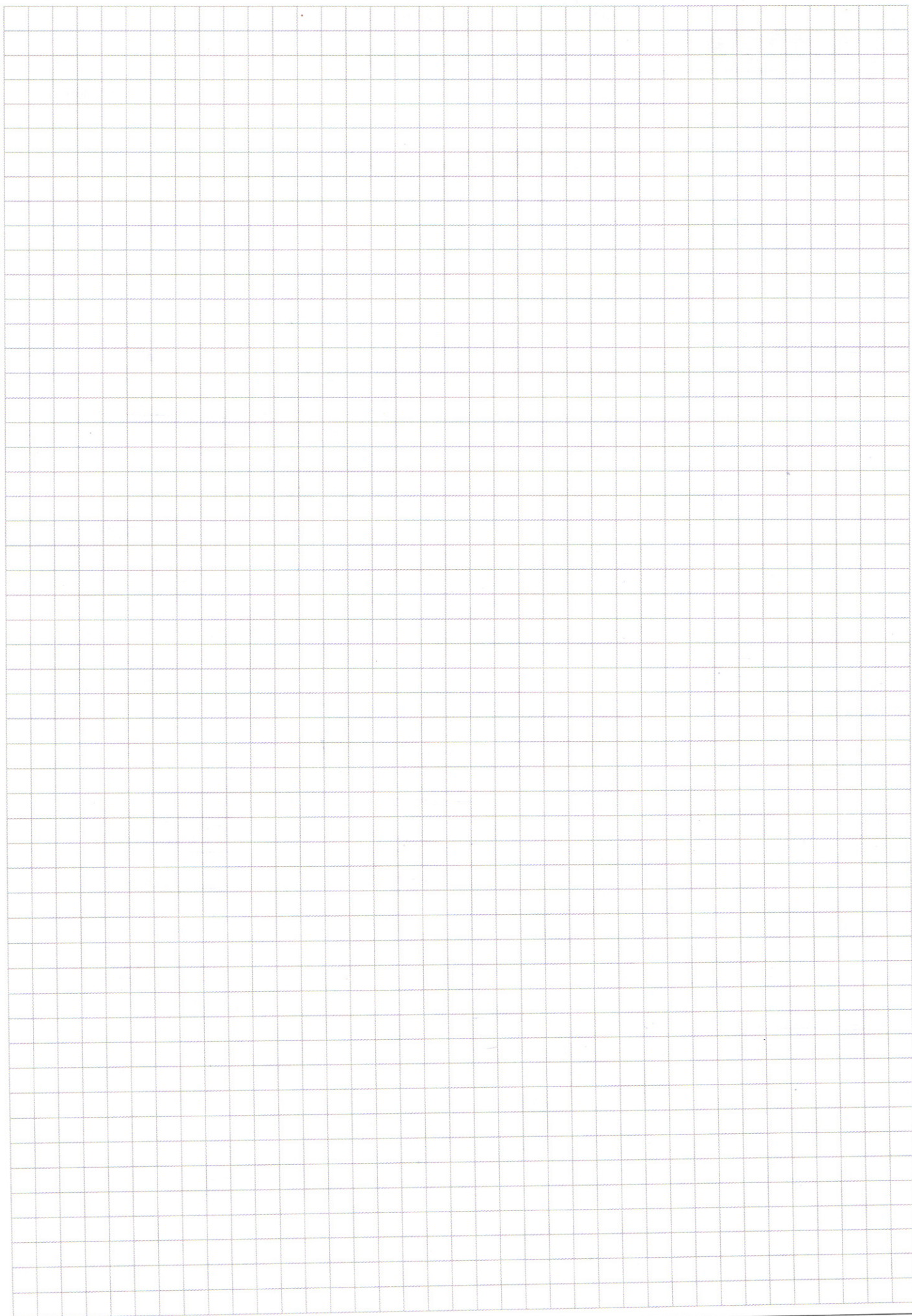
$$\Rightarrow \frac{(25 + R_3)E}{R_3^2 + 40R_3 + 375}$$

$$\frac{10 \cdot 40}{50} = 0,8 A$$

$$\frac{10}{10 + 15 + R_3}$$

$$\frac{150}{25} = 6$$

$$\frac{300}{3750}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)