

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

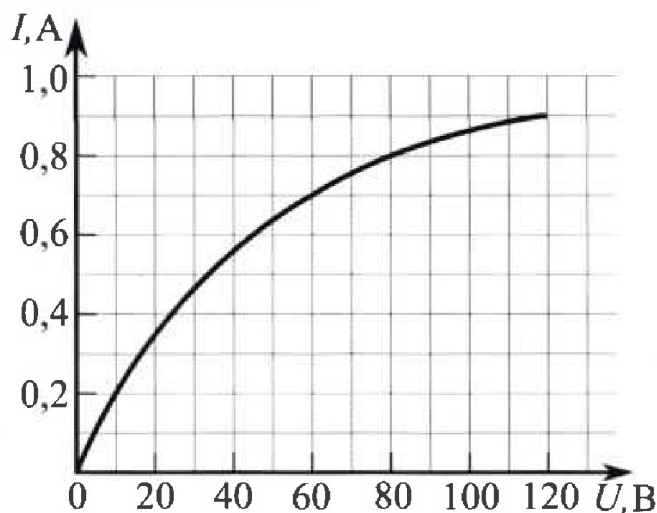
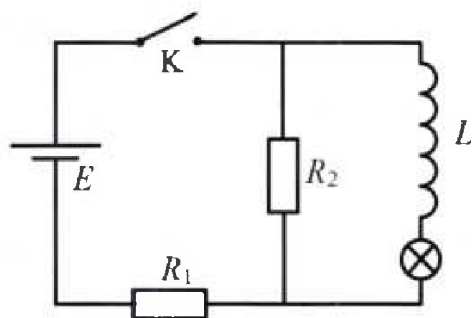
Вариант 11-05

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

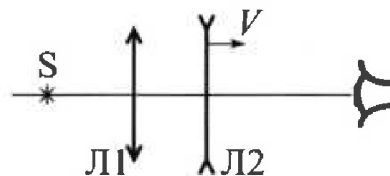


4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,4$ Гн, $E = 120$ В, $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 400$ Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 1) Найти ток I_{10} 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.



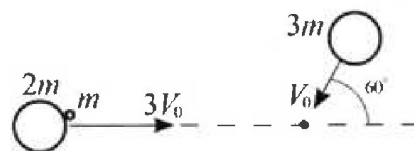
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-05

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

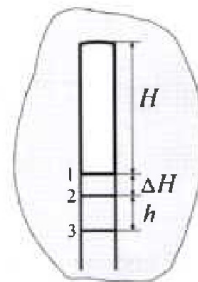


1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $2m$, скорость $3V_0$, масса второй шайбы $3m$, скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина 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 слиплись, 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.

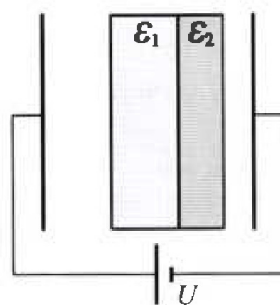
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Столб влажного воздуха имеет длину $H = 8$ см, температура установилась $t_1 = 27^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру 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.

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!

№1 (prog 2)

$$\frac{81}{8} v_0^2 = v_{2x}^2 + v_{2y}^2 + v_{4x}^2 + v_{4y}^2 \quad (1)$$

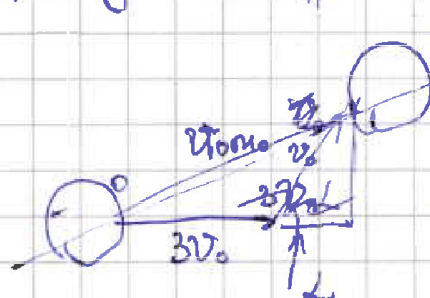
$$\left(\frac{15}{4} v_0\right)^2 = v_{2x}^2 + 4v_{2x}v_{4x} + 4v_{4x}^2 \quad (2)$$

$$\frac{27}{16} v_0^2 = v_{2y}^2 + 4v_{2y}v_{4y} + 4v_{4y}^2 \quad (3)$$

$$(1) - (2) \quad \left(\frac{81}{8} - \frac{225}{16}\right) v_0^2 = v_{2y}^2 + v_{4y}^2 - 3v_{4x}^2 - 4v_{2x}v_{4x}$$

$$(1) - (3) \quad \left(\frac{81}{8} - \frac{27}{16}\right) v_0^2 = v_{2x}^2 +$$

Перейдем в "CO" 3m



По теор. кос

$$v_{\text{отн.}}^2 = 9v_0^2 + v_0^2 - 6v_0^2 \cos(180^\circ - 60^\circ)$$

$$v_{\text{отн.}}^2 = 10v_0^2 - 6v_0^2 \cos(20^\circ)$$

$$= 10v_0^2 + 6v_0^2 \cos(60^\circ)$$

$$= 10v_0^2 + 6v_0^2 \cdot \frac{1}{2} = 13v_0^2$$

$$v_{\text{отн.}} = v_0 \sqrt{13}$$

см. prog 3

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

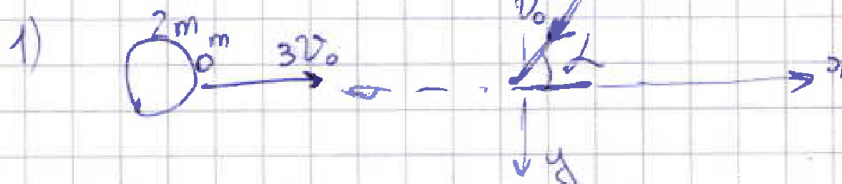
МФТИ

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

Дано
 m, v_0
 $\angle = 60^\circ$

- 1) $U_1 - ?$
- 2) $E_0 - ?$
- 3)

Решение:



$$\text{ЗСИ: ОХ: } 9mv_0 = 3mv_0 \cos \angle = 6mU_x$$

$$\text{ОУ: } 3mv_0 \sin \angle = 6mU_y$$

$$\begin{cases} mv_0(9 - 3 \cdot \frac{1}{2}) = 6mU_x \\ U_y = \frac{v_0 \cdot \sqrt{3}}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{15}{2} v_0 = \frac{12}{2} U_x \\ U_y = \frac{\sqrt{3}}{4} v_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_x = \frac{15}{12} v_0 = \frac{5}{4} v_0 \\ U_y = \frac{\sqrt{3}}{4} v_0 \end{cases}$$

$$U_1^2 = U_x^2 + U_y^2 = v_0^2 \left(\frac{25}{16} + \frac{3}{16} \right) = v_0^2 \left(\frac{28}{16} \right) = \frac{7}{4} v_0^2$$

$$1. \text{ Ответ: } U_1 = v_0 \frac{\sqrt{7}}{2}$$

$$2) \text{ ЗСЭ: } \frac{3m \cdot (3v_0)^2}{2} + \frac{3mv_0^2}{2} = \frac{6mU_1^2}{2} + E_0$$

$$\frac{27mv_0^2}{2} + \frac{3mv_0^2}{2} = \frac{6 \cdot 7}{4 \cdot 2} mv_0^2 + E_0$$

$$15mv_0^2 - \frac{21}{4}mv_0^2 = E_0$$

$$\frac{m v_0^2}{4} (60 - 21) = E_0 \quad \text{См прог!}$$



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

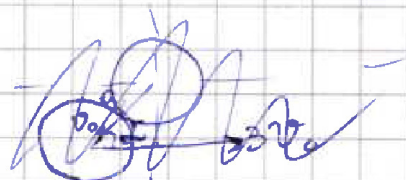
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\sqrt{1}(\text{прзг}) \quad \frac{mV_0^2}{4}(60-21) = E_0$$

$$\text{2. Ответ: } E_0 = \frac{39}{4} mV_0^2$$

3)

$$\frac{1 \cdot 12 + 14 + 13}{1 - \frac{1}{5} - \frac{1}{4}} = \frac{12 - 4 - 3}{12} = \frac{5}{12}$$



$$\text{ЗСХ: } 9mV_0 - \frac{3}{2}mV_0 = 2mU_{2x} + 4mU_{4x}$$

$$\text{ОУ: } \frac{3\sqrt{3}}{2}mV_0 = 2mU_{2y} + 4mU_{4y}$$

$$\text{ЗСЭ: } 15mV_0^2 = \frac{E_0}{2} + \frac{2mU_2^2}{2} + \frac{4mU_4^2}{2}$$

$$15mV_0^2 = \frac{89}{8}mV_0^2 = mU_2^2 + 2mU_4^2$$

$$\frac{81}{8}V_0^2 = U_2^2 + 2U_4^2$$

$$\frac{15}{4}V_0 = U_{2x} + 2U_{4x}$$

$$\frac{3\sqrt{3}}{4}V_0 = U_{2y} + 2U_{4y}$$

См. прог 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!

Л1 (прод 3) ЗСИ: $3m U_{отн0} = 2m U_{отн1} + 4m U_{отн2}$
ЗСЭ: $\frac{3m(U_{отн0})^2}{2} = \frac{E_0}{2} + \frac{2m U_{отн1}^2}{2} + \frac{4m U_{отн2}^2}{2}$

Пусть $отн_1 = 1$ ~~вариант~~

$$3\sqrt{13} v_0 = 2u_1 + 4u_2 \quad (1)$$

$$39v_0^2 = \frac{39}{4}v_0^2 + 2u_1^2 + 4u_2^2$$

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{aligned} \frac{3 \cdot 39}{4} v_0^2 &= 2u_1^2 + 4u_2^2 \\ 3\sqrt{13} v_0 &= 2u_1 + 4u_2 \end{aligned} \right. & \left\{ \begin{aligned} \frac{3 \cdot 39}{4} v_0^2 &= 2u_1^2 + 4u_2^2 \quad | \cdot 4 \\ 9 \cdot 13 v_0^2 &= 4u_1^2 + 16u_1u_2 + 16u_2^2 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

$$3 \cdot 39 = v_0^2 = 8u_1^2 + 16u_2^2$$

$$3 \cdot 39 v_0^2 = 4u_1^2 + 16u_1u_2 + 16u_2^2$$

$$8u_1^2 + 16u_2^2 = 4u_1^2 + 16u_1u_2 + 16u_2^2$$

$$4u_1^2 = 16u_1u_2; \quad 4u_1(u_1 - 4u_2) = 0$$

$$\begin{cases} u_1 = 0 \\ u_1 = 4u_2 \end{cases}$$

Подставим в (1)

$$\begin{cases} 3\sqrt{13} v_0 = 4u_2 \\ 3\sqrt{13} v_0^2 = 12u_2^2 \end{cases} \quad ; \quad \begin{cases} u_2 = \frac{3\sqrt{13} v_0}{4} \\ u_1 = 0 \\ u_2 = \frac{3\sqrt{13} v_0}{12} \\ u_1 = \frac{4 \cdot 3\sqrt{13} v_0}{12} \end{cases} \text{ см прод 4.}$$



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. Порча QR-кода недопустима!

$U_{отн} = U_2 - U_1$ Отн. скорость одинакова, вне зависи-
мости от ИСО

$|U_{отн}| = \begin{cases} \frac{3\sqrt{3}}{4}v_0 \\ \frac{3}{4}\sqrt{13}v_0 \end{cases}$ 3. Ответ: $|U_{отн}| = \frac{3}{4}\sqrt{13}$

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 (прог 1)

$$\cancel{V_2} H \frac{T_2 - T_1}{T_2} = \Delta H$$

$$\Delta H = H \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

$$\Delta H = 8 \text{ см} \cdot \frac{30}{300} = 8 \text{ см} \cdot \frac{1}{10}$$

1. Ответ $\Delta H = 0,8 \text{ см}$

2) $p_0 = p_{b2} + p_1 \quad (1)$

$p_0 = p_{b3} + p_2 \quad (2)$

$(2) - (1) \quad (p_{b3} - p_{b2}) + (p_2 - p_1) = 0 \quad \therefore p_2 - p_1 = p_{b2} - p_{b3}$

$$p_2 - p_1 = \frac{\nu R T_2}{S(H + \Delta H)} - \frac{\nu R T_2}{S(H + \Delta H + h)}$$

$$\frac{S}{\nu R} = \frac{T_2}{p_2 - p_1} \left(\frac{1}{H + \Delta H} - \frac{1}{H + \Delta H + h} \right)$$

$$\frac{S}{\nu R} = \frac{T_2}{p_2 - p_1} \frac{h}{(H + \Delta H + h)(H + \Delta H)} \quad \frac{H + \Delta H (p_2 - p_1)}{h} = \frac{\nu R T_2}{S}$$

$$p_0 = p_{b3} + p_2 = p_2 + \frac{\nu R T_2}{S(H + \Delta H + h)}$$

$$p_0 = p_2 + (p_2 - p_1) \frac{H + \Delta H}{h}$$

см. прог 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!

√2 (прод 2)

$$p_0 = (130 + (130 - 27) \cdot \frac{80 + 8}{10,3}) \text{ мм рт. ст.} = (130 + 103 \cdot \frac{880}{103}) \text{ мм рт. ст.} = (130 + 880) \text{ мм рт. ст.}$$

2. Ответ: $p_0 = 1010$ 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. Поря QR-кода недопустима!

√ 2 Дано

$$H = 8 \text{ см}$$

$$t_1 = 27^\circ \text{C}$$

$$t_2 = 57^\circ \text{C}$$

$$h = 10,3 \text{ см}$$

$$p_1 = 27 \text{ мм рт.ст}$$

$$p_2 = 130 \text{ мм рт.ст}$$

- 1) $\Delta H = ?$
- 2) $p_0 = ?$

Решение:

①

$$T_1, SH, p_0 = p_{v1} + p_{n1}$$

(v - воздуха)
(n - пара воды)

Сразу после поднятия температура газ расширится, т.к. пробирка находится долго, то $p_{n1} = p_1$ (пар насыщен)

②

$$T_2, S(H + \Delta H), p_0 = p_{v2} + p_{n2}$$

Затем пар стал насыщенным и $p_{n2} = p_2$ (пар насыщен)

③

$$T_2, S(H + \Delta H + h), p_0 = p_{v3} + p_{n3}$$

1) ~~7~~ ③

$$p_{v1} = \frac{\nu RT_1}{SH_1}$$

$$p_{v2} = \frac{\nu RT_2}{S(H + \Delta H)}$$

$$\Rightarrow \frac{H_2}{T_1} = \frac{H + \Delta H}{T_2}$$

$$p_0 = p_{v1} + p_1 = p_{v2} + p_1 \Rightarrow p_{v1} = p_{v2}$$

$$H - H \quad H - H \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{\Delta H}{T_2} \quad \frac{T_2}{T_1} H - H = \Delta H \text{ см. прод.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

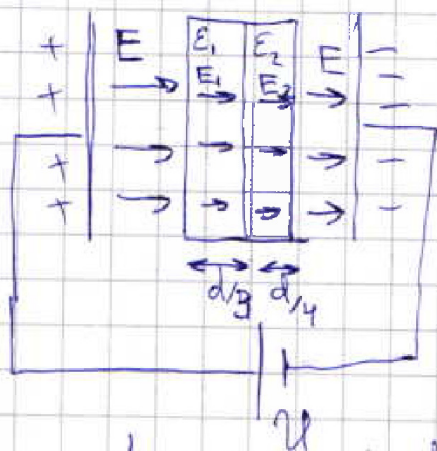
МФТИ

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



№3 Дано:
 S, d, U
 $\epsilon_1 = 2; \epsilon_2 = 3$

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



$$E_1 = \frac{E}{\epsilon_1}, E_2 = \frac{E}{\epsilon_2}$$

$$E_1 = \frac{E}{2}, E_2 = \frac{E}{3}$$

$$1) U = E_1 \cdot \frac{d}{3} + E_2 \cdot \frac{d}{4} + E \left(d - \frac{d}{3} - \frac{d}{4} \right)$$

$$U = \frac{Ed}{6} + \frac{Ed}{12} + \frac{Ed \cdot 5}{12} = \frac{Ed}{12} (2 + 1 + 5) = \frac{8}{12} Ed$$

$$U = \frac{2}{3} Ed$$

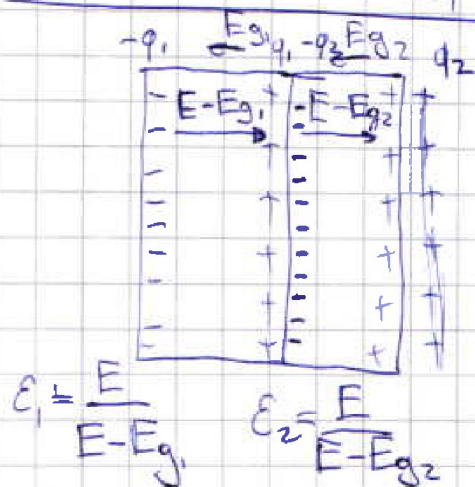
$$E = \frac{3U}{2d}$$

1. Ответ: $E = \frac{3U}{2d}$

$$2) E = \frac{Q}{S\epsilon_0}; \frac{3U}{2d} = \frac{Q}{S\epsilon_0}; Q = \frac{3\epsilon_0 US}{2d}$$

2. Ответ: $Q = \frac{3\epsilon_0 US}{2d}$

3)



E_g - поле создаваемое
дипольными
поляризованными
зарядами

$$\frac{1}{\epsilon_i} = 1 - \frac{E_{gi}}{E}; E_{gi} = E \left(1 - \frac{1}{\epsilon_i} \right)$$

$$E_{gi} = E \frac{\epsilon_i - 1}{\epsilon_i} \text{ см. прил.}$$



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!

$\sqrt{3}(\text{пог})$

$$E_{g1} = E \cdot \frac{2-1}{2} = \frac{1}{2} E$$
$$E_{g2} = E \cdot \frac{3-1}{3} = \frac{2}{3} E$$

$$E_{g_i} = \frac{q_i}{S\epsilon_0} \quad q_i = E_{g_i} S\epsilon_0$$

$$\left| \begin{array}{l} q_1 = \frac{1}{2} E S\epsilon_0 \\ q_2 = \frac{2}{3} E S\epsilon_0 \end{array} \right| \Rightarrow q = E S\epsilon_0 \left(\frac{3}{6} - \frac{4}{6} \right)$$
$$q = q_1 - q_2 \quad q = -\frac{1}{6} S\epsilon_0 \cdot \frac{2U}{2d}$$

3. Ответ: $q = -\frac{1}{4} \epsilon_0 S U$

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!

Запрет 2)

$$I = \frac{I_1}{U_1} \quad \text{и} \quad U_1 = \frac{I_1}{I}$$

$$\text{Пусть } R_1 = \frac{1}{2} \quad U_1 = I_1 R_1$$

$$E = I_1 R_1 + I_1 R_2 \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right)$$

подставим численные значения

$$I_1 = I_2 + I_2 \frac{R_2}{R_1} \quad I_1 = I_2 \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$120 \text{ В} = 100 I_1 \frac{\text{В}}{\text{А}} + U_1 \frac{5}{4} \quad | \cdot \frac{1}{100} \frac{\text{А}}{\text{В}}$$

$$I_1 = 1,2 \text{ А} - \frac{U_1 \text{ В}}{80 \text{ В}}$$

$$I_1 = 0, \text{ при } U_1 = 1,2 \cdot 80 \text{ В} = 96 \text{ В}$$

То есть $I_1(U)$ — есть прямая от $(1,2 \text{ А}; 0 \text{ В})$ до $(0 \text{ А}; 96 \text{ В})$. Теперь нужно найти т. пересечения $I_1(U)$ с ВАХ лампы, там будет искомая искатель тока. Т.к. в аудитории мне запретили чертить на графике (то значение будет дано примерное (линейки) тоже забрали)

3. Ответ $I_1 \approx 0,6 \text{ А}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

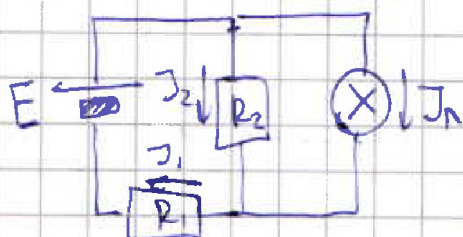
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача 4 (прод.)

В установившемся режиме $\dot{I}_L = 0 \Rightarrow U_L = 0$,
тогда катушку можно заменить проводом



$$J_2 R_2 =$$

$$U_{\text{ВХ}} \quad L = \frac{J_n}{U_n}$$

Нам нужно выразить

R_1 или $\frac{J_n}{U_n}$, по графику
можно будет
найти J_n

$$E = J_2 R_2 + J_1 R_1 \quad (1)$$

$$J_2 R_2 = J_n R_1 \quad (2)$$

$$J_1 = J_2 + J_n \quad (3)$$

$$\text{Подставим (2) в (3): } J_1 = J_2 + J_2 \frac{R_2}{R_1}$$

$$J_1 = J_n + J_n \frac{R_1}{R_2}; \quad J_1 = J_n \frac{R_2 + R_1}{R_2} \quad (4)$$

Подставим в (1) - (2) и (4)

$$E = J_n R_1 + J_n \frac{R_1}{R_2} (R_2 + R_1); \quad E =$$

$$E = J_n \frac{R_2 R_1 + R_1 R_2 + R_1 R_1}{R_2} \quad J_n R_1 = U_n$$

$$E = J_n R_1 + J_n R_1 \frac{(R_1 + R_2)}{R_2} \quad \underbrace{J_n R_1}_{U_n} \quad \text{см. прод. 2}$$

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

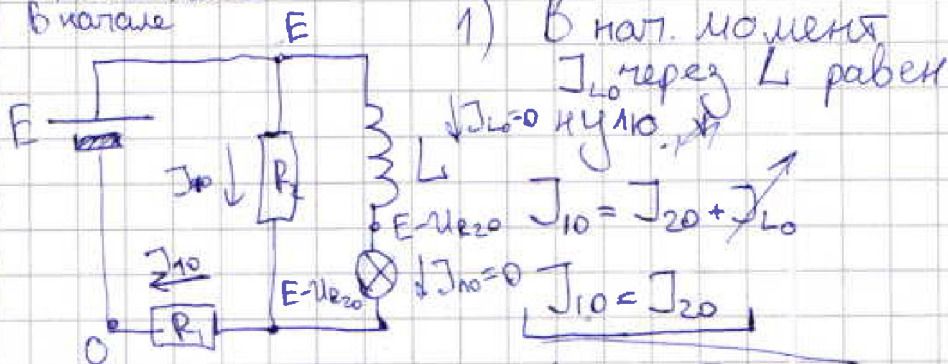
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№ 4 Дано:

$L = 0,4 \text{ Гн}$
 $E = 120 \text{ В}$
 $R_1 = 100 \Omega$
 $R_2 = 400 \Omega$
ВАХ лампы.

- 1) $J_{10} - ?$
- 2) $J_L - ?$
- 3) $J_A - ?$

Решение:



$$E = J_{10} R_1 + J_{20} R_2 \quad \left/ \quad J_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2} \right.$$

$$J_{10} = \frac{120}{500} \text{ А} = 0,24 \text{ А}$$

1. Ответ: $J_{10} = 0,24 \text{ А}$

2) Т.к. $J_{L0} = 0, \text{ то } U_L = 0$ (из ВАХ лампы)

$$U_{R20} = U_{L0} = L \dot{J}_{L0} \quad \dot{J}_{L0} = \frac{J_{10} R_2}{L}$$

$$\dot{J}_{L0} = \frac{E}{L} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\dot{J}_{L0} = \frac{120 \text{ В}}{0,4 \text{ Гн}} \frac{400}{500} = \frac{1200}{4} \cdot \frac{4}{5} \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$\dot{J}_{L0} = 240 \text{ А/с}$$

2 Ответ: $\dot{J}_{L0} = 240 \text{ А/с}$

См. прод 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!

№5 (прод.)

т.к. $L < f_1$, то S_1 (изображение от L_1) будет мнимым.

$$-\frac{1}{(f_1 - L)} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{-F_2(f_1 - L)}{(f_1 + L) - F_2}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{-20 \text{ см} \left(\frac{40}{3} - 10 \right)}{\left(\frac{40}{3} - 10 \right) + 20} = \frac{-20 \text{ см} \cdot 10}{3 \left(\frac{10}{3} + 20 \right)} = \frac{-200 \text{ см}}{70}$$

$$f_2 = \frac{20 \text{ см} \left(\frac{40}{3} - 10 \right)}{\left(10 - \frac{40}{3} \right) + 20} = \frac{20 \cdot 10 \text{ см}}{3 \left(-\frac{10}{3} + 20 \right)} = \frac{200 \text{ см}}{50} = 40 \text{ см}$$

$$x_1 = f_2$$

2. Ответ: $x_1 = 40 \text{ см}$ (справа)

3) Перейдем в $CO_1 L_2$

$$f_1 = \frac{F_2(L - f_1)}{(L - f_1) - F_2} \quad \left| \frac{d(\cdot)}{dt} \right.$$

$$v_2 = \frac{d(f_1)}{dt} \left(\frac{F_2(L - f_1)}{(L - f_1) - F_2} \right)'$$

$$v_2 = \frac{d(f_1)}{dt} \left(\frac{F_2}{(L - f_1) - F_2} - \frac{F_2(L - f_1)}{(L - f_1 - F_2)^2} \right) \quad v_2 = \frac{d(f_1)}{dt} \left(\frac{F_2}{(L - f_1 - F_2)^2} \right)$$

см. прод. 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!

№5 Дано: / Решение:

$$F_1 = 10 \text{ см}$$

$$F_2 = -20 \text{ см}$$

$$d = 40 \text{ см}$$

$$V = 2,5 \text{ см/с}$$

- 1) x_0 - ?
- 2) $L_1 = 10 \text{ см}$
- 3) $L = 10 \text{ см}$
- 4) u - ?

1) По закону сложения оптических сил,
если линзы стоят вплотную, то
их оптические силы складываются:

$$\frac{1}{x_0} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} ; \frac{1}{x_0} + \frac{1}{d} = \frac{F_1 + F_2}{F_1 F_2}$$

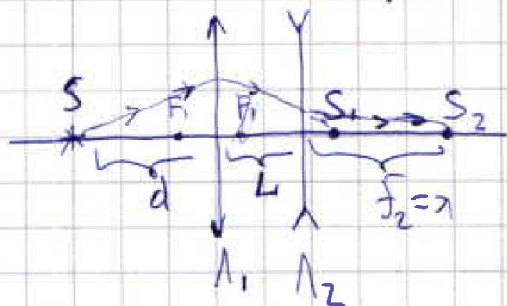
$$x_0 = \left(\frac{F_1 + F_2}{F_1 F_2} - \frac{1}{d} \right)^{-1}$$

$$x_0 = \left(\frac{10 - 20}{-20 \cdot 10 \text{ см}} - \frac{1}{40 \text{ см}} \right)^{-1} = \left(\frac{-10}{-200} - \frac{1}{40} \right)^{-1} \text{ см} =$$

$$= \left(\frac{1}{20} - \frac{1}{40} \right)^{-1} \text{ см} = \left(\frac{1}{40} \right)^{-1} \text{ см} = 40 \text{ см}$$

1. Ответ $x_0 = 40 \text{ см}$ (справа)

2)



Найдем изображение от первой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow f_1 = \frac{F_1 d}{d - F_1} ; f_1 = \frac{10 \text{ см} \cdot 40 \text{ см}}{40 \text{ см} - 10 \text{ см}} = \frac{400}{30} \text{ см}$$

$$= \frac{40}{3} \text{ см}$$

см. прил. 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!

√5 (прод 2)

$$u_{\text{отн}} = \left(\frac{F_2}{L + F_1 - F_2} \right)^2$$

$$|u| = 2,5 \text{ см/с} \left(\frac{-20}{10 - \frac{40}{3} + 20} \right)^2 =$$

$$= \frac{5}{2} \text{ см/с} \cdot \left(\frac{20 \cdot 3}{30 - 40 + 60} \right)^2 =$$

$$= \frac{5}{2} \text{ см/с} \cdot \left(\frac{60}{50} \right)^2 = \frac{5}{2} \text{ см/с} \cdot \frac{36}{25} = \frac{18}{5} \text{ см/с} = 3,6 \text{ см/с}$$

3. ~~Ответ~~ $|u|_{\text{отн}} = 3,6 \text{ см/с}$

Перейдем теперь в СО „Земля“

$$u = u_{\text{отн}} + v$$

$$u = 3,6 \text{ см/с} + 2,5 \text{ см/с} = 6,1 \text{ см/с}$$

3. Ответ: $6,1 \text{ см/с}$



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!

Черновик

$$9 - \frac{3}{2} = \frac{18-3}{2} = \frac{15}{2}$$

$$\begin{array}{r} 28 \overline{) 4} \\ 7 \end{array}$$

$$\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$$

$$14 + 14 = 28$$

$$\begin{array}{r} 1200 \overline{) 500} \\ 1000 \\ \hline 2000 \end{array}$$

$$\frac{1}{F_1} - \frac{1}{|F_2|} = \frac{|F_2| - F_1}{F_1 F_2}$$

$$\frac{10}{200} = \frac{1}{20} = \frac{2}{40} - \frac{1}{40} = \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{40} + \frac{1}{40} = \frac{1}{20} \quad \checkmark$$

~~Черновик~~

$$v_1 = \frac{f^2}{d^2} u = u = \frac{f^2}{d^2} v = v \frac{f^2}{d^2}$$

$$\begin{array}{r} .24 \\ 5 \overline{) 20} \\ 10 \\ \hline 120 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1200 \overline{) 5} \\ 10 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$= v \left(\frac{F_2}{d - F_2} \right)^2 = v \left(\frac{F_2}{f(L - f_1) - F_2} \right)^2$$

$$u = v. \quad \begin{array}{r} 18 \overline{) 5} \\ 15 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$f_2 = \frac{F_2(L - f_1)}{(L - f_1) - F_2}$$

$$f_2 = \frac{F_2(L - f_1)}{(L - f_1) - F_2} \quad \left| \frac{d(\cdot)}{dt} \right| \quad u = \frac{d(f)}{dt} (\dots)$$

$$u = -v \left(\frac{F_2}{(L - f_1) - F_2} - \frac{F_2(L - f_1)}{((L - f_1) - F_2)^2} \right) = \frac{F_2(L - f_1) - F_2^2 - F_2(L - f_1)}{((L - f_1) - F_2)^2}$$

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!

Черновик:

$R_1 - ?$

$J_1 R_1 - ?$

$$U_4 = 0 \checkmark$$

$$U_1 = \frac{\pi}{4} = 36 U_2^2$$

$$\pi = 64 U_2^2 + 64 U_2^2 + 16 U_2^2$$

$$\pi = 128 + 16 = 144$$

$$J_1 = J_2$$

$$E = U_1 + J_1 R_1 + U_1 \frac{R_1}{R_2}$$

$$L = \frac{J_1}{U_1}$$

$$E = J_1 R_1 + U_1 \frac{R_2 + R_1}{R_2}$$

$$\frac{E}{J_1} = R_1 + R_1 \frac{R_2 + R_1}{R_2}$$

$$\Delta \varphi = 0,01 \text{ м} \cdot 10 \cdot 10.000 = 100 \text{ Тл} \ll 100.000 \text{ Тл}$$

$$\frac{120 - 39}{6} = \frac{81}{8}$$

$$a^2 + b^2$$

$$a + 2$$

$$a^2 + b^2 + c^2 + d^2$$

$$a + 2c$$

$$b + 2d$$

$$(a - b)^2 + (c - d)^2 - ?$$

$$\left(\frac{7}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{49 + 3}{4} = \frac{52}{4} = 13$$

