



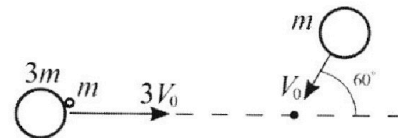
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-08

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



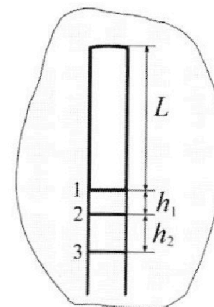
1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $3m$, скорость $3V_0$ масса второй шайбы m , скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина массы m .



- 1) Найдите скорость шайб, если после столкновения они приклеились друг к другу.
- 2) На какую величину E_0 увеличится внутренняя энергия системы после такого столкновения?
- 3) Известно, что произошел такой удар, что шайбы не слиплись, а пластилин полностью прилип к правой шайбе. При этом внутренняя энергия системы увеличилась на величину $E_0/3$ (см. предыдущий пункт задачи). Найдите модуль скорости одной шайбы относительно другой после такого удара.

Движения шайб до и после удара поступательные. В ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

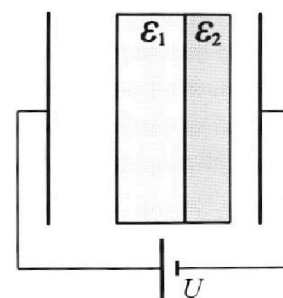
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Температура в столбе влажного воздуха установилась $t_1 = 37^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру системы резко поднимают до температуры $t_2 = 87^\circ\text{C}$, сохраняя прежнее давление. При этом вода в пробирке быстро опустилась с уровня 1 до уровня 2 на $h_1 = 10$ мм. После этого уровень воды начал медленно двигаться до уровня 3, опустившись на $h_2 = 40$ мм. Изменением гидростатического давления на границе «воздух – вода» в пробирке можно пренебречь.



- 1) Найти высоту L столба влажного воздуха в пробирке до нагревания.
- 2) Найти давление в пробирке P_0 . Ответ дать в мм. рт. ст.

Примечание: давление насыщенного пара воды при температуре t_1 равно $P_1 = 47$ мм. рт. ст., при температуре t_2 равно $P_2 = 467$ мм. рт. ст.

3. В плоский конденсатор с площадью обкладок S и расстоянием между ними d помещены параллельно обкладкам и напротив них две соприкасающиеся пластины (см. рис.). У одной пластины диэлектрическая проницаемость $\epsilon_1 = 2$, толщина $d/2$, у другой пластины $\epsilon_2 = 4$, толщина $d/4$. У обеих пластин площадь каждой из двух поверхностей равна S . Конденсатор подключен к источнику с напряжением U .



- 1) Найти напряженность электрического поля E в правом воздушном зазоре конденсатора.
- 2) Найти заряд Q положительно заряженной обкладки конденсатора.
- 3) Найти связанный (поляризационный) заряд q на границе соприкосновения пластин.

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

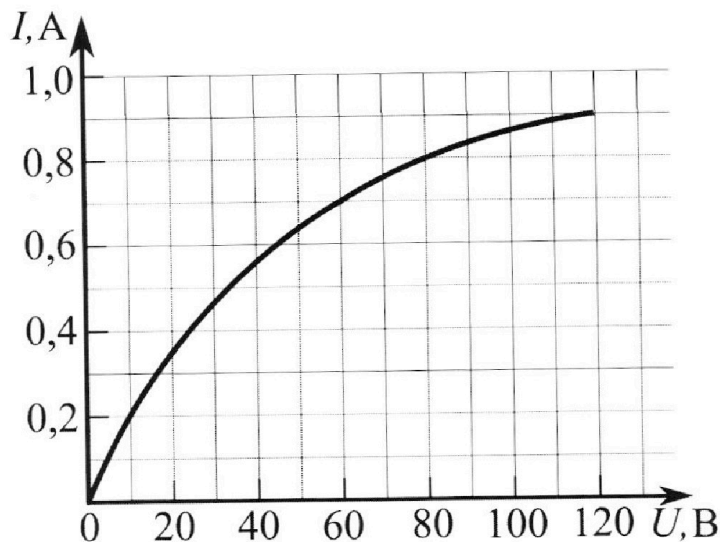
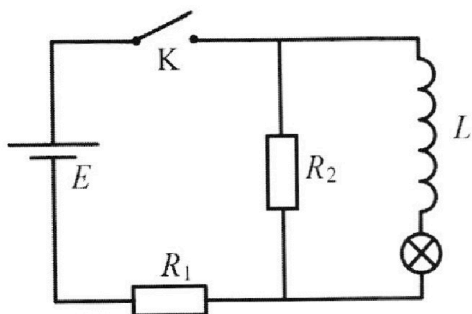
Вариант 11-08

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

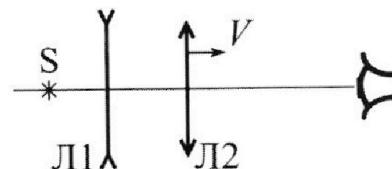


4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,8$ Гн, $E = 120$ В, $R_1 = 300$ Ом, $R_2 = 600$ Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через R_2 сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока через лампочку сразу после замыкания ключа.
- 3) Найти ток через катушку в установившемся режиме после замыкания ключа.



5. Главные оптические оси двух тонких линз совпадают. У линзы Л1 фокусное расстояние $F_1 = -30$ см, у линзы Л2 фокусное расстояние $F_2 = 15$ см. Неподвижный точечный источник света S расположен на расстоянии $d = 45$ см от неподвижной линзы Л1. Линза Л2 удаляется от Л1 с постоянной скоростью $V = 9$ мм/с. Изображение источника рассматривают со стороны линзы Л2 (см. рис.).



- 1) На каком расстоянии x_0 от линз будет изображение, когда Л1 и Л2 были вплотную друг к другу?
- 2) На каком расстоянии x от линзы Л2 будет изображение, когда расстояние между линзами станет $L = 6$ см?
- 3) Найти скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 6$ см.

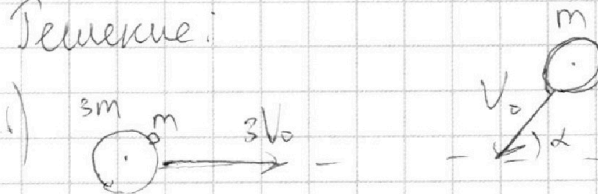
1 2 3 4 5 6 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$3m, 3V_0$
 m, V_0
 $\alpha = 60^\circ$
 $M_{\text{центр}} = M$

Решение:



- 1) V_1 - ?
 - 2) E_0 - ?
 - 3) $V_{\text{центр}}$ - ?
- $\Delta E = \frac{E_0}{3}$

ЗУИ:

(внешних сил нет)

$$\begin{cases} OX: 12mV_0 - mV_0 \cos \alpha = 7mV_{1x} \\ OY: mV_0 \sin \alpha = 7mV_{1y} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{1x} = V_0 \cdot \frac{12 - \cos \alpha}{7} \\ V_{1y} = V_0 \cdot \frac{\sin \alpha}{7} \end{cases}$$

$$V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \frac{V_0}{7} \sqrt{144 + \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha - 2 \cdot 12 \cos \alpha} =$$

$$= V_0 \cdot \sqrt{144 + 1 - 2 \cdot 12 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{V_0}{7} \cdot \sqrt{133} = \frac{\sqrt{133}}{7} V_0$$

2) Из закона сохранения энергии:

$$\frac{(3V_0)^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = E_0 + \frac{7m(V_1)^2}{2} \cdot 2$$

$$4 \cdot 9V_0^2 m + mV_0^2 = 2E_0 + 7 \cdot \left(\frac{\sqrt{133}}{7} V_0\right)^2$$

$$37V_0^2 = \frac{2E_0}{m} + \frac{133}{7} V_0^2 \Rightarrow E_0 = \frac{37 \cdot 7 - 133}{14} \cdot mV_0^2 =$$

$$= 9mV_0^2$$

3) $\Delta E = \frac{E_0}{3} = 3mV_0^2$

$$\text{ЗУИ: } 3mV_0^2 + \frac{4m(3V_0)^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{3mV_2^2}{2} + \frac{2mV_3^2}{2}$$

$$\Downarrow$$

$$19V_0^2 = 3V_2^2 + 2V_3^2$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

 МФТИ

1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$3U: \quad m \cdot 3v_0 - m v_0 \cos \alpha = 3m v_{2x} + 2m v_{3x}$$

$$\cdot \left\{ \begin{array}{l} m v_0 \sin \alpha = 3m v_{2y} + 2m v_{3y} \end{array} \right.$$

$$\cdot v_{2y}^2 + v_{2x}^2 = v_2^2$$

$$\cdot v_{3y}^2 + v_{3x}^2 = v_3^2$$

$$\text{Answer: } 1) \frac{\sqrt{33}}{7} v_0 ; 2) ; E_0 = 9m v_0^2$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

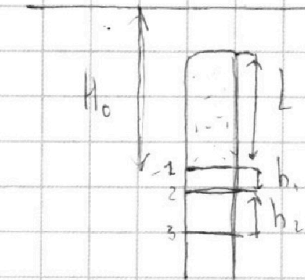
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 31^\circ\text{C} \\
 t_2 &= 37^\circ\text{C} \\
 h_1 &= 10\text{ мм (1-2)} \\
 h_2 &= 40\text{ мм (2-3)} \\
 \Delta p_{\text{воздуха}} &\approx 0
 \end{aligned}$$



- 1) $L = ?$
- 2) $p_0 = ?$

Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона

1-го и 2-го состояний: $p_0 L S = \nu R T_1$

$$p_0 (L + h_1) S = \nu R T_2$$

разделим второе на первое: $\frac{L + h_1}{L} = \frac{T_2}{T_1}$

$$L T_1 + h_1 T_1 = L T_2$$

2) $p_0 H_0 = p_0$
 $p_0 (H_0 + h_2) = p_0$ — давление в точке 3

Процесс 2-3 изотермический:

$$p_0 (L + h_2) = \nu R T_2 = p_0 (L + h_1) S$$

$$L = \frac{h_1 T_1}{T_2 - T_1}$$

$$T_1 = 310\text{ K}$$

$$T_2 = 360\text{ K}$$

$$\frac{p_0 \cdot (H_0 + h_2)}{p_0 \cdot H_0} = \frac{L + h_2 \cdot \nu R T_2}{L + h_1 \cdot \nu R T_2}$$

$$\frac{H_0 + h_2}{H_0} = \frac{L + h_2}{L + h_1}$$

$$H_0 = \frac{h_1(L + h_1)}{h_2 - h_1} = 26\text{ мм}$$

$$p_0 = p_0 H_0 \approx 7,3\text{ мм рт.ст.}$$

Ответ: 1) $L = 62\text{ мм}$; $p_0 = 7,3\text{ мм рт.ст.}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

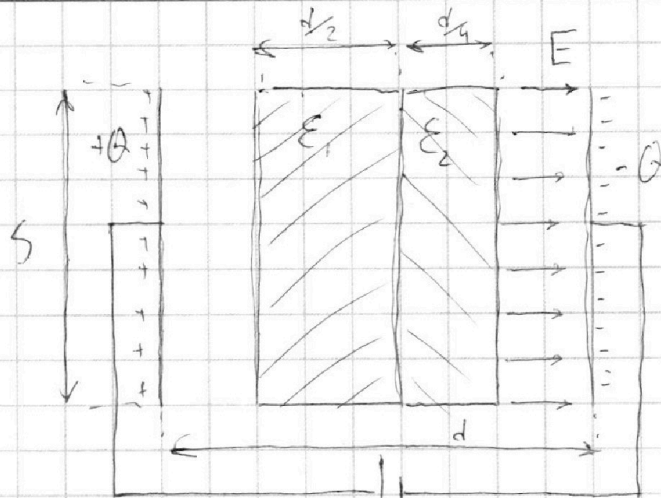


$$\epsilon_1 = 2, d_1 = 2, S$$

$$\epsilon_2 = 4, d_2 = 4, S$$

$$U, S, d, \epsilon_0$$

- 1) $E = ?$
- 2) $Q = ?$
- 3) $q = ?$



1) Применяем формулы $U = Ed$ и $\epsilon_{\text{эквивалент}} = \frac{\epsilon_{\text{всех}}}{\epsilon}$:

$$U = E \cdot \frac{d}{4} + \frac{E}{\epsilon_1} \cdot \frac{d}{2} + \frac{E}{\epsilon_2} \cdot \frac{d}{4} \quad | \cdot 4$$

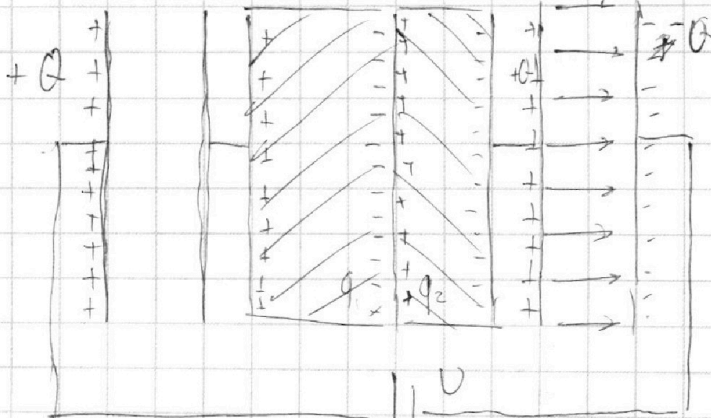
$$4U = E \cdot \left(d + \frac{2d}{\epsilon_1} + \frac{d}{\epsilon_2} \right) = \frac{9}{4} E d \Rightarrow E = \frac{16}{9} U$$

$$2) E = 2 \cdot \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = E \epsilon_0 S = \frac{16 U \epsilon_0 S}{9}$$

Эту формулу можно применить, т.к. каждая штепсель эквивалентна данной:

$$E = 2 \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} = \frac{E}{\epsilon_1}$$

$$E = 2 \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{E}{\epsilon_2}$$



$$Q = q_2 - q_1 = S$$

$$= \frac{3}{4} E \cdot \epsilon_0 S - \frac{1}{2} E \epsilon_0 S = \frac{1}{4} E \epsilon_0 S = \frac{4 U \epsilon_0 S}{9}$$

Ответ: 1) $E = \frac{16}{9} U$; 2) $Q = \frac{16 U \epsilon_0 S}{9}$; 3) $q = \frac{4 U \epsilon_0 S}{9}$.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

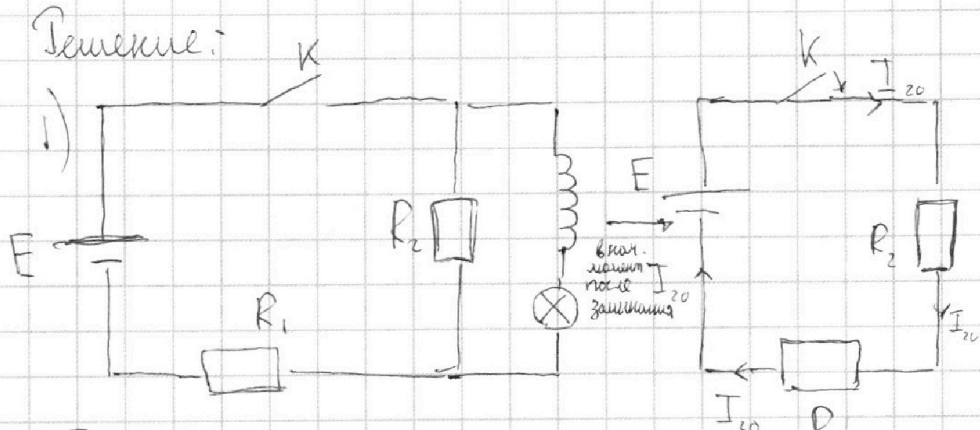
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$L = 0,8 \text{ Гн}$
 $E = 120 \text{ В}$
 $R_1 = 300 \text{ Ом}$
 $R_2 = 600 \text{ Ом}$

Решение:

- 1) $I_{20} - ?$
 2) $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{20} - ?$
 скорость возрастания тока через катушку сразу после замыкания
 3) $I_{\text{уст}} - ?$



Ток на катушке не может измениться мгновенно, значит $I_{0L} = 0 \rightarrow$ начальный ток через катушку.

$$I_{20} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{2}{15} \text{ А}$$

2) сразу после замыкания $V_L = 0$ (напряжение на катушке)



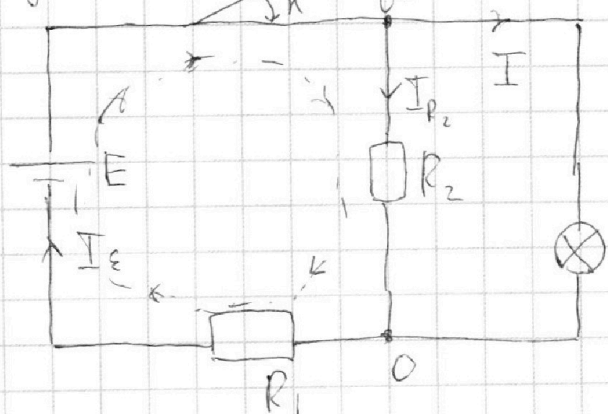
$$V_L + I_{20} R_1 = E \text{ (для внешнего контура)}$$

$$L \left(\frac{dI}{dt}\right)_{20} = E - I_{20} R_1 = E - \frac{E R_1}{R_1 + R_2} = \frac{E R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\left(\frac{dI}{dt}\right)_{20} = \frac{E R_2}{L(R_1 + R_2)} \approx 100 \text{ А/с} \quad (E = E)$$

3) В устоявшемся режиме $I = \omega n s t \Rightarrow V_L = \frac{dI}{dt} \cdot L = 0$

(учитав это нарисуем эквивалентную схему:



Запишем правила Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_\epsilon = I + I_{R_2} \\ U = R_2 I_{R_2} \\ R_2 I_{R_2} + I R_1 = E \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{R_2} = \frac{U}{R_2} \\ I_{R_2} (R_2 + R_1) + I R_1 = E \end{cases}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

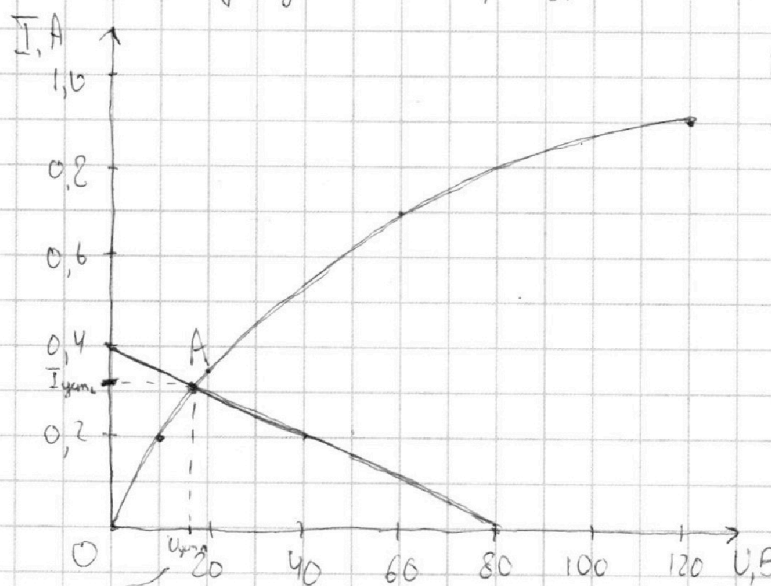
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$(R_1 + R_2) \frac{U}{R_2} + I R_1 = \mathcal{E}$$

$$I = \frac{\mathcal{E} R_2 - U R_1 - U R_2}{R_1 R_2} = \frac{\mathcal{E}}{R_1} - U \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right)$$

построим нагрузочную прямую для лампы, характеризующую все возможные режимы работы в данной цепи, ищем поволам найдем зависимость тока через лампочку от напряжения на лампочке для данной конфигурации цепи.



пересечение двух графиков это рабочая точка, то есть режим цепи через некоторое время после замыкания ключа будет соответствовать координатам этой точки.

найдем уравнение прямой $I(U) = \frac{\mathcal{E}}{R_1} - U \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right)$

координаты точки A пересечения: (17В; 0,32А)

(при $I=0$: $U=80В$)
(при $U=0$: $I=0,4А$)
построим прямую

$$I_{уст} = I_{уст} = 0,32 А$$

установившееся ток и напряжение на лампочке

Ответ: 1) $I_{20} = \frac{2}{15} А$; 2) $\left(\frac{dI}{dt} \right)_{t=0} = 100 А/с$; 3) $I_{уст} = 0,32 А$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

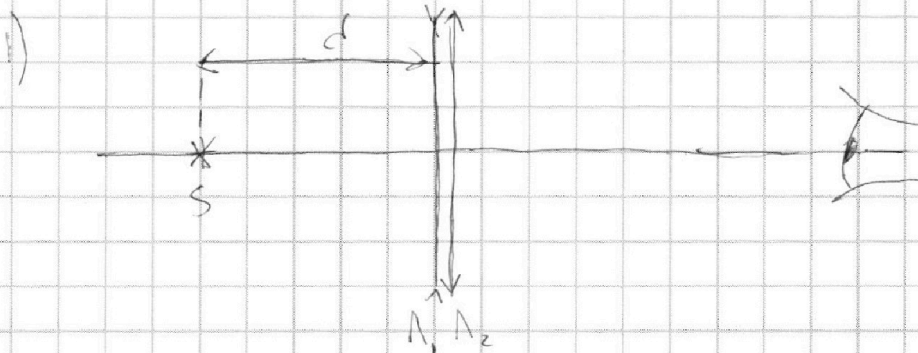
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$F_1 = -30 \text{ см}$
 $F_2 = 15 \text{ см}$
 $d = 45 \text{ см}$
 $V = 9 \text{ см/с}$
 $L = 6 \text{ см}$

- 1) $\chi_0 = ?$
 2) $\chi = ?$
 3) $|V| = ?$

Решение:



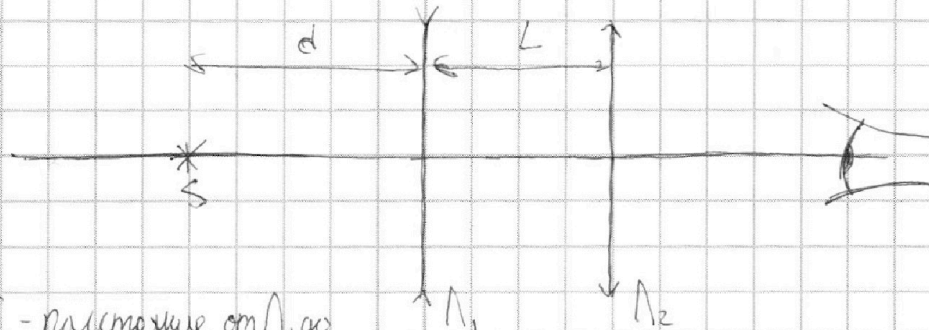
Поскольку линзы соединены вплотную, то $D_{\text{focus}} = D_{F_1} + D_{F_2}$,

значит $\frac{1}{F_{\text{focus}}} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_{\text{focus}} = \frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(-30) \cdot 15}{(-30) + 15} \text{ см} = 30 \text{ см}$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{\chi_0} = \frac{1}{F_{\text{focus}}} \leftarrow \text{формула тонкой линзы}$

$\chi_0 = \frac{F_{\text{focus}} \cdot d}{d - F_{\text{focus}}} = \frac{0,45 \cdot 0,3}{0,45 - 0,3} \text{ м} = 0,9 \text{ м} = 90 \text{ см}$

2)



Пусть f_1 - расстояние от Λ_1 до изображения в Λ_1 , тогда:

$\frac{1}{d} - \frac{1}{f_1} = -\frac{1}{|F_1|} \Rightarrow f_1 = \frac{d|F_1|}{d + |F_1|} = 18 \text{ см}$

Расстояние d_2 от Λ_2 до действительного предмета, действительное изображение которого в Λ_1 , равно $f_1 + L$;

$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{\chi} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow \chi = \frac{F_2 d_2}{d_2 - F_2} = \frac{F_2 (f_1 + L)}{f_1 + L - F_2} = 0,4 \text{ м} = 40 \text{ см}$

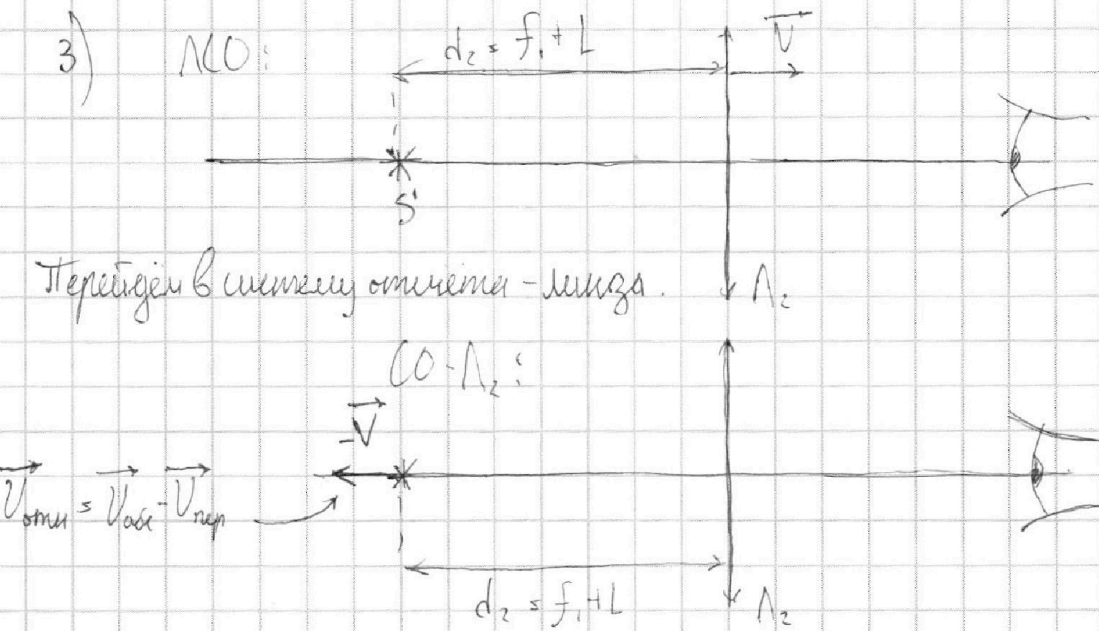
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Известно, что если источник движется вдаль ЛО, то

$$V_{\text{испр.}} = \lambda V_{\text{приемн.}} = \Gamma^2 V_{\text{приемн.}} \Rightarrow |U| = \Gamma^2 V$$

$$\Gamma = \left(\frac{f_2}{d_2} \right) \left(\frac{F_2}{d_2 - F_2} \right) = \frac{F_2}{(f_2 + L - F_2)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |U| = \frac{F_2}{(f_2 + L - F_2)^2} \cdot V = \frac{225}{81} \cdot 9 \text{ м/с} = 25 \text{ м/с} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $\lambda_0 = 0,9 \text{ м}$; 2) $\lambda = 0,4 \text{ м}$; $|U| = 25 \text{ м/с}$.

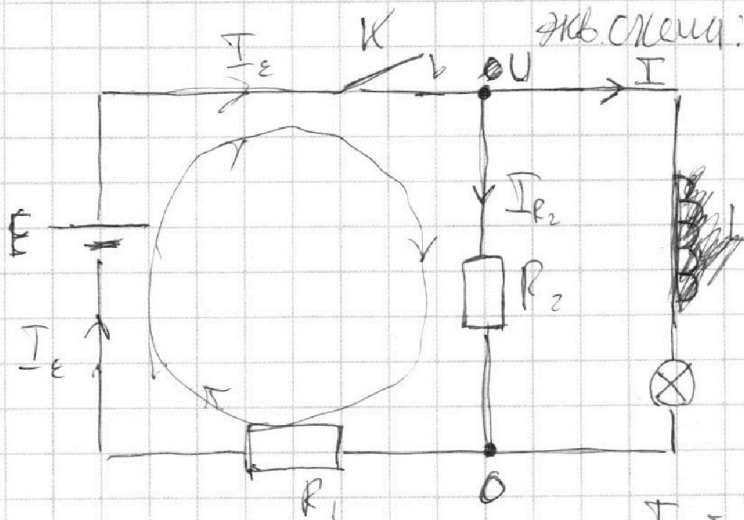
1 2 3 4 5 6 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3) устал. решил для катушки: ~~$\frac{d\Phi}{dt} = \text{const}$~~

$$I = \text{const} \Rightarrow U_L = \frac{dI}{dt} \cdot L = 0$$



$$I_E = I + I_{R_2}$$

попробую
нагрузочную
прямую для
лампочки, характеризующую
все возможные ее режимы работы в
данной цепи, иными словами
каждый зависимость тока
через лампочку от напряжения
на лампочке для данной конкретной
цепи.

$$I_{R_2} = \frac{U}{R_2}$$

$$R_2 I_{R_2} + I_E R_1 = \mathcal{E}$$

$$U = \mathcal{E} - I_E R_1$$

$$R_2 I_{R_2} + I_{R_2} R_1 + I R_1 = \mathcal{E}$$

$$(R_1 + R_2) \cdot \frac{U}{R_2} + I R_1 = \mathcal{E}$$

$$I = \frac{\mathcal{E} R_2 - U R_1 - U R_2}{R_1 R_2}$$

$$= \frac{\mathcal{E}}{R_1} - U \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right)$$

$$= \frac{120\text{В}}{300\Omega} - U \cdot \left(\frac{300 + 600\Omega}{300 \cdot 600\Omega} \right)$$

$$= \frac{2}{5}\text{А} - U \cdot \frac{1}{200\Omega}$$

$I = 0$: $U = 0,4\text{А} \cdot 200\Omega = 80\text{В}$

$U = 0$: $I = 0,4\text{А}$

$I = 0,32\text{А}$ (AB; 0,32A) + икс
точка →

→ $I = I_{\text{лампочка}} \approx 0,3\text{А}$

каждый для лампы
(ток, график - прямая)

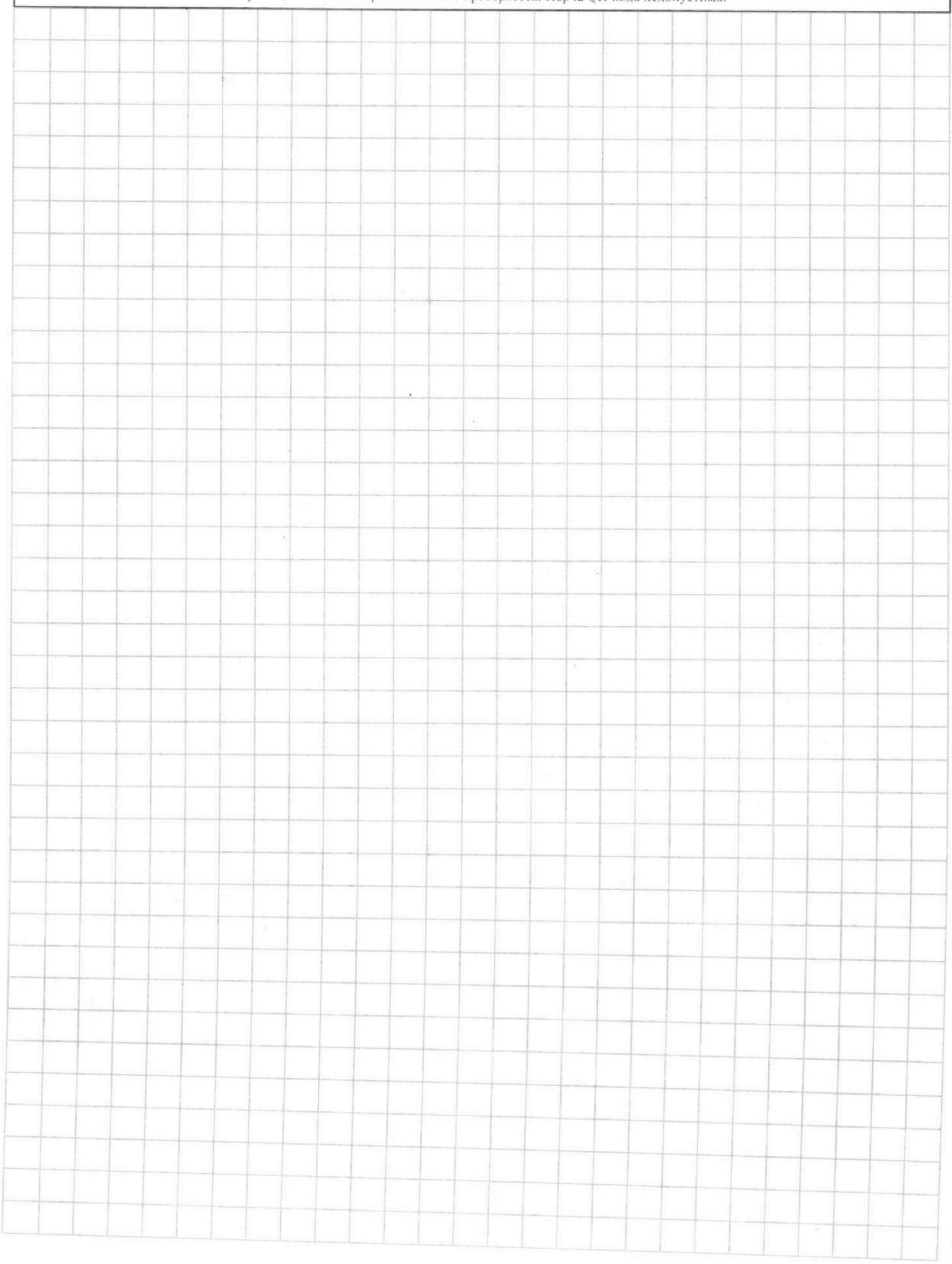
переносим графики
это работа лампы, по сути режим цепи
через разные значения замыкания ключа
будем соотносить координаты точек



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



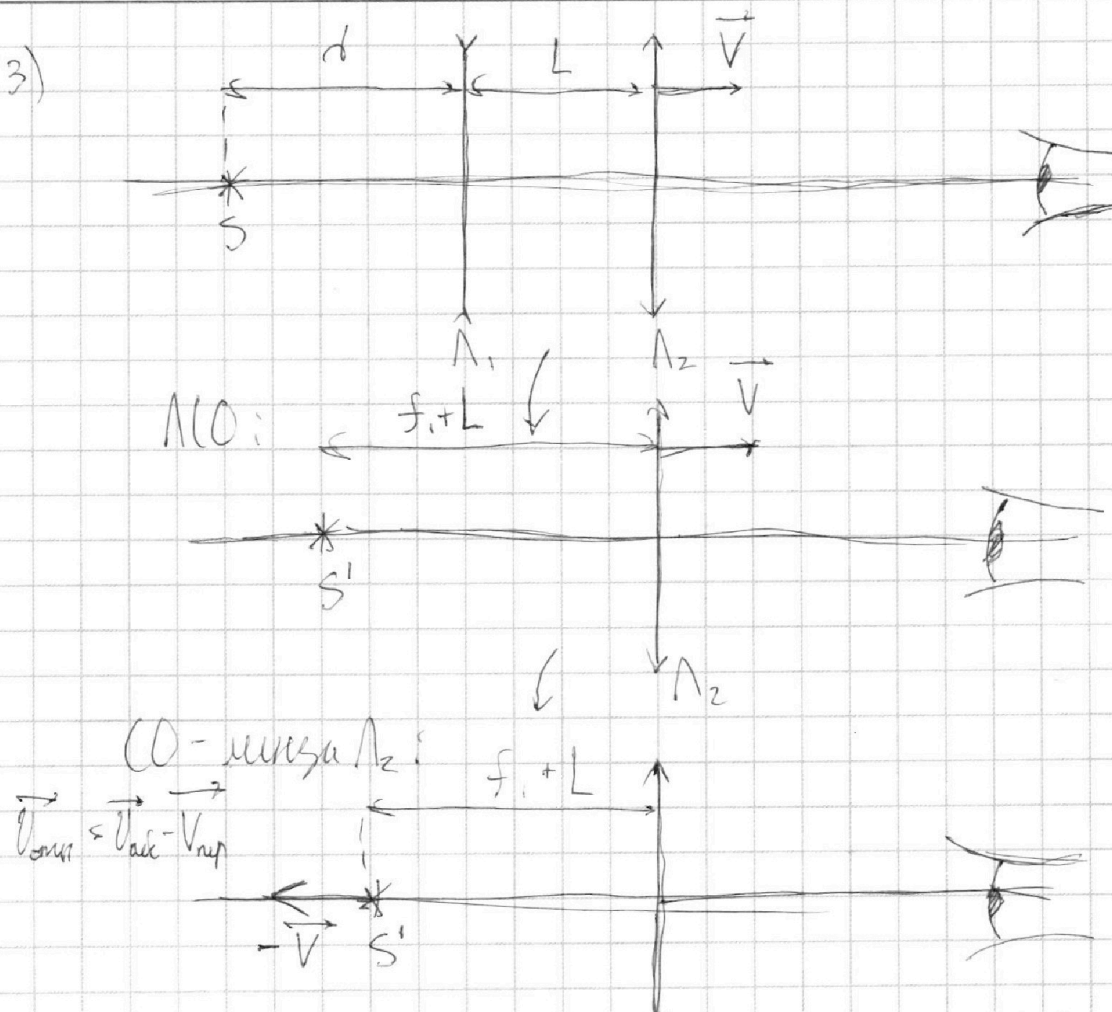
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Узнаем, что если источник движется вправо V :

$$\begin{aligned}
 v_{\text{нап}} &= v_{\text{акс}} - v_{\text{ист}} = \Gamma^2 v_{\text{акс}} \Rightarrow |U| = \Gamma^2 v \\
 \Gamma_0 &= \frac{f_0}{d_0} = \frac{F_0}{d_0} = \frac{F_0}{d_0 - F_0} \Rightarrow \Gamma^2 = \frac{F_0^2}{(F_0 - F_0)^2} \Rightarrow \\
 \Rightarrow |U| &= \frac{F_0^2}{(F_0 - F_0)^2} v = \frac{15^2}{(18 - 15)^2} \cdot 9 \text{ км/с} = \\
 &= \frac{225}{81} \cdot 9 \text{ км/с} = \frac{225}{9} \text{ км/с} = \underline{\underline{25 \text{ км/с}}}
 \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

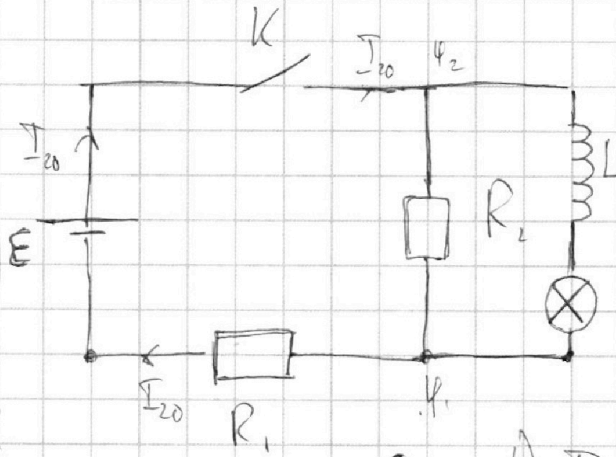
1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

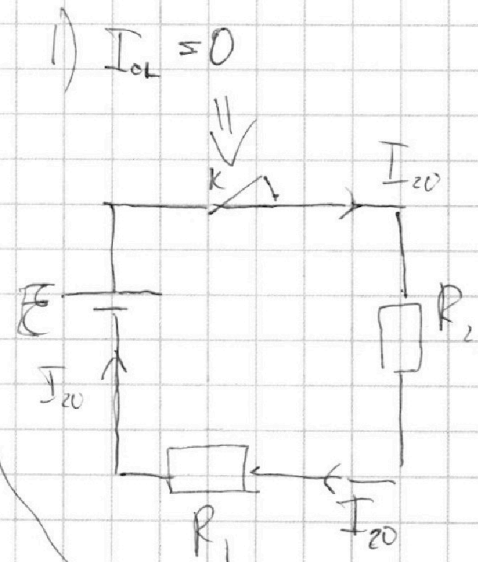
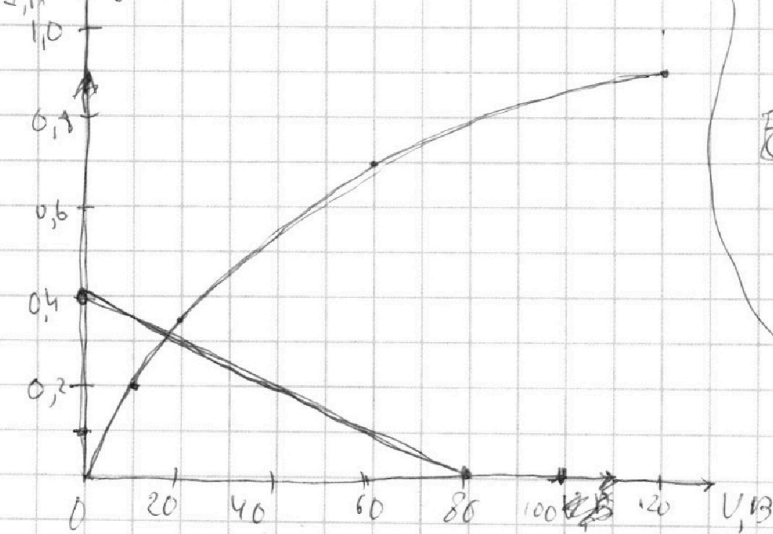
4

$L = 0,8 \text{ Гн}$
 $\mathcal{E} = 120 \text{ В}$
 $R_1 = 300 \text{ Ом}$
 $R_2 = 600 \text{ Ом}$



1) $I_{20} - ?$
 (сразу после К)
 2) $\frac{dI}{dt} - ?$
 (сразу после К)

3) $I_{\text{ум}} - ?$



$$I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} = \frac{120 \text{ В}}{300 \text{ Ом} + 600 \text{ Ом}} = \frac{120}{900} \text{ А} = \frac{2}{15} \text{ А}$$

2) В кач момент времени: $U_L = 0$
(после замык. ключа)

$$U_L = \mathcal{E} - I_{20} R_1$$

$$L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - I_{20} R_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{L} \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) = \frac{\mathcal{E}}{L} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) = \frac{\mathcal{E} R_2}{L(R_1 + R_2)}$$

$$= \frac{120 \cdot 600}{0,8 \cdot (300 + 600)} = \frac{120 \cdot 600}{0,8 \cdot 900} = \frac{140}{2,4} = \frac{2400}{24} = 100 \text{ А/с}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3

S, d

$\epsilon_1 = 2, d/2, S$

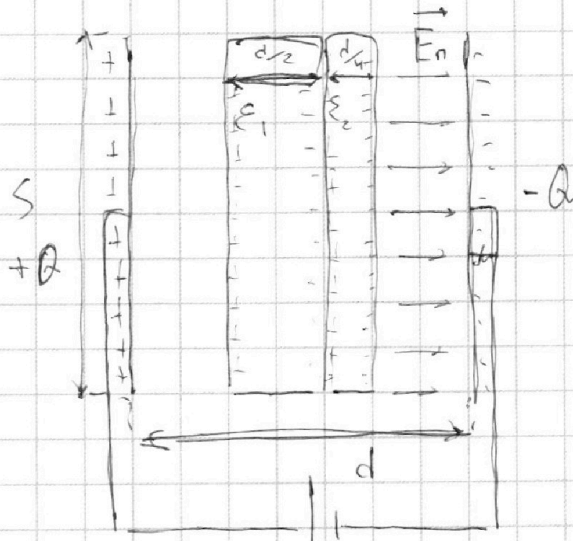
$\epsilon_2 = 4, d/4, S$

U

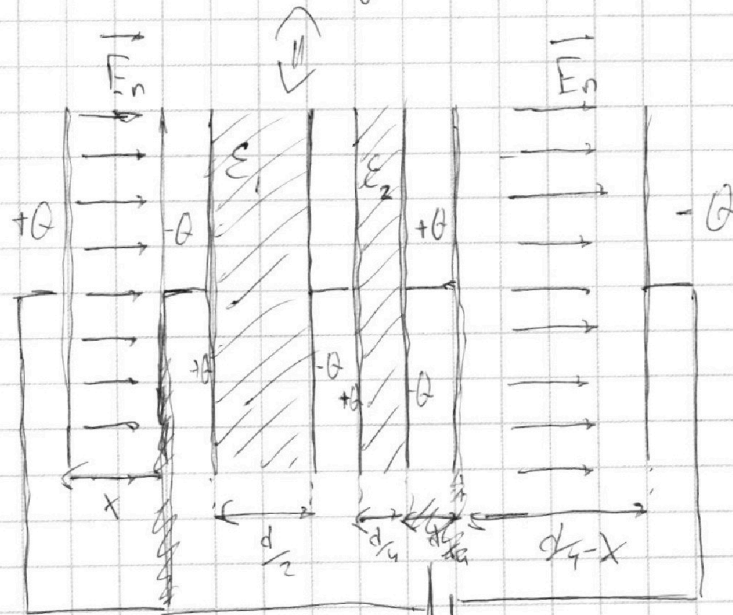
1) E_n - ?

2) Q - ?

3) q - ?



1)



$$U = E_n \cdot \frac{x}{4} + \frac{E_n}{\epsilon_1} \cdot \frac{x}{2} + \frac{E_n}{\epsilon_2} \cdot \frac{x}{4} = 4U$$

$$4U = E_n + E_n + \frac{E_n}{4} \Rightarrow 16U = 9E_n \Rightarrow E_n = \frac{16U}{9}$$

$$2) E_n = 2 \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = E_n \cdot \epsilon_0 S = \frac{16U\epsilon_0 S}{9}$$

$$3) E_{ind} = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{E_n}{\epsilon_1} \quad E_n = 2 \cdot \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{E_n}{\epsilon_2} \quad q = -q_1 + q_2$$

$$q_1 = E_n \cdot \epsilon_0 S \quad q_2 = \frac{3}{4} E_n \cdot \epsilon_0 S$$

$$q = -E_n \cdot \epsilon_0 S + \frac{3}{4} E_n \cdot \epsilon_0 S = E_n \cdot \epsilon_0 S \cdot \frac{1}{4} = \frac{4U\epsilon_0 S}{9}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



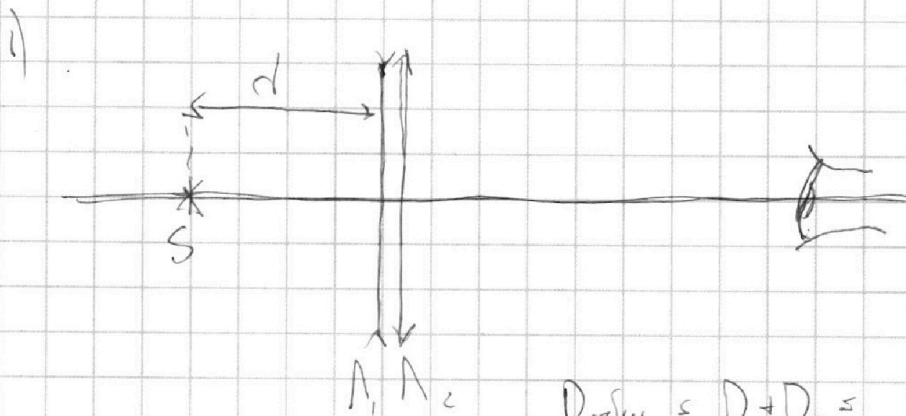
5

$F_1 = -30 \text{ см}$

$F_2 = 15 \text{ см}$

$d = 45 \text{ см}$

$V = 0,3 \text{ м/с}$



$D_{\text{объект}} = D_1 + D_2 =$

$= -\frac{1}{0,3 \text{ м}} + \frac{1}{0,15 \text{ м}} =$

$= \frac{2-1}{0,15 \text{ м}} = \frac{1}{0,15 \text{ м}} =$

$= \frac{10}{3} \text{ диоптр} \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{\text{объект}} = F_{\text{образ}} = 0,3 \text{ м} = 30 \text{ см}$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{F_0} = \frac{1}{F_{\text{объект}}}$

$d > F_{\text{объект}}$ *используем формулу*

$\chi_0 = \frac{F_{\text{объект}} \cdot d}{d - F_{\text{объект}}} = \frac{0,45 \cdot 0,3}{0,45 - 0,3} = \frac{0,135}{0,15} = 0,9 \text{ м} = 90 \text{ см}$

1) $\chi_0 = ?$

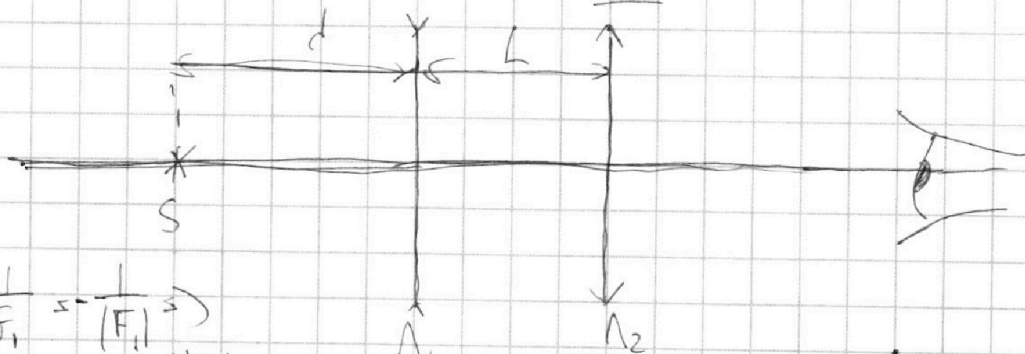
2) $\chi = ?$

$L = 6 \text{ см}$

3) $|U| = ?$

$L = 6 \text{ см}$

2)



$\frac{1}{d} + \frac{1}{F_1} = \frac{1}{|F_2|} \Rightarrow$

$\Rightarrow F_1 = \frac{|F_2| \cdot d}{d - |F_2|} = \frac{0,15 \cdot 0,3 \text{ м}}{0,15 \text{ м} - 0,3 \text{ м}} = \frac{0,045}{-0,15} \text{ м} = -\frac{45}{15} \cdot 0,3 \text{ м} = -3 \cdot 0,3 \text{ м} = -0,9 \text{ м} = -9 \text{ см}$

$= \frac{9}{50} \text{ м} = 18 \text{ см}$

$\frac{1}{L + f_1} + \frac{1}{\chi} = \frac{1}{F_2} \quad (F_2 < L + f_1 \Rightarrow \chi > 0)$

$\chi = \frac{F_2 \cdot (L + f_1)}{L + f_1 - F_2} = \frac{15 \cdot (18 + 6)}{18 + 6 - 15} = \frac{15 \cdot 24}{9} = \frac{5 \cdot 24}{3} = 5 \cdot 8 = 40 \text{ см}$

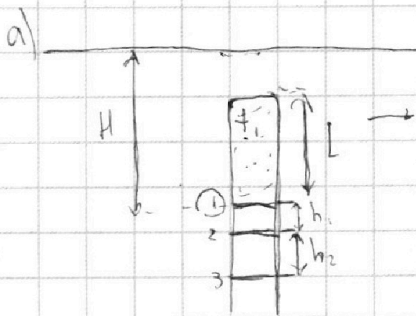
1 2 3 4 5 6 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

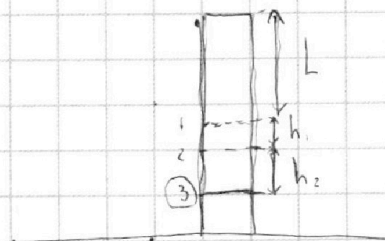
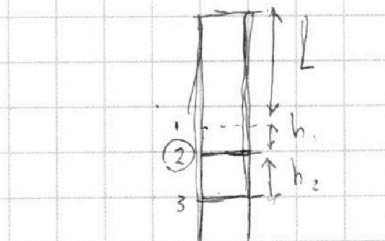


2

$t_1 = 37^\circ\text{C}$
 $t_2 = 8^\circ\text{C}$
 (резко)
 $\rho = \text{const}$
 $h_1 = 10 \text{ мм } 1 \rightarrow 2$
 (бумажка)
 $h_2 = 40 \text{ мм } 2 \rightarrow 3$
 (медянка)
 $\Delta p_{\text{воздуха}} \approx 0$



В таком состоянии прокрутка конденсата



1) L - ?

2) P_0 (мм.рт.ст.) - ?

$P_1(H) = 47 \text{ мм.рт.ст.}$

$P_2(H_2) = 467 \text{ мм.рт.ст.}$

P_1 и P_2 - давление насыщ. паров

$P_0 = 960 \cdot \frac{760}{10^5} \text{ мм.рт.ст.}$
 $= \frac{96 \cdot 76}{10^5} \text{ мм.рт.ст.}$

$\frac{96}{10^5} \cdot 76$
 $\frac{7296}{10^5}$

$P_0 = \frac{7296}{10000} \text{ мм.рт.ст.}$
 $= 7296 \text{ мм.рт.ст.}$
 $\approx 73 \text{ мм.рт.ст.}$

1) $\rho g H_0 = P_{\text{нап. пар}}$, $\rho g h = \rho R$ $P_0 L S = V R T_1$

$\rho g (H_0 + h_1) = P_1$

$\rho g (H_0 + h_2) = P_2$

$10^5 \text{ Па} = 760 \text{ мм.рт.ст.}$

$H_0 = \frac{4}{3} \cdot 72 \text{ мм} = 96 \text{ мм}$

$P_0 = \rho g H_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 96 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 960 \text{ Па}$

$P_0 L S = V R T_2$

$P_2 L S = V R T_3$

$\frac{P_2}{P_0} = \frac{L h_2}{L + h_1}$

$H_0 L + L h_2 = h_2 (L + h_1)$
 $H_0 L + L h_2 = h_2 L + h_2 h_1$
 $H_0 L = h_2 h_1$
 $H_0 = \frac{h_2 h_1}{L} = \frac{40 \text{ мм} \cdot (60 \text{ мм} + 10 \text{ мм})}{40 \text{ мм} - 10 \text{ мм}} = 62 \text{ мм}$

$\frac{L + h_1}{L} = \frac{T_2}{T_1}$
 $L T_1 + h_1 T_1 = L T_2$
 $L = \frac{h_1 T_1}{T_2 - T_1}$

$T_1 = 310 \text{ K}$
 $T_2 = 360 \text{ K}$
 $L = \frac{10 \text{ мм} \cdot 310 \text{ K}}{360 \text{ K} - 310 \text{ K}} = 5 \text{ K}$
 $= 62 \text{ мм}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$(p_{\text{нас}} + p_{\text{кисл}}) V = RT (V_{\text{нас}} + V_{\text{кисл}})$$

$$(p_{\text{нас}} + p_{\text{нас}} + p_{\text{кисл}} - p_{\text{кисл}}) = (V_{\text{нас}} + V_{\text{кисл}} + \frac{1}{2} V_{\text{кисл}} - V_{\text{кисл}}) RT$$

$$(p_0 + p_2)(L + h_2) S = RT_2 \cdot (V_{\text{кисл}} + V_{\text{нас}})$$

$$p_0(L + h_1) S = RT_2 \cdot V$$

$$p_0 L S = V RT_1$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

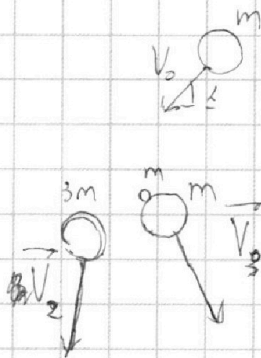
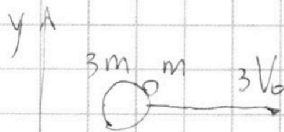
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$19V_0^2 = 3V_2^2 + 2V_3^2$$

$$V_{\text{центр}} = \frac{3mV_3 - 2mV_2}{3m + 2m}$$

$$V_{\text{центр}}^2 = V_3^2 + V_2^2 - 2V_2V_3$$



$$\frac{E_0}{3} = \frac{mV_3^2}{2} - \frac{mV_2^2}{2}$$

$$6mV_0^2 = m(V_3^2 - V_2^2)$$

$$3mV_0 = 4m \cdot 3V_0 - mV_0 \cos \alpha = 3m \cdot 3V_0 + 2mV_{3x}$$

$$mV_0 \sin \alpha = 3mV_{2y} + 2mV_{3y}$$

$$12mV_0 - \frac{1}{2}mV_0 = 3mV_{2x} + 2mV_{3x}$$

$$11,5V_0 = 3V_{2x} + 2V_{3x} \quad | \cdot 2$$

$$\bullet \quad 23V_0 = 6V_{2x} + 4V_{3x}$$

$$\times \quad \frac{\sqrt{3}}{2}mV_0 = 3mV_{2y} + 2mV_{3y} \quad | \cdot 2$$

$$\bullet \quad \sqrt{3}V_0 = 6V_{2y} + 4V_{3y}$$

$$\bullet \quad V_{2y}^2 + V_{2x}^2 = V_2^2$$

$$\bullet \quad V_{3y}^2 + V_{3x}^2 = V_3^2$$

$$23^2V_0^2 = 36V_{2x}^2 + 16V_{3x}^2 + 48V_{2x}V_{3x}$$

$$3V_0^2 = 36V_{2y}^2 + 16V_{3y}^2 + 48V_{2y}V_{3y}$$

$$1526V_0^2 = 36(V_{2x}^2 - V_{2y}^2) + 16(V_{3x}^2 - V_{3y}^2) = \frac{23^2}{4} + \frac{69}{4} = \frac{46}{4} = 11,5$$

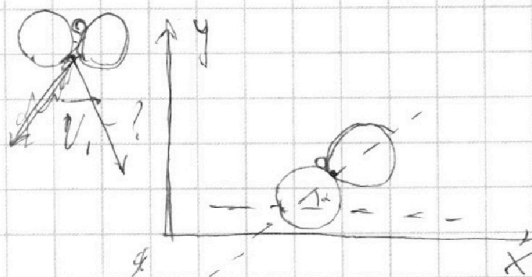
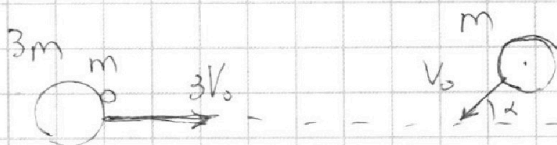
- 1 2 3 4 5 6 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

- 1) $3m, 3V_0$
 m, V_0
 $\alpha = 60^\circ$
 $m_1 = m$

Решение:

1)



1) $V_1 = ?$

2) $E_0 = ?$

3) $E_1, E_2 = \frac{E_0}{3}$

$V_{cmx} = ?$

$$12mV_0 - mV_0 \cos \alpha = 7mV_{1x}$$

$$V_{1x} = V_0 \frac{12 - \cos \alpha}{7}$$

$$V_{1y} = V_0 \frac{\sin \alpha}{7}$$

$$(3m+m) \cdot 3V_0 + mV_0 \cos \alpha =$$

$$= 7mV_{1x}$$

$$mV_0 \sin \alpha = 7mV_{1y}$$

$$V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = V_0 \sqrt{\left(\frac{11.5}{7}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{7}\right)^2} = \frac{V_0}{7} \sqrt{144 + \cos^2 \alpha + 5m^2 \alpha - 2 \cdot 12 \cdot \cos \alpha} = \frac{V_0}{7} \sqrt{133} = \frac{\sqrt{133}}{7} V_0$$

2) $3(-): \frac{4m \cdot (3V_0)^2}{2} + \frac{m \cdot V_0^2}{2} = E_0 + \frac{7m \cdot V_1^2}{2}$

$$4 \cdot 9V_0^2 + V_0^2 = 2E_0 + 7 \cdot \left(\frac{\sqrt{133}}{7} V_0\right)^2$$

$$37V_0^2 = 2E_0 + \frac{133}{7} V_0^2 \Rightarrow E_0 = \frac{37 \cdot 7 - 133}{14} \cdot mV_0^2 =$$

3) $\Delta E = \frac{E_0}{3} = 3mV_0^2$

$$3mV_0^2 + \frac{4m(3V_0)^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{3mV_1^2}{2} + \frac{2m(V_2)^2}{2} = 3mV_0^2$$

$$6mV_0^2 + 12mV_0^2 + mV_0^2 = 3m \cdot \frac{133}{49} V_0^2 + 2mV_2^2$$

$$19mV_0^2 = 3mV_1^2 + 2mV_2^2$$

$$19V_0^2 = 3V_1^2 + 2V_2^2$$