

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-07

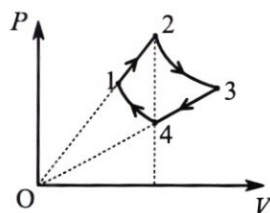
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в.

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.

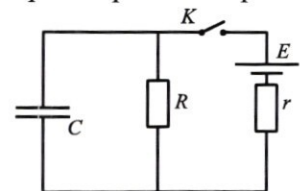
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k = 1,8$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной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



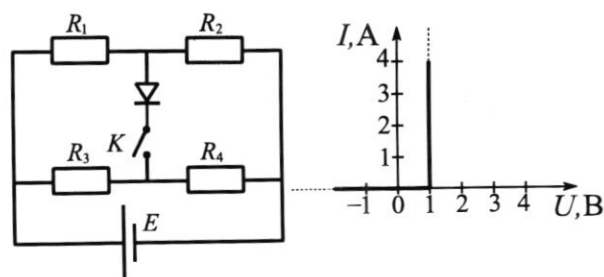
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 3R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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?



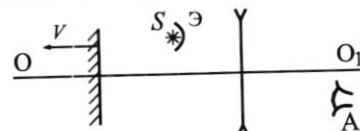
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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 линзы 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

Задача №1.

1) Примем за 0 потенциальную энергию троса в равновесии

запишем 2 закона Ньютона для шарика:

$$\begin{cases} F_r \\ \downarrow \text{мг} \end{cases} \quad ma = mg - kx \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m}x = g \leftarrow \text{уравнение гармонических колебаний} \Rightarrow \text{шарик будет симметрично колебаться}$$

Вокруг положения равновесия. ~~и~~ $F_1 = 3F_2 \Rightarrow x_1 = 3x_2$;

$|a_1| = |a_2|$. раз модули $\ddot{x}$ равны, то точки симметричны относительно положения равновесия $\Rightarrow$ равновесие $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2} = 2x_2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ в этих точках шарик отодвинут на пол-амплитуды.

в точке ~~равновесия~~ $mg = k\bar{x} \Rightarrow \bar{x} = \frac{mg}{k}$. в нашей же случае

$$x_2 = \frac{\bar{x}}{2} \Rightarrow ma = mg - kx_2 = mg - \frac{k\bar{x}}{2} = mg - \frac{mg}{2} = \frac{mg}{2} \Rightarrow a = g/2$$

Ответ: $g/2 = 4,9 \frac{м}{с^2}$

2) поскольку шарик симметричен относительно равновесия,

то скорости в этих точках ($\dot{x}$) равны $\Rightarrow$ равны и кинетические энергии (по модулю)

Ответ: 1

3) Поскольку это гармонические колебания, то максимум ~~кине~~ скорости ($\dot{x}$) как ~~и~~ кинетической энергии в точке равновесия $\bar{x}$,

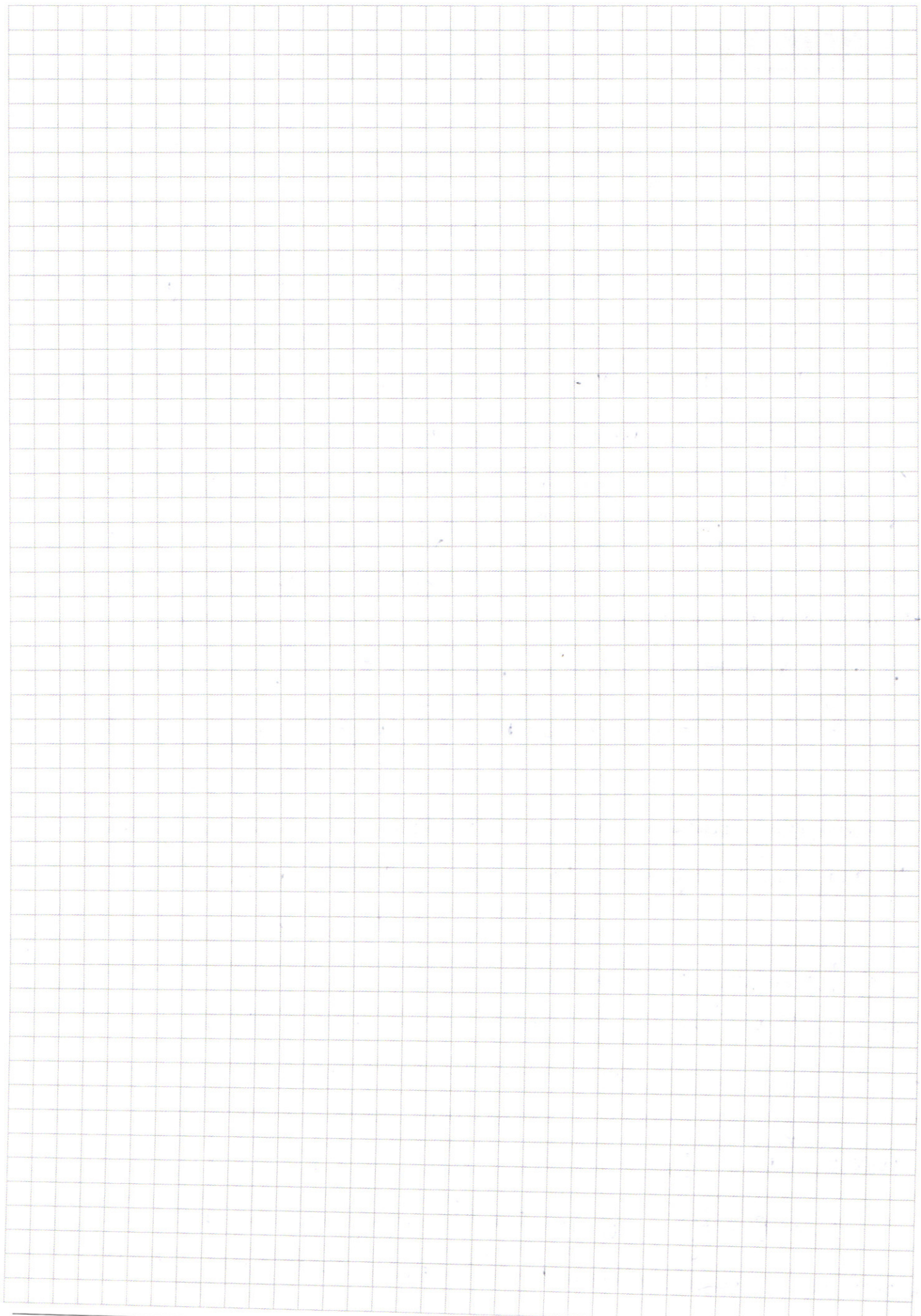
$\Rightarrow$ а максимальная энергия натяжения в крайней точке $x_k = 2\bar{x}$, т.е. макс. растяжение. Запишем сохр. энергии:

$$\cancel{E_k} + E_{пот} + E_{упр} = E_k = E_{пот} + E_{упр}$$

$$E_k + 0 + \frac{k\bar{x}^2}{2} = 0 + mg\bar{x} + \frac{4k\bar{x}^2}{2} \Rightarrow mg\bar{x} + \frac{3k\bar{x}^2}{2} = \frac{5}{2}mg\bar{x} = E_k$$

$$\text{макс энергия деформации } E_d = \frac{k(2\bar{x})^2}{2} = 2k\bar{x}^2 = 2mg\bar{x} \Rightarrow \text{отношение } \frac{E_d}{E_k} = \frac{4}{5}$$

Ответ: 0,8



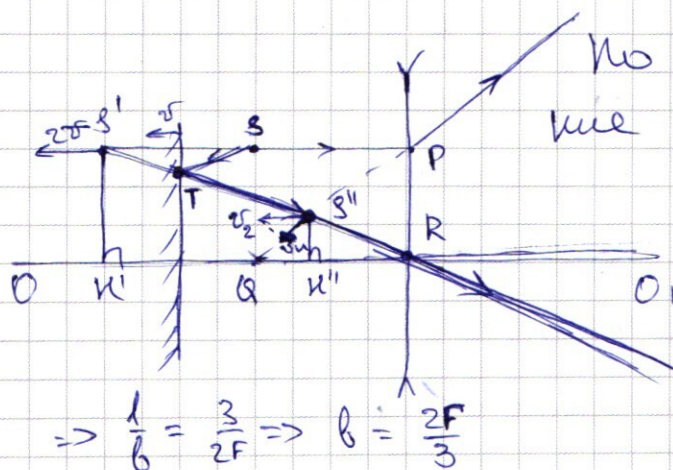
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5

- 1) Кабминдатель видит минное изображение S'' изображения S' источника S .
зеркального
источника S исходящего от зеркала
или $\frac{3F}{2} - F = \frac{F}{2} \Rightarrow SS' = 2 \cdot \frac{F}{2} = F$. тогда



по формуле линзы находим расстояние до изображения

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow -\frac{1}{2F} = \frac{1}{F} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{b} = -\frac{3}{2F}$$

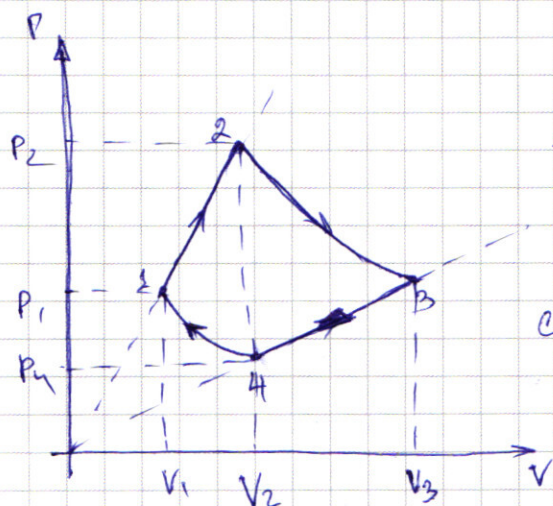
Ответ: $\frac{2F}{3}$

- 2) проведем 2 луча, чтобы построить изображение. отражение S' движется параллельно оси OO_1 , т.к. именно так движется зеркало. тогда $SP \parallel OO_1$ постоянно $\Rightarrow PQ$ не движется (т.к. S в фокусе, то продолжение луча PQ лежит в фокусе линзы) $\Rightarrow$ изображение движется по прямой $PQ \Rightarrow$ искомым углом $\alpha = \angle PQO_1$;
по отр. ~~синуса~~ тангенса в $\triangle PQR$: $\frac{\tan \alpha}{\sin \alpha} = \frac{PR}{QR} = \frac{SQ}{SD} = \frac{3}{4}$

Ответ: $\arctg(\frac{3}{4})$

- 3) S' движется со скоростью $2v$. скорость S'' это проекция уменьшенной в $\frac{4}{3}$ раз скорости $2v$ на прямую PQ .
из подобия $\triangle S'K'R \sim \triangle S''K''R$ имеем $k = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{3} \Rightarrow$ искомая скорость
 $v_{S''} = k \cdot 2v \cdot \cos \alpha = \frac{1}{3} \cdot 2v \cdot \frac{4}{5} = \frac{8}{15}v$

Ответ: $\frac{8}{15}v = 0,53v$



Задача №2

1) в процессе 1-2 давление пропорционально объему, а температура в k раз, значит и давление тоже в k раз возросло.

согласно уравнению состояния:

$$PV = \nu RT \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R}; T_2 = \frac{P_2 V_2}{\nu R} = k^2 \frac{P_1 V_1}{\nu R}$$

$\Rightarrow$ температура в $k^2 = 3,24$

2) в процессе 2-3 $T = \text{const} \Rightarrow$ Ответ: ~~3,24~~ 3,24 T.

2) в процессе 2-3 $T = \text{const} \Rightarrow PV = \nu RT = \text{const}$.

то же самое в процессе 4-1. Выходит, на отрезке 3-4 PV падает в 3,24 раза (k^2) чтобы вернуться к T_1 .

тогда на участке 3-4 (т.к. $P \sim V$) и давление и объем падают в k раз. обозначим объем по точкам, в которых они были. $V_4 = V_2$; $V_2 = 1,8 V_1$; получаем что $V_3 = k V_2 = 1,8 V_2$ теперь давления (индекс стал меньше): $P_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$

$$P_3 = \frac{\nu R T_3}{V_3} = \nu R \frac{k^2 T_1}{k V_2} = \nu R \frac{k^2 T_1}{k^2 V_1} = \nu R \frac{T_1}{V_1} = P_1 \Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = 1$$

Ответ: 1.

3) $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta U}{\Delta T}$; газ расширяется $\Rightarrow$ работа над ним < 0 и равна площади под графиком $P_1(k-1) \dots P_1 \left(\frac{1+k}{2} \right) V_1(1-k) =$

$$= \frac{1-k^2}{2} P_1 V_1 = A = \frac{1-k^2}{2} \nu R T_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R T_1 (k^2 - 1)$$

$$C = \frac{\nu R T_1}{\nu \Delta T} \left(\frac{3}{2} (k^2 - 1) - \frac{1}{2} (k^2 - 1) \right) = \frac{\nu R T_1 (k^2 - 1)}{\nu T_1 (k^2 - 1)} = R$$

Ответ: $C = R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

1) В первый момент конденсатор не заряжен $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ напряжение на нем 0 $\Rightarrow$ ток идет полностью через него,
а не через $R \Rightarrow$ имеем только ~~только~~

$$\mathcal{E} = Ir \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Ответ: $I = \frac{\mathcal{E}}{3R} = 0,33 \frac{\mathcal{E}}{R}$

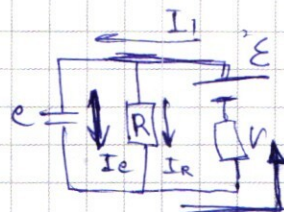
2) Энергия на конденсаторе $W = \frac{qU}{2} = \frac{cU^2}{2} = \frac{q^2}{2c}$

ток через него:

Приведем Кирхгофа:
$$\begin{cases} \mathcal{E} = IR + 3RI, \\ \mathcal{E} = \frac{q}{c} + 3RI, \end{cases} \Rightarrow \frac{q}{c} = IR$$

$$\frac{dq}{dt} = I_c = I_1 - I_e$$

$$P = \frac{dW}{dt} = IU = I \frac{q}{c}$$



$$\frac{q}{c} = \frac{P}{I_e} = IR \Rightarrow \frac{P}{R} = I_1 I - I^2$$

наработка будет ~~максимум~~ ^{внутрь}

максимум: $IR = I/2 \Rightarrow I_c = I_R = I/2$;

$$\mathcal{E} = \frac{I}{2}R + 3RI = \frac{7}{2}RI \Rightarrow I = \frac{2}{7} \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow I_c = \frac{I}{2} = \frac{1}{7} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Ответ: $\frac{1}{7} \frac{\mathcal{E}}{R} = 0,15 \frac{\mathcal{E}}{R}$

3) Выделится вся энергия, что скопится на конденсаторе

(т.к. это просто ~~на~~ резистор на конденсаторе) $W = \frac{cU^2}{2}$; $U = \frac{q}{c} = \mathcal{E} - 3RI$

согласно правилу Кирхгофа, см. пункт 2. $U = \mathcal{E} - 3RI = \frac{\mathcal{E}}{7}$

$$W = \frac{cU^2}{2} = \frac{c\mathcal{E}^2}{98} = 0,01c\mathcal{E}^2$$

Ответ: $\frac{c\mathcal{E}^2}{98} = 0,01c\mathcal{E}^2$

Задача

1) Правильно купировать год минимизировать.

$$\mathcal{E} = IR_4 + IR_3 \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} = \frac{8\text{В}}{80\Omega} = 1\text{А}$$

Ответ: ~~0.1~~ 1А

2) Разница напряжений гонимая ΔU_0 больше $U_0 = 1\text{В} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Если U_0 не открыт, то

ток через U_0

$$\Delta I = 0 \Rightarrow I_1 + I_2 = I_0 ;$$

$$\mathcal{E} = I_2(R_3 + R_4) = I_1(R_1 + R_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 \frac{(R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2)} = \frac{I_2 (80\Omega)}{(R_1 + R_2)}$$

напряжение на U_0 (когда он открыт)

$$\underbrace{(\mathcal{E} - I_1 R_2)}_{\text{сверху}} - \underbrace{(\mathcal{E} - R_4 I_2)}_{\text{снизу}} = U_0 \leftarrow \text{условие, что } U_0 \text{ открыт}$$

$$(\mathcal{E} - I_2 R_3) - (\mathcal{E} - R_1 I_1) = U_0$$

$$I_1 R_1 - I_2 R_3 = U_0$$

$$-I_1 R_2 + R_4 I_2 = U_0$$

$$I_1 R_1 - \frac{3}{4} I_1 (R_1 + R_2) = U_0$$

$$-3I_1 + \frac{I_1 (R_1 + R_2)}{4} = U_0$$

ИР

$$I_1 (R_1 + R_2) \times 3I_1 + I_1 R_1$$

$$I_1 = \frac{U_0}{\frac{R_1}{4} + \frac{8}{4} - 3} = \frac{4U_0}{R_1 - 9}$$

$$\cancel{R_1 + 3 = 3 + R_1}$$

$$\frac{R_1}{4} - \frac{9}{4} = \frac{U_0}{I_1}$$

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

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

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4}$$

$$U_0 + \frac{R_1 \mathcal{E}}{R_1 + R_2} = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4}$$

$$R_3 I_2 + R_4 (I_2 + \Delta I) = \mathcal{E}$$

$$U_0 = R_1 I_1 - R_3 I_2$$

$$3I_1 - 6 = 1 + 2I_2 + 4$$

$$3I_1 = 2I_2 + 11$$

$$R_2 (I_1 - \Delta I) = U_0 + R_4 (I_2 + \Delta I)$$

$$I_1 R_2 - U_0 + R_2 (I_1 - \Delta I) = \mathcal{E}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

1) Напряжение на параллельном соединении:

$$\mathcal{E} = IR_1 + IR_3 \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} = \frac{8\text{В}}{80\text{Ом}} = 1\text{А}$$

Ответ: 1А

2) Найдем предельный случай, когда через диод не идет ток $\Delta I = 0$, но уже напряжение $U_d = 1\text{В} = U_0$. тогда все еще параллельное соединение $\Rightarrow$

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

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

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4}$$

$$\mathcal{E} = I_2 R_3 + I_2 R_4$$

$$U_d = U_0 = R_1 I_1 - R_3 I_2 =$$

$$(R_1 = x)$$

$$= \frac{R_1 \mathcal{E}}{R_1 + R_2} - \frac{\mathcal{E} R_3}{R_3 + R_4} \Rightarrow \frac{U_0}{\mathcal{E}} = \frac{x}{x+3} - \frac{6}{8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{8} + \frac{6}{8} = \frac{x}{x+3} \Rightarrow \frac{x}{x+3} = \frac{7}{8} \Rightarrow 8x = 7x + 21 \Rightarrow x = \frac{21}{8} \text{Ом} \geq R_1$$

Ответ: $R_1 \leq \frac{21}{8} \text{Ом} = 2,625 \text{Ом}$

$$3) P_D = I_d U_d = I_d U_0 \Rightarrow \Delta I = \frac{P_D}{U_0} = 2\text{А}$$

Правило Кирхгофа: $\mathcal{E} = I_2 R_3 - U_0 + R_2 (I_1 - \Delta I) \Rightarrow$

$$\mathcal{E} + U_0 = 9 = 6I_2 + 3I_1 - 6 \Rightarrow \boxed{5A = 2I_2 + I_1}$$

$$I_2 = \frac{1}{2} \text{А}$$

$$-R_2 (I_1 - \Delta I) + U_0 + R_4 (I_2 + \Delta I) = 0.$$

$$I_1 = 4\text{А}$$

$$-3I_1 + 6 + 1 + 2I_2 + 4 = 0 \Rightarrow \boxed{3I_1 = 2I_2 + 11\text{А}}$$

$$0 = R_1 I_1 - R_3 I_2 - U_0 \Rightarrow R_1 = \frac{R_3 I_2 + U_0}{I_1} = \frac{3 + 1}{4} = 1\text{Ом}$$

Ответ: 1Ом



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОР
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫС
ОБРАЗОВАНИЯ

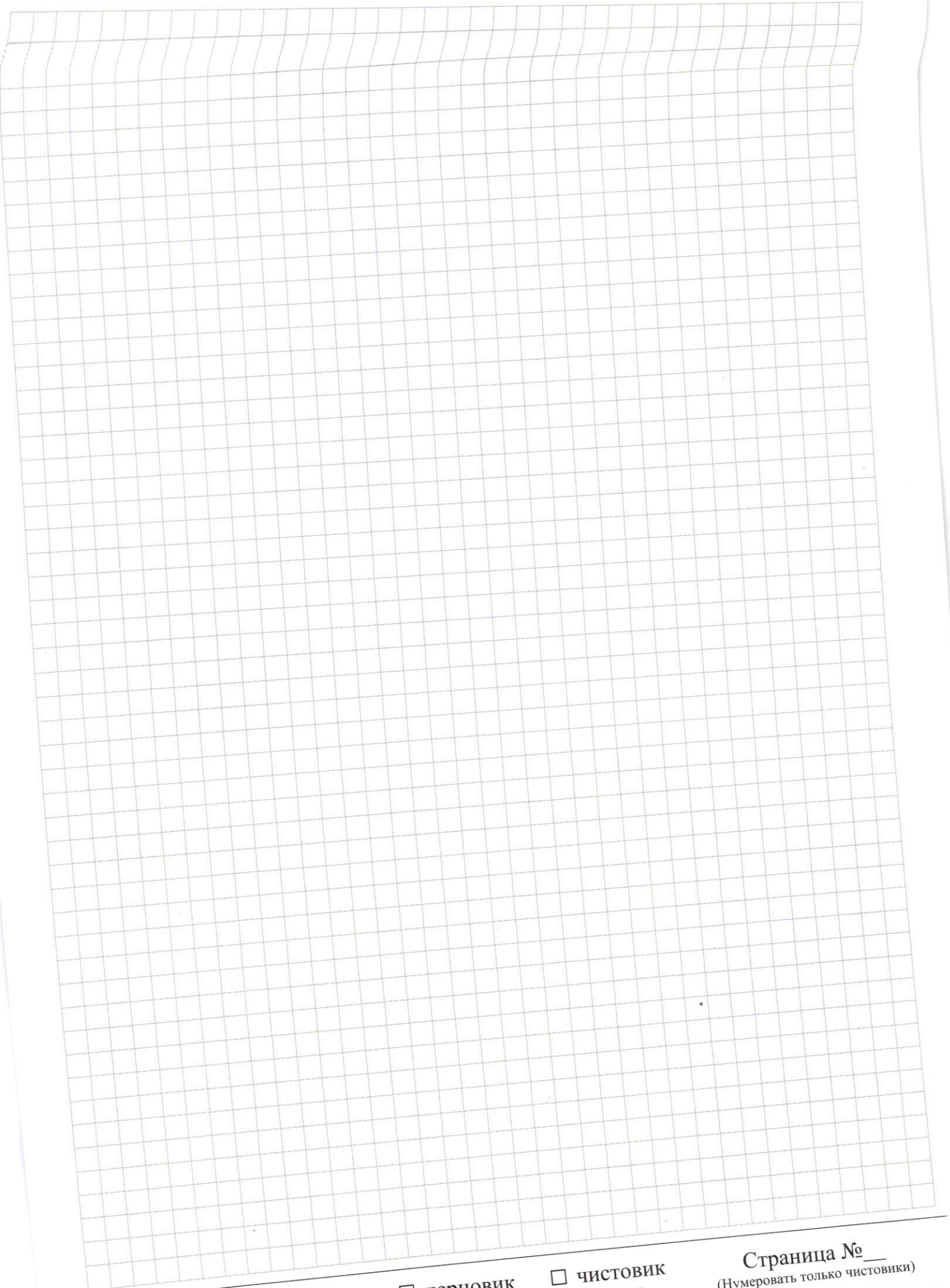
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬС
УНИВЕРСИТЕТ)»

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №



☐ черновик ☐ чистовик
(в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)