



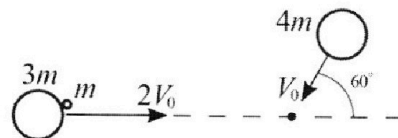
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-07

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

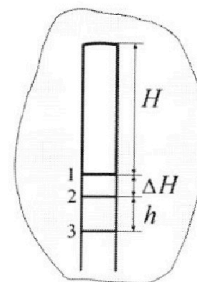


1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $3m$, скорость $2V_0$, масса второй шайбы $4m$, скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина 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 $2E_0/5$ (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.

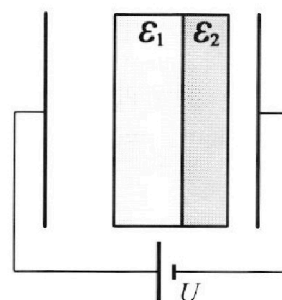
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Столб влажного воздуха имеет длину $H = 30$ см, температура установилась $t_1 = 17^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру системы резко поднимают до температуры $t_2 = 77^\circ\text{C}$, 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 $h = 10$ см. 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 $P_1 = 15$ мм. рт. ст., при температуре t_2 равно $P_2 = 305$ 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 $\epsilon_1 = 3$, толщина $d/2$, у другой пластины $\epsilon_2 = 4$, толщина $d/3$. 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

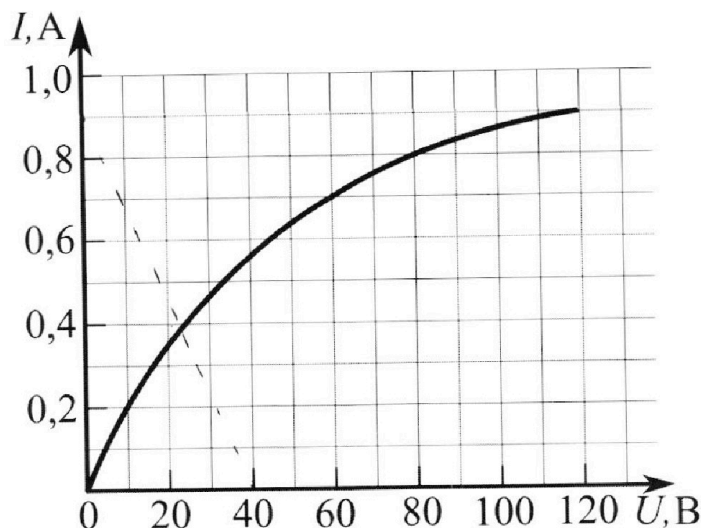
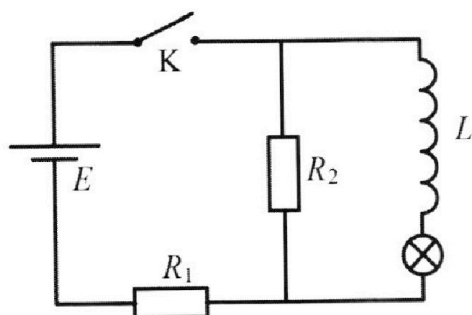
Вариант 11-07

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

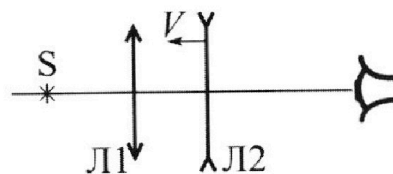


4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,25$ Гн, $E = 120$ В, $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 50$ Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 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 $F_1 = 20$ см, у линзы Л2 фокусное расстояние $F_2 = -10$ см. Неподвижный точечный источник света S расположен на расстоянии $d = 10$ см от неподвижной линзы Л1. Линза Л2 приближается к Л1 с постоянной скоростью $V = 1$ см/с. Изображение источника рассматривают со стороны линзы Л2 (см. рис.).



- 1) На каком расстоянии x_0 от линз будет изображение, когда Л2 приблизится вплотную к Л1?
- 2) На каком расстоянии x от линзы Л2 будет изображение, когда расстояние между линзами станет $L = 20$ см?
- 3) Найти скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 20$ 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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

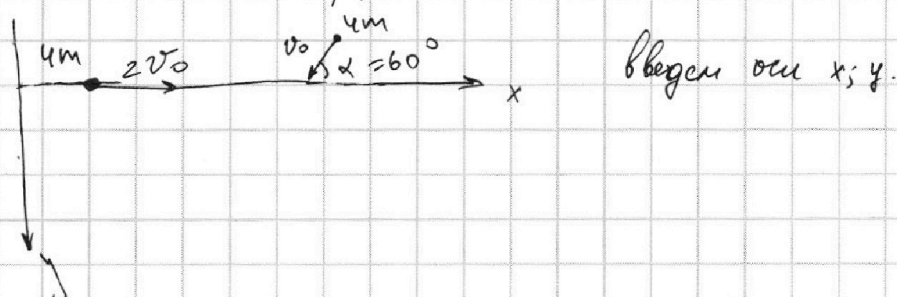
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ



Задача № 1.115 1 из 2

Тк. кусок пластины приклеен на шпильке 3м, то общ. масса, лежащая
высоте с 20%, равна 4м.



1) Тк. они склеятся, то в итоге будет скользить кусок массой
8м со скор V .

Запишем 3-й сохр импульса в проекции на оси.

$$x: 4mV_0 \cdot 2 - 4mV_0 \cos \alpha = 8mV_x \Rightarrow V_x = \frac{2V_0 - V_0 \cos \alpha}{2}$$

$$y: 4mV_0 \sin \alpha = 8mV_y \Rightarrow V_y = \frac{V_0 \sin \alpha}{2}$$

$$\text{Общ. } V_{\text{общ}} \quad V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \frac{V_0}{2} \sqrt{(2 - \cos \alpha)^2 + \sin^2 \alpha} = \frac{V_0}{2} \sqrt{4 - 4 \cos \alpha + \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \\ = \frac{V_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cos \alpha} = \frac{V_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cos 60^\circ} = \frac{V_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{V_0}{2} \sqrt{3} \Rightarrow V = V_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

2) по 3-му сохр энергии:

$$W_0 = W_1 + E_0, \quad E_0 - \text{энергия, уходящая в тепло при ударе, не во внеш. движение}$$

$$E_0 = W_0 - W_1, \quad W_0 = \frac{4m \cdot 4V_0^2}{2} + \frac{4mV_0^2}{2} = 10mV_0^2;$$

$$W_1 = \frac{8m \cdot V^2}{2} = \frac{8m \cdot V_0^2 \cdot 3}{4 \cdot 2} = 3mV_0^2$$

$$E_0 = 10mV_0^2 - 3mV_0^2 = 7mV_0^2.$$

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!

Задача №1: мб 2 и 3

$$3) E_1 = \frac{2}{5} E_0 = \frac{2}{5} \cdot 4 m v_0^2 = \frac{14}{5} m v_0^2$$

Тогда из ЗСЭ: $W_2 + E_1 = W_0 \Rightarrow W_2 = W_0 - E_1 = 10 m v_0^2 - 4,8 m v_0^2 = 7,2 m v_0^2$

ки
энергия идет после удара.

В со центра масс кинетическая энергия идет после удара равна

$$K' = \frac{\mu v_{cm}^2}{2}, \text{ где } \mu - \text{приведенная масса кнов}, \text{ т.е. пластины намот}$$

на вторую шестерню $\mu = \frac{3m \cdot 5m}{8m} = \frac{15}{8} m$;

v_{cm} - модуль их скорости шест.

$$K' = \frac{15}{8} \frac{m v_{cm}^2}{2}, \text{ то по ЗСЭ: } W_2 = K' \Rightarrow 7,2 m v_0^2 = \frac{15}{8} v_{cm}^2$$

$$\text{то } v_{cm}^2 = \frac{7,2}{10} \cdot \frac{16}{15} v_0^2 = \frac{8 \cdot 8 \cdot 16}{25 \cdot 5 \cdot 8} v_0^2 \Rightarrow v_{cm} = v_0 \cdot \frac{2 \cdot 8}{5} \sqrt{3} = \frac{8}{5} \sqrt{3} v_0 = 1,6 \sqrt{3} v_0$$

Ответ: 1) $v = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$

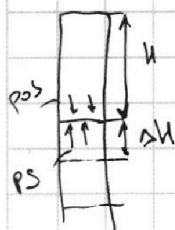
2) $E_0 = 7 m v_0^2$

3) $v_{cm} = 1,6 \sqrt{3} v_0$

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!

Задача 2: пп. 1 и 2



Из условия: уровни воды обозначим словом "положения".
Пусть площадь пробирки равна S , на воздух в пробирке давит вода сверху с силой pS , где p - давл. воды на ~~поре~~ ^{поверхность} ~~на~~ ^{на} глубине h пробирки; P_0 - давл. воздуха в пробирке в попом. 1.

Т.е. в поп. 1 и 2 воздух в равновесии, то $P_0 S = p S \Rightarrow p = P_0$.

По условию $p = \text{const}$, то $P_0 = \text{const}$.

В пробирке находится воздух, который смешан с жидкостью в кол-ве V молей ($V = \text{const}$) и вод. пара, кол-во кот. в попом. 1 и 2 равно, т.к. перемешивание между ними происходит быстро и не успевает произойти конденсация или испарение.

① Пусть в поп. 1 в пробирке V_1 молей воздуха: то по з-ну

Менделеева-Клапейрона: $P_0 S H = \nu R T_1$, где $T_1 = t_1 + 273 \text{ K}$.

в поп. 2: $P_0 S (H + \Delta H) = \nu R T_2$, где $T_2 = t_2 + 273 \text{ K}$.

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \frac{H + \Delta H}{H} &= \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \Delta H = H \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right). \quad \Delta H = 30 \text{ см} \left(\frac{17 + 273 \text{ K}}{12 + 273 \text{ K}} - 1 \right) = 30 \text{ см} \left(\frac{350}{285} - 1 \right) = \\ &= 30 \text{ см} \cdot \frac{6}{29} = \frac{180 \text{ см}}{29} \approx 6 \frac{1}{29} \text{ см} \end{aligned}$$

② Т.к. поп. 1 и 2 воздух находится в равновесии, значит пар в равновесии с жидкостью, т.е. он насыщен.

в поп. 3: $P_0 = P_2 + p_{\text{св}}$, $p_{\text{св}}$ - давл. сух. возд. в поп. 3, $\Rightarrow p_{\text{св}} = P_0 - P_2$

в поп. 1: $P_0 = P_1 + p_{\text{св}}$, $p_{\text{св}}$ - давл. сух. возд. в поп. 1, $\Rightarrow p_{\text{св}} = P_0 - P_1$



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!

Задача №2: мис 2 мс 2

У-ие Менделеева - Клапейрона для сух. воздуха:

$$\text{поп. 1: } p_{c1} H S = \gamma_c R T_1$$

$$\text{поп. 3: } p_{c3} (H + \Delta H + h) S = p_{c3} R T_2$$

$$\frac{p_{c3}}{p_{c1}} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{H}{H + \Delta H + h} = \frac{p_0 - p_2}{p_0 - p_1}$$

$$H + \Delta H + h = H \frac{T_2}{T_1} + h;$$

$$\frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{H}{H + \Delta H + h} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{H}{H \frac{T_2}{T_1} + h} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{H T_1}{H T_2 + h T_1} = \frac{H T_2}{H T_2 + h T_1}$$

$$\frac{p_0 - p_2}{p_0 - p_1} = \frac{H T_2}{H T_2 + h T_1}$$

$$(p_0 - p_2)(H T_2 + h T_1) = H T_2 (p_0 - p_1)$$

$$p_0 (H T_2 + h T_1) - H T_2 p_1 = H T_2 p_1 + (H T_2 + h T_1) p_2 = H T_2 (p_2 - p_1) + h T_1 p_2$$

$$p_0 = \frac{H T_2 (p_2 - p_1) + h T_1 p_2}{h T_1} = \frac{H}{h} \frac{T_2}{T_1} (p_2 - p_1) + p_2$$

$$p_0 = \frac{30 \text{ см}}{10 \text{ см}} \cdot \frac{350 \text{ К}}{290 \text{ К}} \cdot (305 \text{ мм рт.ст.} - 15 \text{ мм рт.ст.}) + 305 \text{ мм рт.ст.} =$$

$$= 1355 \text{ мм рт.ст.}$$

Ответ: 1) $\Delta H = H \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$; $\Delta H = \frac{180}{29} \text{ см};$

2) $p_0 = \frac{H}{h} \frac{T_2}{T_1} (p_2 - p_1) + p_2$; $p_0 = 1355 \text{ мм рт.ст.}$

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

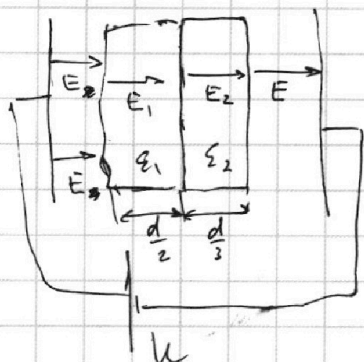
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Задача из: мс 1 и 2



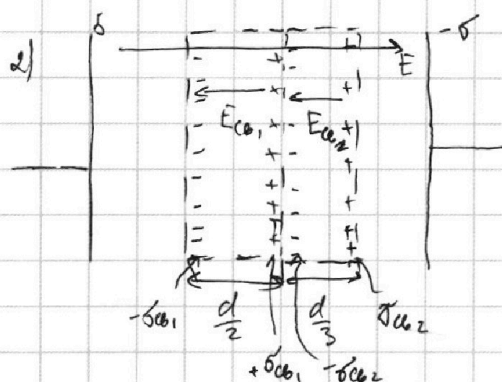
Напряж. поле в левом и правом зазоре равно

E , то напряж. поле в диэл. 1 $E_1 = \frac{E}{\epsilon_1}$; в диэл. 2 $E_2 = \frac{E}{\epsilon_2}$.

1) Тогда разность потенциалов между пластинами конденсатора:

$$U = E \left(d - \frac{d}{2} - \frac{d}{3} \right) + E_1 \frac{d}{2} + E_2 \frac{d}{3} = Ed \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{2\epsilon_1} + \frac{1}{3\epsilon_2} \right) = Ed \left(\frac{\epsilon_2\epsilon_1 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1}{6\epsilon_1\epsilon_2} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = \frac{U \cdot 6\epsilon_1\epsilon_2}{d(\epsilon_1\epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)}; \quad E = \frac{U}{d} \cdot \frac{6 \cdot 8 \cdot 4}{3 \cdot 8 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 3} = \frac{U}{d} \cdot \frac{12}{5} = 2.4 \frac{U}{d}.$$



Тогда действит. поле E внутри диэлектрика

для каждого зазора, кот. для полей $E_{св1}$ и $E_{св2}$

$$\text{такие, что } E_1 = E - E_{св1} = \frac{E}{\epsilon_1} \Rightarrow E_{св1} = E \left(1 - \frac{1}{\epsilon_1} \right) = E \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right)$$

$$\text{а } E_2 = E - E_{св2} = \frac{E}{\epsilon_2} \Rightarrow E_{св2} = E \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right).$$

Поскольку поле E создано зарядом σ и $-\sigma$ на обкладках, то $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma = E\epsilon_0 \Rightarrow$

$$Q = \sigma S = E\epsilon_0 S = \frac{U\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{6\epsilon_1\epsilon_2}{(\epsilon_1\epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)} \Rightarrow Q = \frac{U\epsilon_0 S}{d} \cdot 2.4$$

3) Тогда разность потенциалов $q = S(\sigma_{св1} - \sigma_{св2})$

$$E_{св1} = E \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right) = \frac{\sigma_{св1}}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma_{св1} = E\epsilon_0 \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right) = E\epsilon_0 \left(1 - \frac{1}{\epsilon_1} \right)$$

$$E_{св2} = E \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right) = \frac{\sigma_{св2}}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma_{св2} = E\epsilon_0 \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right) = E\epsilon_0 \left(1 - \frac{1}{\epsilon_2} \right)$$

$$q = S(\sigma_{св1} - \sigma_{св2}) = SE\epsilon_0 \left(1 - \frac{1}{\epsilon_1} - 1 + \frac{1}{\epsilon_2} \right) = E\epsilon_0 S \left(\frac{1}{\epsilon_2} - \frac{1}{\epsilon_1} \right) = \frac{U\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{6\epsilon_1\epsilon_2}{(\epsilon_1\epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)} \cdot \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{\epsilon_1\epsilon_2}$$

$$= \frac{U\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{6(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{(\epsilon_1\epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)}; \quad q = \frac{U\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{6 \cdot (8 - 4)}{3 \cdot 8 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 3} = - \frac{U\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{24}{39} = - \frac{8U\epsilon_0 S}{13d}$$



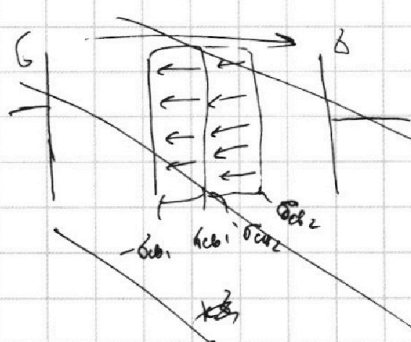
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$E_0 = \frac{U}{d}$$

$$E_1 = E_0 = \frac{U}{d}; E_2 = \frac{U}{d}$$

$$E_1 = \frac{E_0}{\epsilon_1} = \frac{U}{d \epsilon_1}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$Q = CU = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \cdot U$$

$$\Rightarrow E = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

задача №3: мис 2 и 3

Ответ: 1) $E = 2,4 \frac{V}{d}$

2) $Q = 2,4 \frac{\epsilon_0 U S}{d}$

3) $q = - \frac{\epsilon_0 U S}{5d}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

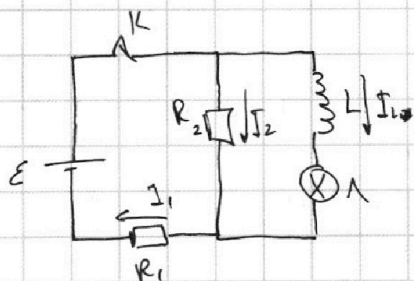
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



Задача №4: лист 1 из 2



1) Так как до замыкания ток через катушку 0, он не может измениться мгновенно, то после замыкания $I_L = 0$. Тогда $I_1 = I_2$; напряжение на лампочке $U_{L0} = 0$.

по 3-му Кирхгофа: $\mathcal{E} = I_{L0}(R_1 + R_2) \Rightarrow I_{L0} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$; $I_{L0} = \frac{120 \text{ В}}{100 \Omega + 50 \Omega} = 0.8 \text{ А}$.

2) по 3-му Кирхгофа: $I_2 R_2 = L \frac{dI_L}{dt} + U_L$

в этот момент сразу после замыкания: $I_{L0} R_2 = L \frac{dI_{L0}}{dt} + U_{L0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{dI_{L0}}{dt} = \frac{I_{L0} R_2}{L} = \frac{\mathcal{E}}{L} \cdot \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$ — скорость роста тока через катушку в этот момент после замыкания

$\frac{dI_{L0}}{dt} = \frac{120 \text{ В}}{150 \Omega} \cdot \frac{50 \Omega}{0.25 \text{ Гн}} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

3) В этот момент ток через катушку и лампочку $I_L = I_{L0}$, то $U_L = L \frac{dI_L}{dt} = 0$ —

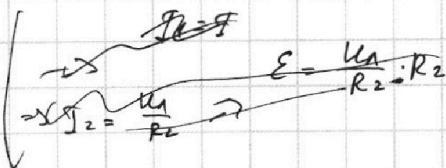
напряжение на катушке.

по 3-му Кирхгофа:

$I_1 = I_2 + I_L$

$I_2 R_2 = U_L$

$\mathcal{E} = I_2 R_2 + I_1 R_1$



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!



Задача №: мф 2 и 2

$$I_2 = \frac{U_A}{R_2}$$

$$I_1 = I_A + \frac{U_A}{R_2}$$

$$\mathcal{E} = \frac{U_A}{R_2} R_2 + \left(I_A + \frac{U_A}{R_2} \right) R_1 = U_A \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) + I_A R_1 = U_A \frac{R_1 + R_2}{R_2} + I_A R_1$$

$$I_A = \frac{\mathcal{E}}{R_1} - \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} U_A$$

$$I_A = \frac{120 \text{ В}}{100 \text{ Ом}} - \frac{150 \text{ Ом}}{100 \text{ Ом} \cdot 50 \text{ Ом}} U_A = 1,2 \text{ А} - 0,03 \frac{1}{\text{Ом}} \cdot U_A$$

Найдём пересечение ВАХ лампочки и графика зависимости

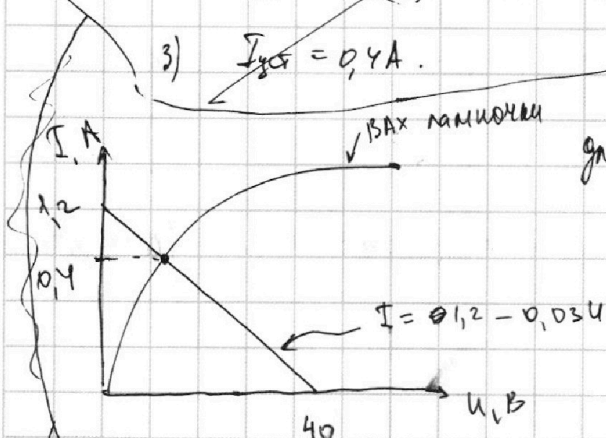
$I_A = 1,2 - 0,03 U_A$, это будет точка, соотв. значениям в уст ф-ме.

$$I_{\text{уст}} = 0,4 \text{ А}.$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$; $I_{10} = 0,8 \text{ А}.$

2) $\frac{dI_{10}}{dt} = \frac{\mathcal{E} R_2}{(R_1 + R_2) L}$; $\frac{dI_{10}}{dt} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

3) $I_{\text{уст}} = 0,4 \text{ А}.$



или $I = 1,2 - 0,03 U$; $U = 0 \Rightarrow I = 1,2 \text{ А}$

$I = 0 \Rightarrow U = 40 \text{ В}$

$I = 0,4 \text{ А} \Rightarrow U = 10 \text{ В}$

→ Ответ: 1) $I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$; $I_{10} = 0,8 \text{ А}$

2) $\frac{dI_{10}}{dt} = \frac{\mathcal{E} R_2}{(R_1 + R_2) L}$; $\frac{dI_{10}}{dt} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

3) $I_{\text{уст}} = 0,4 \text{ А}.$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

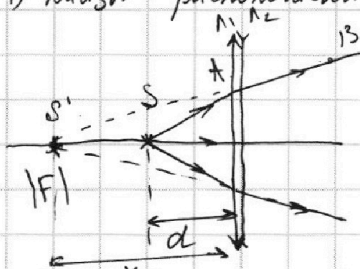
МФТИ

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



Задача №5: лист 1 из 2

1) Линзы расположены вплотную



Оп. силы линз: $A_1: \mathcal{A}_1 = \frac{1}{F_1}$

$A_2: \mathcal{A}_2 = \frac{1}{F_2}$

Тогда
Тогда заменим две линзы одной с оп. силой $\mathcal{A} = \mathcal{A}_1 + \mathcal{A}_2 = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{F_2 + F_1}{F_2 F_1}$

$$\mathcal{A} = \frac{20 \text{ см} + (-10 \text{ см})}{20 \text{ см} \cdot (-10 \text{ см})} = \frac{10}{-200} = -\frac{1}{20} \text{ (диоп)} \text{ , т.к. } \mathcal{A} < 0 \text{ , то получим линзу}$$

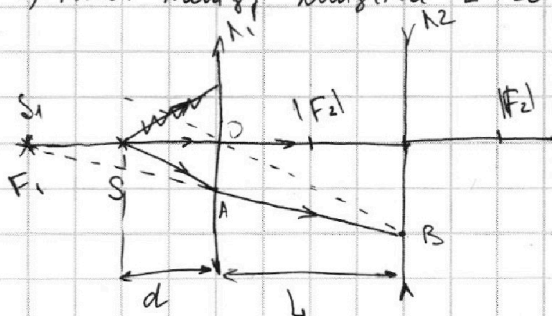
расходящую, $F = \frac{1}{\mathcal{A}} = \frac{F_2 F_1}{F_2 + F_1} = -20 \text{ см}$, т.е. $|F| \geq d$, $|F| = \frac{1}{2} d \cdot 2$

по ф-ле тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{dF} \Rightarrow f = \frac{dF}{d - F}$

Изобразит линза на главн. оптич. оси линзы.

Проведем SA, после пересек линзы он пойдет через т. B, где $B \in F_2$, т.е. будет со всеми лучами от S^* , то S^* находится в ф. $|F| = \left| \frac{F_2 F_1}{F_2 + F_1} \right| = 20 \text{ см}$.

2) Расст между линзами $L = 20 \text{ см} = F_1 = 2d$



Сначала найдем изображение от S в первой линзе.

$$\text{по ф-ле тонкой линзы: } \frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d} = \frac{d - F_1}{dF_1} = -\frac{2d}{dF_1} = -\frac{2}{F_1} \text{ , т.е.}$$

изобр. мнимое находится слева от линзы на расст. F_1 .

Проведем луч SA и ему параллельный через оп. центр линзы, т.е. $O_1 B$

пересекет фокальн. м-ть в т. B. AB ход луча после отражени. в A. То продолжим SA, он пересекет фокальн. м-ть в т. F_1, т.е. S_1 - изобр. в A_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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

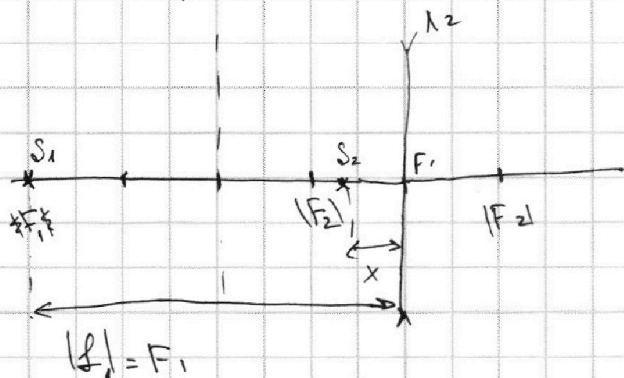
МФТИ

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



Задача №5: мисс 2, 43 2

Для стр в Л2:



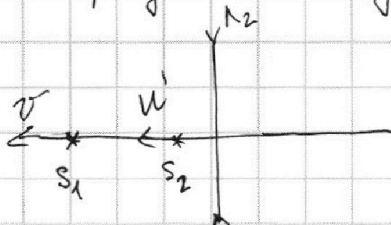
Ф-ная точка мисс для Л2: $\frac{1}{(F_1+L)} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow f_2 = \frac{F_2(F_1+L)}{LF_1-F_2} = \frac{F_2 \cdot 2F_1}{2F_1-F_2}$

$|f_2| = x$, то $x = \left| \frac{2F_1F_2}{2F_1-F_2} \right| \Rightarrow x = \left| \frac{2 \cdot 10 \text{ см} \cdot 20 \text{ см}}{2 \cdot 20 \text{ см} - 10 \text{ см}} \right| = \frac{400 \text{ см}}{30} = 13.3 \text{ см}$ — положение S_2 .
 $f_2 \leq 0 \Rightarrow$ центр S_2 — мнимое, находится слева от мисс Л2.

3) В Лаборатории СО (ЛСО):

S_1 не подвижно; мисс Л2 движется влево

Перейдем в СО движ. влево с v , то скорость s , равна v ; мисс Л2 неподвижна.



Тогда: $u = \Gamma^2 v$, где $\Gamma = \frac{x}{L+F_1} = \frac{x}{2F_1}$

$$u = \frac{x^2}{(L+F_1)^2} v = \frac{F_2(L+F_1)}{(L+F_1-F_2)(L+F_1)} \quad \Gamma = \frac{x}{L+F_1} = \frac{x}{L+F_1} = \frac{x}{2F_1}$$

$$\Gamma = \frac{F_2(F_1+L)}{(L+F_1-F_2)(L+F_1)} = \frac{F_2}{(F_1+L-F_2)}$$

$$u' = v \cdot \Gamma^2 = v \left(\frac{F_2}{F_1+L-F_2} \right)^2; \quad u' = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \left(\frac{10}{40+10} \right)^2 = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{25} = 0.04 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $x_0 = 20 \text{ см}$; Тогда в ЛСО: $u = v - u' = v \left(1 - \frac{F_2}{(L+F_1-F_2)} \right)^2$;

2) $x = 8 \text{ см}$

$$u = 0.96 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3) $u = 0.04 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

Ответ: 1) $x_0 = 20 \text{ см}$; 2) $x = 8 \text{ см}$; 3) $u = 0.96 \frac{\text{см}}{\text{с}}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

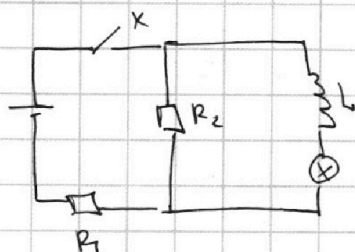
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



№ 4



① Сразу после замыкания

$$U_{L0} = 0; \quad I_{10} = 0$$

$$I_{10} = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} = \frac{120 \text{ В}}{150 \text{ Ом}} = \frac{4}{5} \text{ А} = 0.8 \text{ А}$$

$$\varepsilon = I_{20} R_2 + I_{10} R_1 \quad Q = CU$$

$$I_{10} = I_{20} + I_{L0}$$

$$I_{20} R_2 = L \frac{d(I_{10} - I_{20})}{dt}$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon b}{d}$$

$$C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S_1}{d}; \quad C_2 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S_2}{d}$$

$$40 \cdot 4 = 160$$

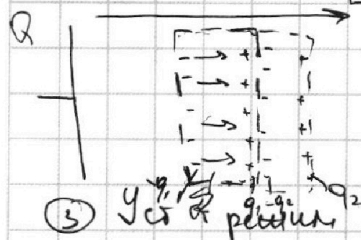
$$I_{20} = I_{10} \Rightarrow I_{20} R_2 = I_{10} R_2 = L \frac{dI_L}{dt} \Rightarrow$$

$$j = AE \quad C = \frac{Q}{U}$$

$$I = jS$$

$$\Rightarrow \frac{dI_L}{dt} = \frac{I_{10} R_2}{L} = \frac{\varepsilon R_2}{(R_1 + R_2)L}$$

$$= \frac{4 \cdot 120}{150} = 160 \frac{\text{В}}{\text{с}}$$



$$\frac{dI_L}{dt} \Rightarrow U_L = 0 \Rightarrow$$

$$I_2 R_2 = U_L$$

$$\varepsilon = I_2 R_2 + I_1 R_1$$

$$I_1 = I_2 \Rightarrow I_1 = I_2 = I$$

$$\varepsilon = (R_1 + R_2) I + I_n R_1$$

$$I_2 = \frac{U_L}{R_2}$$

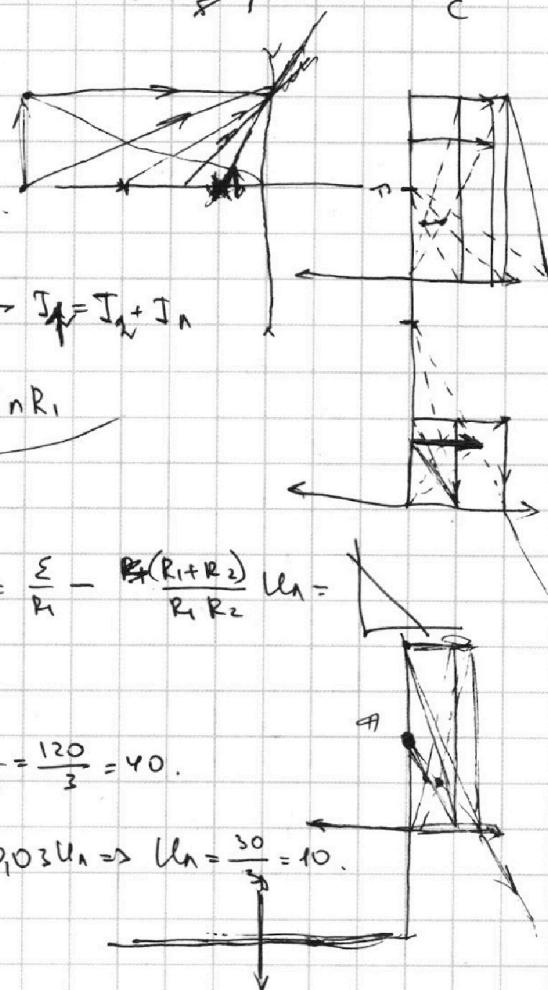
$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{U_L}{R_2} (R_1 + R_2) + I_n R_1 \Rightarrow I_n = \frac{\varepsilon}{R_1} - \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} U_L =$$

$$= \frac{120}{100} - \frac{150}{100 \cdot 50} U_L = 1.2 - 0.03 U_L$$

$$I_n = 0: \quad 1.2 - 0.03 U_L = 0 \Rightarrow U_L = \frac{1.2}{0.03} = \frac{120}{3} = 40.$$

$$I_n = 0.9: \quad 1.2 - 0.03 U_L = 0.9 \Rightarrow 0.3 = 0.03 U_L \Rightarrow U_L = \frac{30}{3} = 10.$$

$$\text{Пересек } I_n = 0.4$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

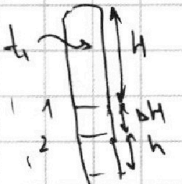
МФТИ

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



н1. $\alpha = 60^\circ$
 $4m \cdot c \cdot U_0 \leftarrow 4m U_0 \cos \alpha = 8m U_0 - 4m U_0 \frac{1}{2} = 6m U_0$
 $4m U_0 \cos \alpha = 8m U_0 \Rightarrow U_0 = U_0 \frac{\cos \alpha}{2} = U_0 \frac{1}{2}$
 $U_1 = \sqrt{36 + \frac{3}{16} U_0^2} = \sqrt{576 + \frac{3}{16} U_0^2}$

н2. $U = 50; h = 10$
 $t_1 = 17 = 280; t_2 = 350$
 $t_1 \rightarrow t_2$
 $p = p$



$\frac{285}{550}$

н.1) было:

$p_0 S H = p_0 S F_1$

н.2) Но

$p_0 S H = p_0 S F_1$

н.3)

$Q = \Delta U + A$

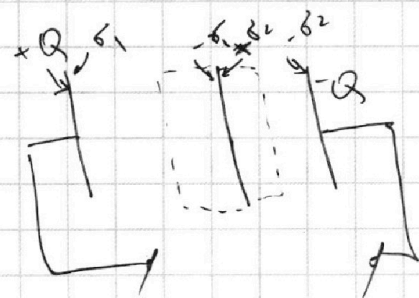
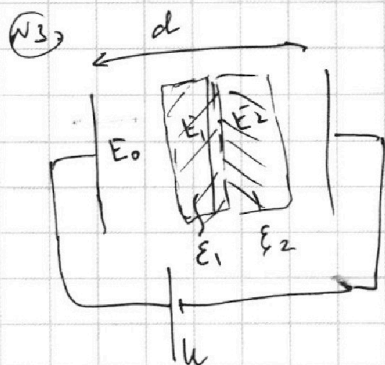
$\frac{H + \Delta H}{H} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \Delta H = H \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = H \left(\frac{350}{280} - 1 \right) = \frac{6}{28} H$

$E_1 = E_0 + E_{\text{об.1}}$

$\Delta U =$

$\vec{j} = \epsilon \vec{E}; j = \frac{1}{\mu} \frac{I}{S}; 1 = \frac{1}{\rho}$

$U = E_0 \left(d - \frac{d}{2} - \frac{d}{3} \right) + E_1 \frac{d}{2} + E_2 \frac{d}{3} =$
 $= E_0 d \left(\frac{1}{6} + \frac{\epsilon_1 d}{2} + \frac{\epsilon_2 d}{3} \right) \rightarrow E_0 d \left(\frac{1}{6} + \frac{3}{2} + \frac{4}{3} \right) =$
 $= E_0 d \frac{18}{6} = E_0 d \cdot 3 \Rightarrow E_0 = \frac{U}{3d}$



$E_1 = E_0 + \frac{\sigma_1}{\epsilon_1 \epsilon_0}$
 $E_2 = E_0 + \frac{\sigma_2}{\epsilon_2 \epsilon_0}$
 $Q = CU;$
 $C = C_1 + C_2 + C_3$

$555 = 505 + 50$

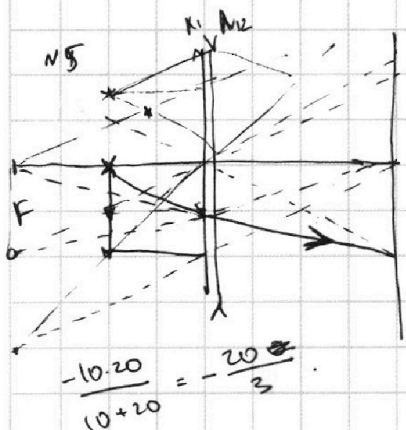
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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) Микс Вплотью:

$$\Delta \phi_{\text{мк}} = D_1 + D_2 = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{1}{20} - \frac{1}{10} = -\frac{1}{20} < 0 - \text{рассеив.}$$

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \Delta \phi_{\text{мк}} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \Delta \phi_{\text{мк}} = \frac{1}{d} - \frac{F_1 + F_2}{F_1 F_2} = \frac{F_1 F_2 - d(F_1 + F_2)}{d F_1 F_2}$$

$$f = \frac{20 \cdot 10 + 10(20 - 10)}{20 \cdot 10} = \frac{20 + 10}{20} = \frac{3}{2} \Rightarrow f = \frac{20}{3}$$

используем пер. вер:

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d} = \frac{d - F_1}{d F_1}$$

$$f_1 = \frac{d F_1}{d - F_1} = \frac{10 \cdot 20}{2} = 100$$

II М1, $d < F_1$

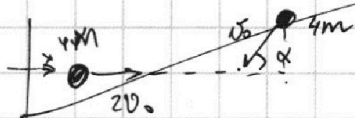
S' в $F_2 = 10 \text{ см}$

Фокус микс F_2 совпадает со ск-тью $A_2 \leftarrow \Rightarrow$ изобр. в $F_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ $u_{\text{изобр}} = v$

$$\vec{r}_1 = -\vec{r}_2 \Rightarrow \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_2 \Rightarrow \vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{v}_3$$

NI через эти ск-ти:



в с.о. чм:

$$v_{\text{чм}} = \frac{4m \cdot 20}{8m} = 10$$

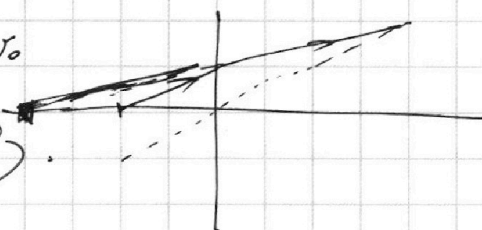
$$v_{\text{чм}y} = \frac{4m \cdot 10 \sin \alpha}{8m}$$

$$v_{\text{чм}}^2 = \frac{p_1^2}{2m_1} + \frac{p_2^2}{2m_2} = \frac{579}{543} = \frac{p_1^2}{2} \left(\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \right)$$

$$\Delta W = W_f - W_0 = \frac{8m \cdot 5790^2}{2 \cdot 164} - \frac{4m \cdot 10^2}{2} - \frac{8m \cdot 10^2}{2} = \frac{579}{4} - 1 - 1 = \frac{579 - 36}{4} = \frac{543}{4}$$

$$8m \cdot 10^2 - 4m \cdot 10 \sin \alpha = 6m \cdot 10^2 = 8m \cdot 10^2 \Rightarrow v_y = \frac{3}{4} 10$$

$$v_x = \frac{\sqrt{3}}{4} 10; \quad v \frac{10}{4} \sqrt{3+9} = \frac{10}{4} \sqrt{12} = \frac{10}{2} \sqrt{3}$$



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!

$$\Delta W = \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_2^2 = m v_0^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) = m v_0^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) = m v_0^2 \left(-\frac{1}{2} \right)$$

4+2=6g

3) Теперь: $Q_1 = E_0 \frac{2}{5} = \frac{45}{5} m v_0^2 = 9 m v_0^2$

$6 v_0^2 = 3 v_1^2 + v_2^2$

3) 17: $W_0 = W_1 + Q_1$

$$W_1 = W_0 - Q_1 = \left(\frac{15}{2} - 9 \right) m v_0^2 = \frac{3}{2} m v_0^2$$

$$= m v_0^2 \left(6 - \frac{9}{2} \right) = m v_0^2 \frac{12-9}{2} = \frac{3}{2} m v_0^2$$

6) 18) $W_1 = K_{\text{кин}} \text{ ч.м.} = \frac{1}{2} m v_{\text{кин}}^2 = \frac{3m \cdot 5m}{8m} \cdot \frac{v_0^2}{2} = \frac{15}{16} v_{\text{кин}}^2$

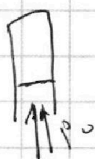
$$\frac{15}{4} v_0^2 = \frac{15}{16} v_{\text{кин}}^2 \Rightarrow v_{\text{кин}} = 2 v_0$$

$$\frac{15}{16} v_{\text{кин}}^2 = \frac{4.9}{5} v_0^2$$

12

$$F_{12} = \frac{72}{10} = \frac{8 \cdot 9}{10} = \frac{4.9}{5}$$

$$v_{\text{кин}} = \sqrt{\frac{4.9 \cdot 16}{5 \cdot 15}} = \frac{2.4}{5} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \frac{2.4}{5 \sqrt{3}} = \frac{4.8}{5 \sqrt{3}}$$



$P_0 = P_{\text{нар}} + P_{\text{сх}}$

① $P_0 = P_{\text{сх1}} + P_1$

② $P_0 = P_{\text{сх2}} + P_2$

Пар имеет шенитой.

$$\frac{72}{5 \cdot 3} \sqrt{3} = 4.8 \sqrt{3}$$

$$\frac{72 \sqrt{3}}{12} = 6 \sqrt{3}$$

Для сгх: $P_{\text{сх1}} S H = P_c R T_1$

$$\frac{P_{c2} \cdot (H + \Delta H)}{P_{c1}} - \frac{P_0 - P_2 \cdot (H + \Delta H)}{P_0 - P_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

600 ч.м.

$P_{c2} S (H + \Delta H) = P_c R T_2$

$$\frac{H + \Delta H}{H} = 1 + \frac{\Delta H}{H} = \alpha \Rightarrow \Delta H = (\alpha - 1) H$$

$\vec{p}_1 = m(\vec{v}_1 - \vec{v}_2)$
 $\vec{p}_2 = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$

3) $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2' = 0$

$\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = -\vec{v}_2 + \vec{v}_1' \Rightarrow v_1 + v_2 = v_1' + v_2'$
 $3(\vec{v}_1' - \vec{v}_2') = -5(\vec{v}_1 - \vec{v}_2) = H \left(\frac{T_2}{T_1} - \frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2} - 1 \right)$

Ботство по

$P_{c1} = P_{c2}; P_{n1} = P_{n2} = P$

$\frac{H + \Delta H}{H} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \Delta H = \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) H$

② пошуг на $h \Rightarrow P_{c1} S H = P_c R T_1$

$P_{c2} S (H + \Delta H + h) = P_c R T_2$

$\frac{P_{c2}}{P_{c1}} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{(H + \Delta H + h)}{H}$

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