

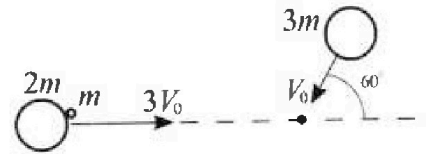
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-05

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

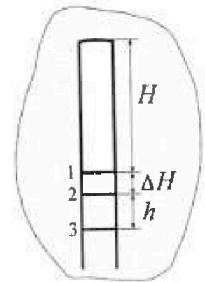


1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $2m$, скорость $3V_0$, масса второй шайбы $3m$, скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина 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 слипились, а пластилин полностью прилип к правой шайбе. При этом внутренняя энергия системы увеличилась на величину $E_0/2$ (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.

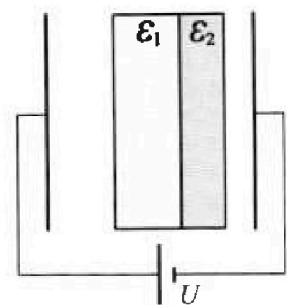
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Столб влажного воздуха имеет длину $H = 8$ см, температура установилась $t_1 = 27^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру системы резко поднимают до температуры $t_2 = 57^\circ\text{C}$, сохраняя прежнее давление. При этом вода в пробирке быстро опустилась с уровня 1 до уровня 2. После этого уровень воды начал медленно двигаться до уровня 3, опустившись на $h = 10,3$ мм. Изменением гидростатического давления на границе «воздух – вода» в пробирке можно пренебречь.



- 1) Найти расстояние ΔH между первым и вторым уровнями.
- 2) Найти давление в пробирке P_0 . Ответ дать в мм. рт. ст.

Примечание: давление насыщенного пара воды при температуре t_1 равно $P_1 = 27$ мм. рт. ст., при температуре t_2 равно $P_2 = 130$ 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 $d/3$, у другой пластины $\epsilon_2 = 3$, 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 левом 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

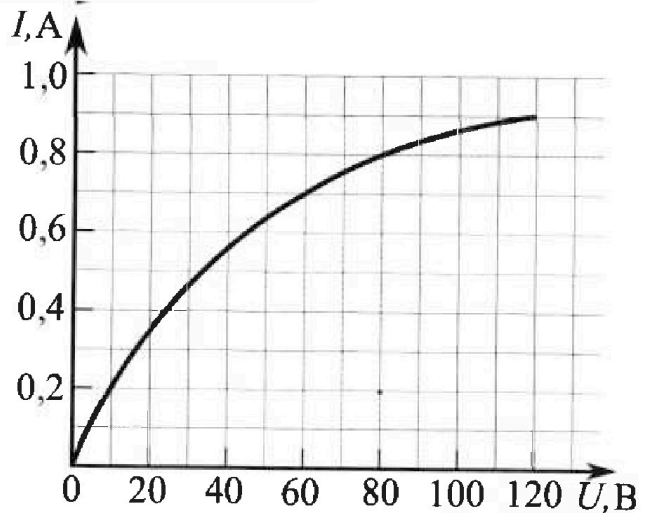
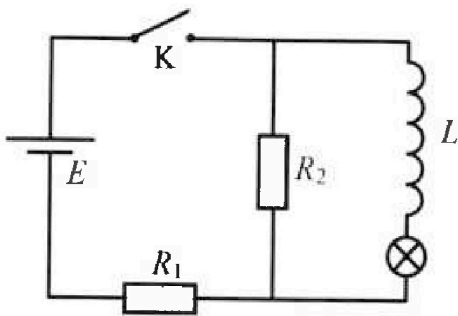
Вариант 11-05



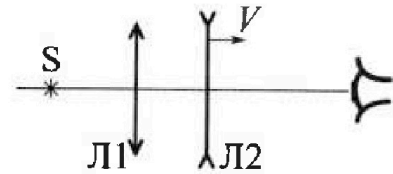
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,4$ Гн, $E = 120$ В, $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 400$ Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через R_1 сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока через катушку сразу после замыкания ключа.
- 3) Найти ток через лампочку в установившемся режиме после замыкания ключа.



5. Главные оптические оси двух тонких линз совпадают. У линзы Л1 фокусное расстояние $F_1 = 10$ см, у линзы Л2 фокусное расстояние $F_2 = -20$ см. Неподвижный точечный источник света S расположен на расстоянии $d = 40$ см от неподвижной линзы Л1. Линза Л2 удаляется от Л1 с постоянной скоростью $V = 2,5$ см/с. Изображение источника рассматривают со стороны линзы Л2 (см. рис.).



- 1) На каком расстоянии x_0 от линз располагалось 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 $L = 10$ см?
- 3) Найти скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 10$ см.

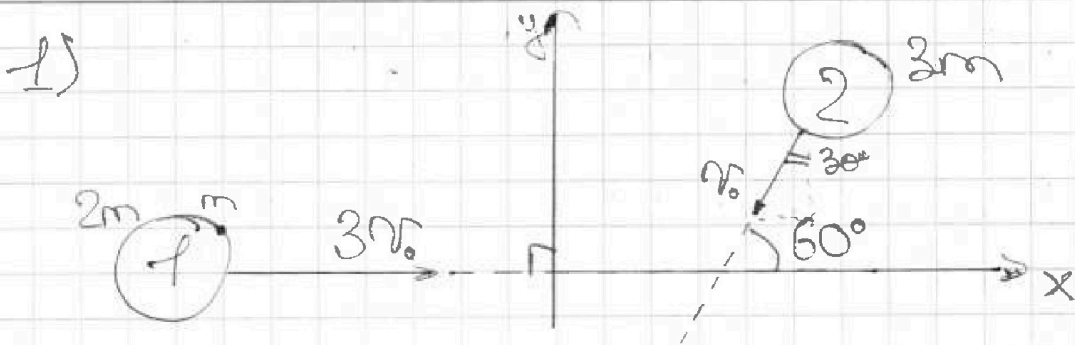
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Система является замкнутой, поэтому для справедливости ЗСИ:

$$(2m+m) \cdot \vec{v}_1 + 3m \vec{v}_2 = (2m+m+3m) \vec{v}$$

\vec{v} - скорость шара после удара; $|\vec{v}_1| = \frac{1}{2} v_0 \cdot 3$
 $|\vec{v}_2| = v_0$

$$\rightarrow 2m \vec{v}_1 + 3m \vec{v}_2 = 6m \vec{v}$$
$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{v}$$

$$x: v_{1x} + v_{2x} = 2v_x \Rightarrow v_x = \frac{v_{1x} + v_{2x}}{2}$$

$$v_{1x} = 3v_0, v_{2x} = -v_0 \cos 60^\circ = -\frac{v_0}{2}$$

$$v_x = \frac{3v_0 - \frac{v_0}{2}}{2} = \frac{6v_0 - v_0}{4} = \frac{5v_0}{4}$$

$$y: v_{1y} + v_{2y} = 2v_y \Rightarrow v_y = \frac{v_{1y} + v_{2y}}{2}$$

$$v_{1y} = 0, v_{2y} = -v_0 \sin 60^\circ = -\frac{\sqrt{3}v_0}{2}$$

$$v_y = \frac{0 - \frac{\sqrt{3}v_0}{2}}{2} = -\frac{\sqrt{3}v_0}{4}$$

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. Понятия QR-кода недопустима!

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(\frac{5v_0}{4}\right)^2 + \left(\frac{-\sqrt{3}v_0}{4}\right)^2} =$$
$$= \sqrt{\frac{25v_0^2 + 3v_0^2}{16}} = \frac{\sqrt{28v_0^2}}{4} = \frac{2\sqrt{7}v_0}{4} =$$
$$= \frac{\sqrt{7}v_0}{2}$$

2) E_1 - механ. энергия системы до удара
 E_2 - механ. энергия системы после удара

По закону сохранения энергии изменение внутренней энергии системы равно изменению механической энергии системы равно нулю:

$$\Delta E \Delta U + \Delta E = 0$$

$$E_0 = -\Delta E = -(E_2 - E_1) = E_1 - E_2$$

$$\Delta U = E_0$$
$$\Delta E = E_2 - E_1$$

~~$$E_1 = (2m+m) \cdot v_0^2 = E_k + E_k$$~~

$$E_1 = \frac{(2m+m) \cdot (3v_0)^2}{2} + \frac{2m \cdot v_0^2}{2} =$$

$$= \frac{3m \cdot 9v_0^2}{2} + \frac{2m \cdot v_0^2}{2} = \frac{27m \cdot 3v_0^2 + 2m \cdot v_0^2}{2} =$$

$$= \frac{30m \cdot v_0^2}{2} = 15m \cdot v_0^2$$

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 нелегальна!

$$E_2 = \frac{(2m + m + 3m) \cdot \left(\frac{\sqrt{7}v_0}{2}\right)^2}{2} =$$
$$= \frac{6m}{2} \cdot \frac{7v_0^2}{4} = \frac{21m v_0^2}{4}$$

$$E_0 = \frac{15m v_0^2}{4} + \frac{21m v_0^2}{4} = \frac{60m v_0^2 + 21m v_0^2}{4} =$$
$$= \frac{39m v_0^2}{4}$$

3) ~~Тяже описанного в условии удара~~

Ответ: 1) $\frac{\sqrt{7}v_0}{2}$

2) $\frac{39m v_0^2}{4}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

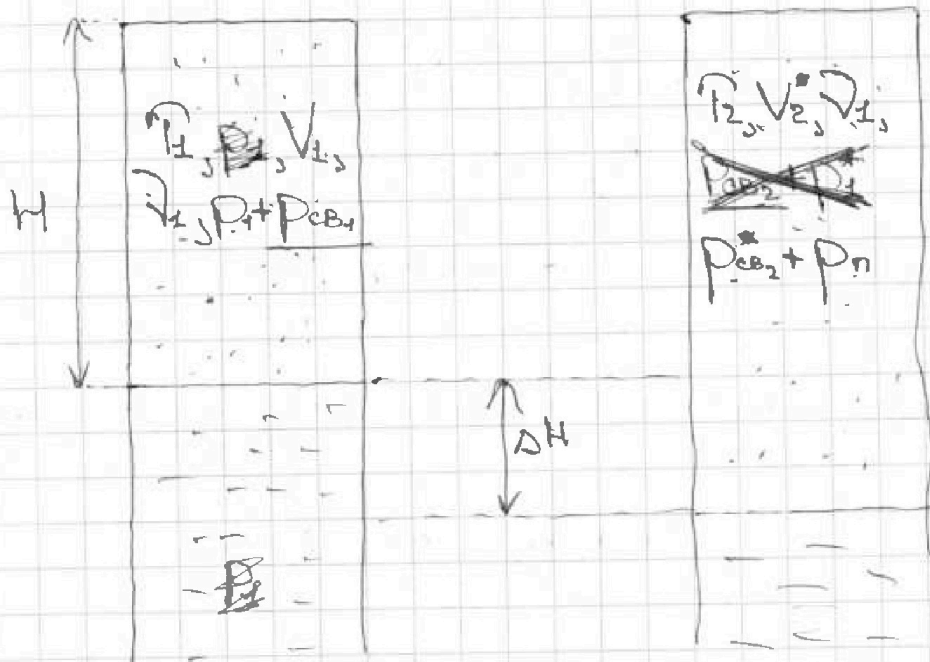
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

1)



Влажный воздух состоит из смеси газов, которые можно считать идеальными, и водяных паров.

П.к. воздух и вода находится в равновесии, то водяные пары являются насыщенными и их парциальное давление равно $p_2 = 27 \text{ мм.рт.ст.}$ при $t_2 = 27^\circ\text{C}$ ($T_2 = 300\text{K}$)

$p_{св}$ - давление смеси газов

После того как температура резко возросла до $t_2 = 57^\circ\text{C}$ ($T_2 = 330\text{K}$) уровень воды опустился, при этом водяной пар стал ненасыщенным, но концентрация воды не изменилась.

По закону Гей-Люссака: $\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$

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!

$$V_1 = SH, V_2^* = S(H + \Delta H)$$

$$\frac{T_1}{SH} = \frac{T_2}{S(H + \Delta H)} \Rightarrow (H + \Delta H) T_1 = T_2 H$$

$$T_1 H + T_1 \Delta H = T_2 H$$

$$T_1 \Delta H = T_2 H - T_1 H = H(T_2 - T_1) \Rightarrow \Delta H = \frac{H(T_2 - T_1)}{T_1} =$$

$$= \frac{8 \text{ см} \cdot (320 \text{ К} - 300 \text{ К})}{300 \text{ К}} = 8 \text{ см} \cdot \frac{20 \text{ К}}{300 \text{ К}} = 8 \text{ см} \cdot \frac{1}{15} =$$

$$= 0,53 \text{ см}$$

Ответ: $\Delta H = 0,53 \text{ см}$

2)



Успарение воды закончилась, водный пар стал насыщенным

$p_0 = p_2 + p_{св2}$; закон Бойля-Мариотта для смеси паров:

$$p_{св2} V_2 = p_{св2}^* V_2^*, \frac{V_2^*}{V_2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{320 \text{ К}}{300 \text{ К}} = \frac{32}{30} = \frac{16}{15}$$

$$\frac{p_{св2}}{p_{св2}^*} = 1,1$$

$$\frac{p_{св1} V_1}{T_1} = \frac{p_{св2}^* V_2^*}{T_2} \Rightarrow p_{св1} = p_{св2}^*$$

$$\frac{p_{св2}}{p_0 - p_1} = 1,1$$

$$p_{св1} + p_1 = p_0 \rightarrow p_0 - p_1 = p_{св2}^* \rightarrow$$

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 checked="" 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!

$$P_0 + P_{св2} = P_0 \Rightarrow P_{св2} = P_0 - P_2$$

$$\frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow P_0 - P_2 = \frac{1}{2} P_0 - \frac{1}{2} P_1$$

$$\frac{1}{2} P_1 - P_2 = -\frac{1}{2} P_0$$

$$P_0 = \frac{1}{2} P_1 - \frac{1}{2} P_2 =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 27 \text{ мм.рт.ст.} - \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ мм.рт.ст.}$$

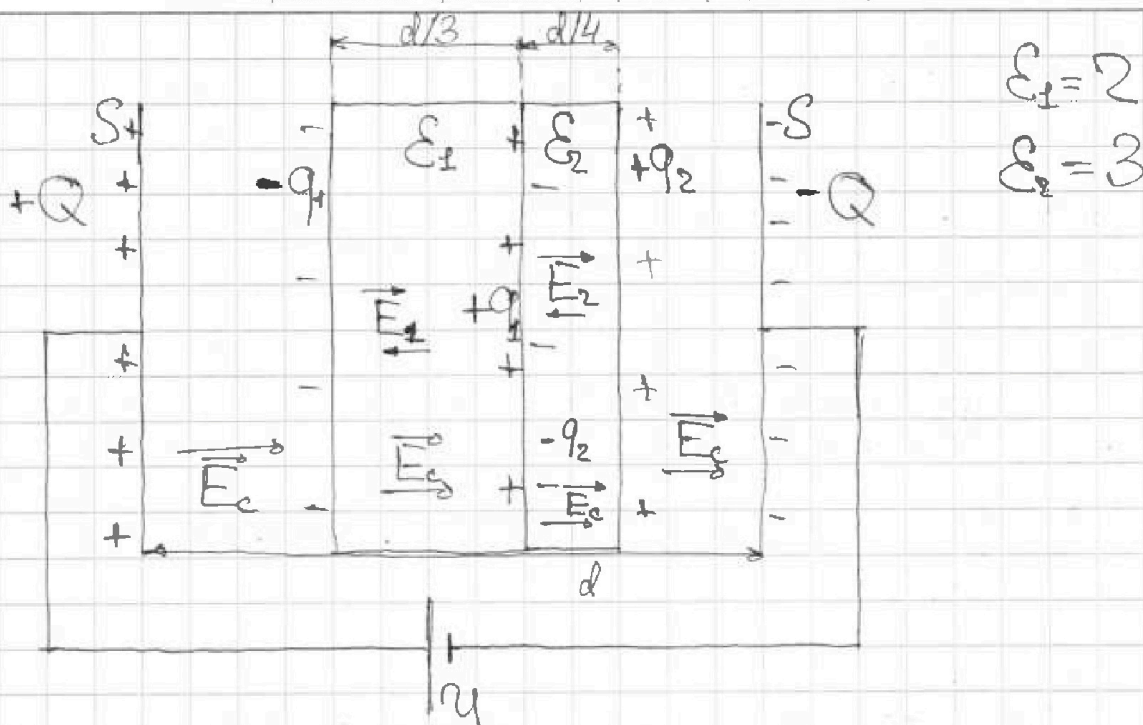
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



E_c - напряженность поля, создаваемого обкладками конденсатора.

$$E_c = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

E_2, E_1 - напряженности полей, создаваемых отдельно диэлектриками ϵ_2, ϵ_1 соответственно.

$$E_2 = \frac{q_2}{\epsilon_2 S}, \quad E_1 = \frac{q_1}{\epsilon_1 S}$$

$$\begin{aligned}
 1) \quad U &= E_c \left(d - \left(\frac{d}{3} + \frac{d}{4} \right) \right) + (E_c - E_1) \cdot \frac{d}{3} + (E_c - E_2) \cdot \frac{d}{4} = \\
 &= E_c \left(\frac{12d}{12} - \frac{4d+3d}{12} \right) + \frac{E_c d}{3} - \frac{E_1 d}{3} + \frac{E_c d}{4} - \frac{E_2 d}{4}
 \end{aligned}$$

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!



$$U = \frac{12E_{cd} - 7E_{cd}}{12} + \frac{7E_{cd} - E_{cd}}{3} - \frac{E_{cd}}{4}$$

$$U = E_{cd} - \frac{E_{cd}}{3} - \frac{E_{cd}}{4} \quad (1)$$

2) Напряженность поля в диэлектрике уменьшается в ϵ раз

$$\epsilon_1: \frac{E_c}{\epsilon_1} = E_c - E_1 \quad \epsilon_2: \frac{E_c}{\epsilon_2} = E_c - E_2$$

$$E_1 = E_c - \frac{E_c}{\epsilon_1}$$

$$E_2 = E_c - \frac{E_c}{\epsilon_2}$$

$$E_1 = E_c \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right)$$

$$E_2 = E_c \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right)$$

С учетом того, что $\epsilon_1 = 2, \epsilon_2 = 3$ получим:
 $E_1 = \frac{E_c}{2}, E_2 = \frac{2E_c}{3} \quad (2)$

Система уравнений (1) и (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} U = E_{cd} - \frac{E_{cd}}{3} - \frac{E_{cd}}{3} \Rightarrow U = E_{cd} - \frac{E_{cd}}{6} - \frac{2E_{cd}}{9} \\ E_1 = \frac{E_c}{2}, E_2 = \frac{2E_c}{3} \end{array} \right.$$

$$U = \frac{54E_{cd} - 9E_{cd} - 12E_{cd}}{54}$$

$$U = \frac{54E_{cd} - 21E_{cd}}{54} = \frac{33E_{cd}}{54} = \frac{11E_{cd}}{18}$$

$$\left(E_c = \frac{18U}{11} \right), E_c = E$$

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 checked="" 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!

3) ПП.к. $E_c = \frac{18V}{11d}$, $E_c = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$, но

$$\frac{18V}{11d} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = \frac{18\epsilon_0 S V}{11d}$$

4) Найдем E_1 и E_2 :

$$E_1 = \frac{E_c}{2} = \frac{18V}{11d} \cdot \frac{1}{2} = \frac{9V}{11d}; E_2 = \frac{2E_c}{3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{18V}{11d}$$

$$= \frac{12V}{11d}$$

Найдем заряды q_1 и q_2 :

$$E_1 = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \Rightarrow q_1 = E_1 \epsilon_0 S = \frac{9V}{11d} \cdot \epsilon_0 S = \frac{9\epsilon_0 S V}{11d}$$

$$E_2 = \frac{q_2}{\epsilon_0 S} \Rightarrow q_2 = E_2 \epsilon_0 S = \frac{12V}{11d} \cdot \epsilon_0 S = \frac{12\epsilon_0 S V}{11d}$$

Поларизованный заряд q равен:

$$q = q_1 + (-q_2) = \frac{9\epsilon_0 S V}{11d} - \frac{12\epsilon_0 S V}{11d} = \frac{-3\epsilon_0 S V}{11d}$$

Ответ: 1) $\frac{18V}{11d}$ ($E = E_c$)

2) $\frac{18\epsilon_0 S V}{11d}$

3) $-\frac{3\epsilon_0 S V}{11d}$

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 checked="" 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!

$$u_L(t) = \mathcal{E} - \varphi(t), \quad u_L(t) = L \dot{I}_L(t)$$

$$\mathcal{E} - \varphi(t) = L \dot{I}_L(t) \Rightarrow \dot{I}_L(t) = \frac{\mathcal{E} - \varphi(t)}{L}$$

Закон Ома для R_1 : $I_{10} = \frac{\varphi(t) - 0}{R_1} = \frac{\varphi(t)}{R_1} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \varphi(t) = I_{10} R_1 = \frac{12 \text{ A} \cdot 120 \text{ Ом}}{50} = 24 \text{ В}$

Тогда $\dot{I}_L(t) = \frac{120 \text{ В} - 24 \text{ В}}{0,4 \text{ Гн}} = \frac{96 \cdot \text{А}}{0,4 \text{ с}} = 240 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

2) В установившемся режиме напряжение на катушке равно нулю

Раставим переменные.

$$\begin{cases} I = I_2 + I_L \Rightarrow I_L = I - I_2 = \frac{\varphi}{R_1} - \frac{\mathcal{E} - \varphi}{R_2} \\ I_2 = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{R_2} \\ I = \frac{\varphi \cdot 0}{R_1} = \frac{\varphi}{R_1} \Rightarrow \varphi = I R_1 \end{cases} \Rightarrow I_L = \frac{\varphi}{R_1} - \frac{\mathcal{E} - \varphi}{R_2}$$

U - напряжение на катушке, $U = \mathcal{E} - \varphi$, $\varphi = \mathcal{E} - U$

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

$$I_L = \frac{-U}{R_1} + \frac{\mathcal{E}}{R_1} - \frac{-U}{R_2} = -\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)U + \frac{\mathcal{E}}{R_1}$$

$$96 \cdot \frac{10}{4} = 24 \cdot 10 = 240$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

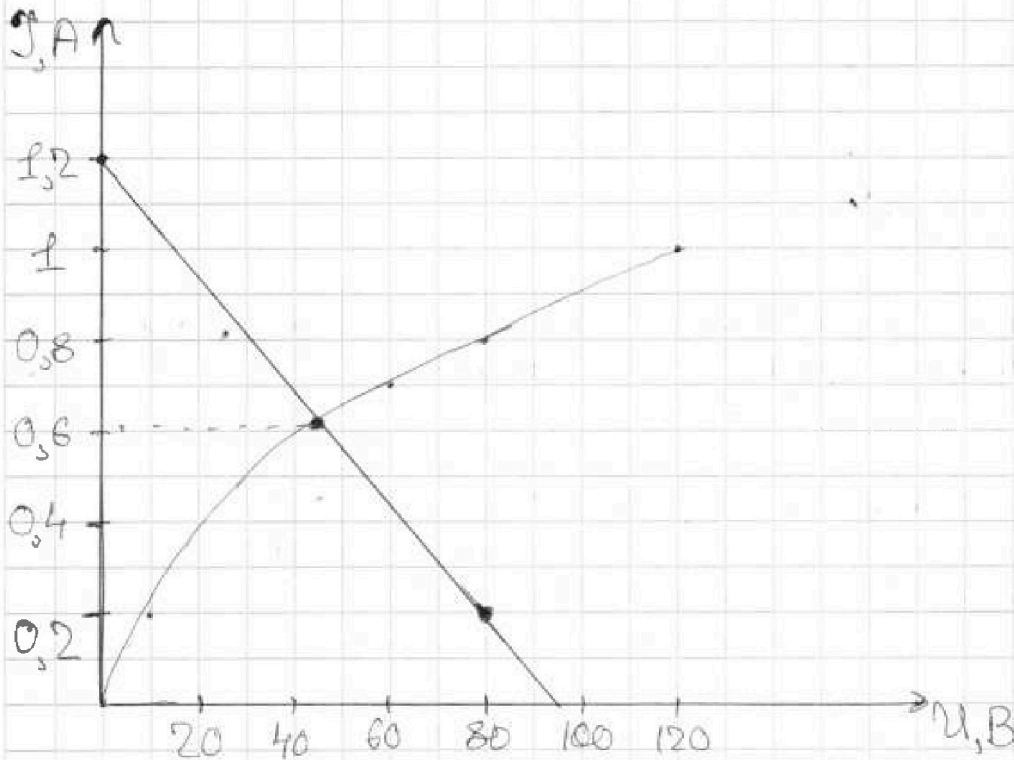
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

$$I_L = - \left(\frac{1}{100 \text{ Ом}} + \frac{1}{400 \text{ Ом}} \right) \cdot U + \frac{120 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}}$$

$$I_L = - \frac{5}{400 \text{ Ом}} \cdot U + 1,2 \text{ А} = - \frac{U [\text{В}]}{800 \text{ Ом}} + 1,2 \text{ А}$$



Ответ: 1) 0,24 А

2) 240 $\frac{\text{А}}{\text{с}}$

3) 0,6 А

$$\frac{45}{80} = \frac{9}{16} \rightarrow \frac{9 \cdot 16}{80 \cdot 16} = \frac{-45 + 12}{80} + \frac{12}{10} \rightarrow \frac{U}{80} = 0,6 \quad U = 80 \cdot \frac{6}{10} = 48$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

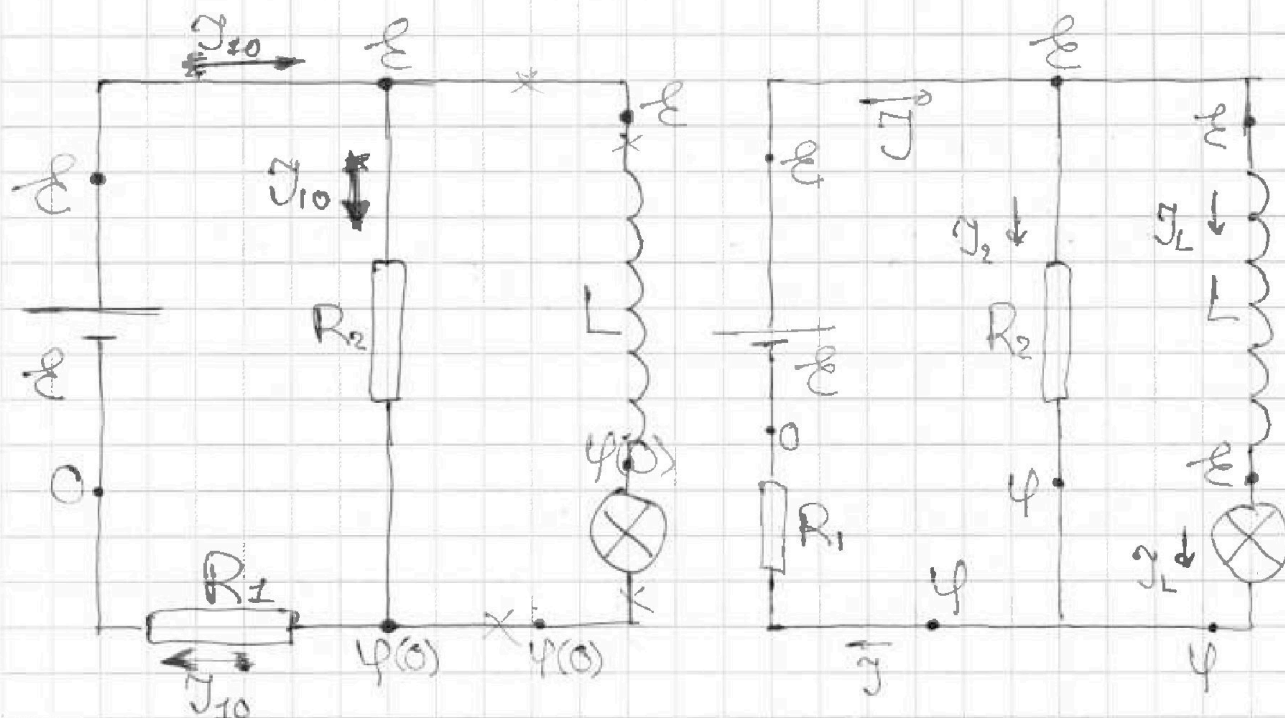
МФТИ

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



1) Сразу после замыкания ключа

2) Учет релакции



1) Сразу после замыкания ключа ток через катушку и лампу не меняется

По закону Ома для полной цепи:

$$I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} = \frac{120\text{В}}{100\text{Ом} + 400\text{Ом}} = \frac{12}{50} \text{А} = 0,24\text{А}$$

П.к. ток через лампу не меняется, то напряжение Ока не равно нулю (из ВАХ лампы)

Расставим потенциалы.

$U_L(0)$ - напряжение на катушке сразу после замыкания ключа

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

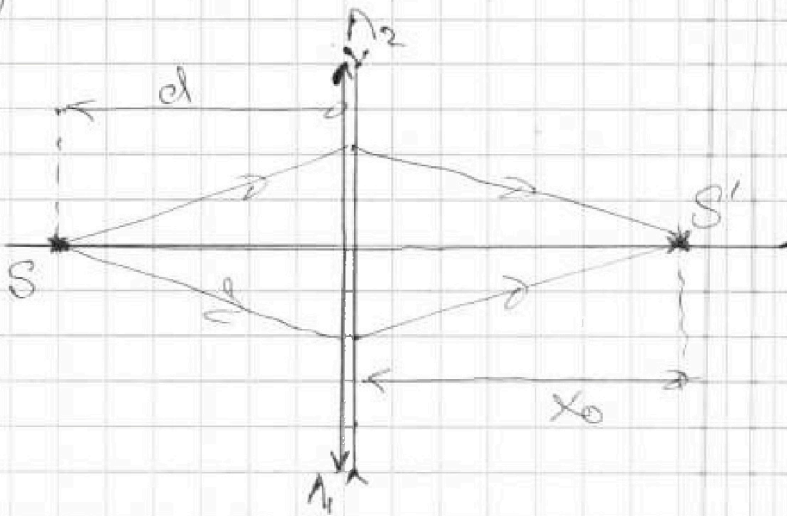
решение которой представлено на странице:

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

1)



$$\begin{aligned} F_1 &= 10 \text{ см} \\ F_2 &= 20 \text{ см} \\ d &= 40 \text{ см} \\ v &= 2,5 \text{ см/к} \end{aligned}$$

Система в точности приравняется линзе эквивалентна линзе с оптической силой D:

$$\begin{aligned} D &= D_1 + D_2; \quad D_1 = \frac{1}{F_1}, \quad D_2 = -\frac{1}{F_2} \\ D &= \frac{1}{F_1} - \frac{1}{F_2} = \frac{1}{10 \text{ см}} - \frac{1}{20 \text{ см}} = \frac{20 \text{ см} - 10 \text{ см}}{200 \text{ см}^2} = \frac{10}{200} \text{ см}^{-1} \\ &= \frac{1}{20} \text{ см}^{-1} \Rightarrow F = \frac{1}{D} = 20 \text{ см} \end{aligned}$$

Формула тонкой линзы: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f'}$

$$f = x_0 \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{x_0} \Rightarrow \frac{1}{x_0} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{Fd}$$

$$x_0 = \frac{Fd}{d - F} = \frac{20 \text{ см} \cdot 40 \text{ см}}{40 \text{ см} - 20 \text{ см}} = 40 \text{ см}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

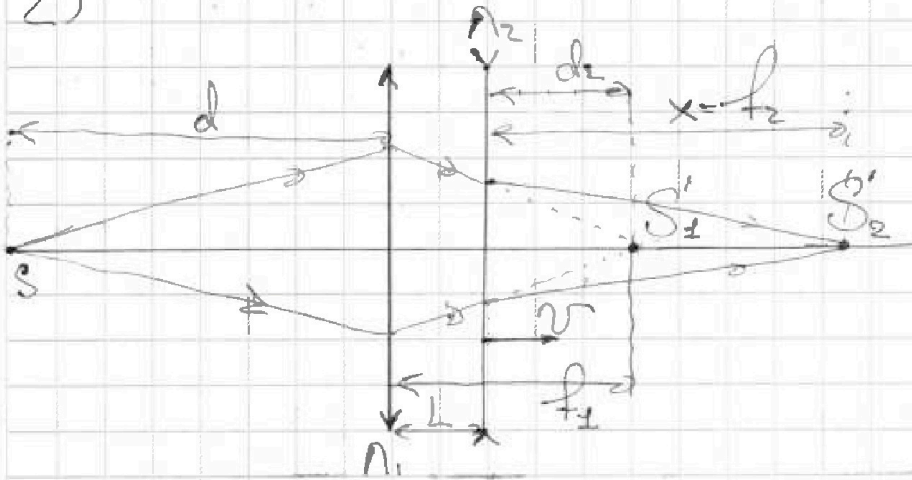
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

2)



S_1' - изображение предмета S в линзе L_1

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{d \cdot f_2}{d - f_2} =$$

$$= \frac{10 \text{ см} \cdot 40 \text{ см}}{40 \text{ см} - 10 \text{ см}} = \frac{10 \text{ см} \cdot 40}{30} = \frac{40}{3} \text{ см} > L = 10 \text{ см}$$

S_1' - виртуальный предмет для L_2

$$d_2 = f_1 - L = \frac{40}{3} \text{ см} - 10 \text{ см} = \frac{40 \text{ см} - 30 \text{ см}}{3} = \frac{10}{3} \text{ см}$$

Формула тонкой линзы:

$$-\frac{1}{f_2} = -\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{d_2 \cdot f_2}{f_2 - d_2} =$$

$$\frac{\frac{10}{3} \text{ см} \cdot 20 \text{ см}}{20 \text{ см} - \frac{10}{3} \text{ см}} = \frac{10 \cdot 20}{60 - 10} \text{ см} = \frac{200}{50} \text{ см} = 4 \text{ см}$$

$x = f_2 = 4 \text{ см}$ S_2' - изображение предмета S_1' в линзе L_2

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

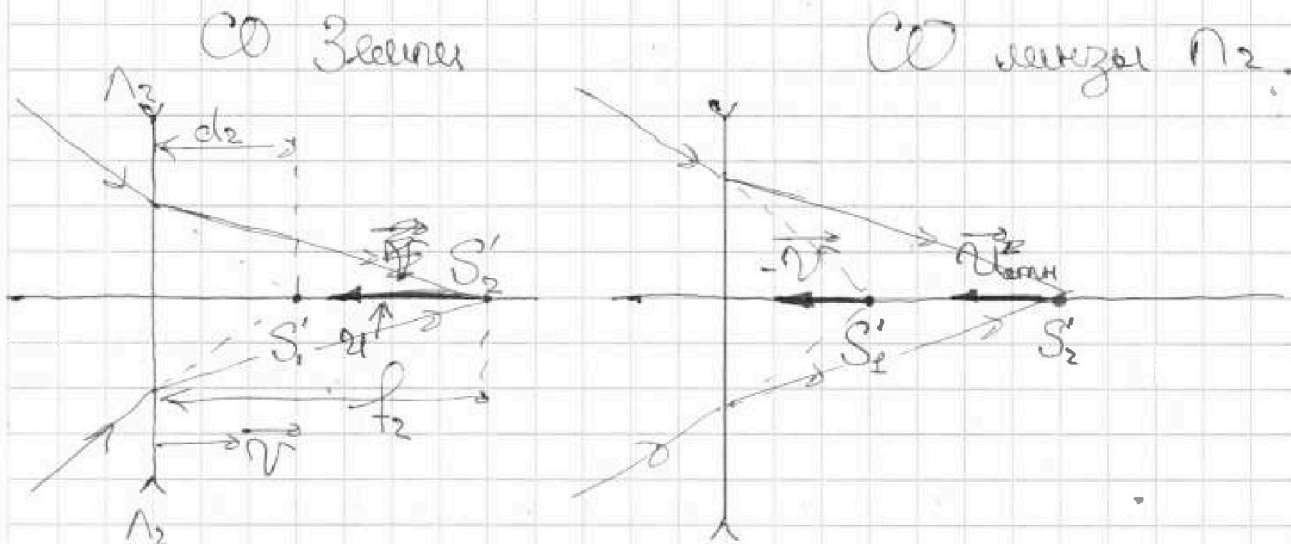
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

3) Переидем в СО линзы Λ_2 и рассмотрим движение S_1 предмета S_1 и его изображение S_2 в этой СО.



$$v_{\text{отн}} = \Gamma^2 \cdot v, \quad \Gamma = \frac{f_2}{d_2} = \frac{4 \text{ см}}{\left(\frac{10}{3} \text{ см}\right)} = \frac{12}{10} = 1,2$$

$$v_{\text{отн}} = (1,2)^2 \cdot v = 1,44v$$

$$\text{По ЗСС: } \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v} + \vec{v}$$

$$v = v_{\text{отн}} - v = 1,44v - v = 0,44v$$

$$v = 0,44 \cdot 2,5 \text{ см/с} = 1,1 \text{ см/с}$$

Ответ: 1) 40 см 3) 1,1 см/с
2) 4 см

$$0,44 \cdot \frac{5}{2} = 5 \cdot 0,22 = 1,10$$



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"/>



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

