



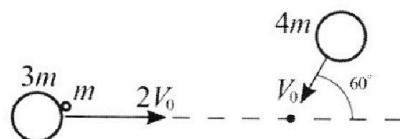
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



Вариант 11-07

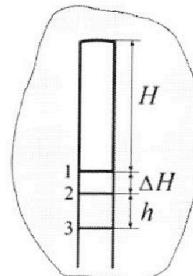
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.

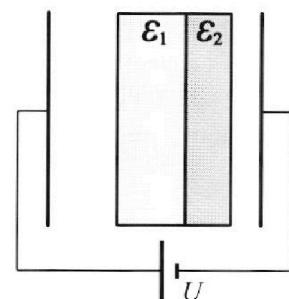
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Столб влажного воздуха имеет длину $H = 30$ см, температура установилась $t_1 = 17^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру 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**

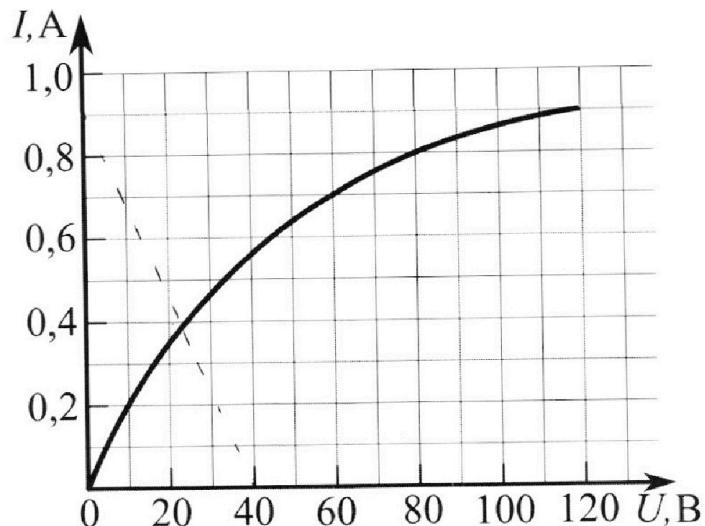
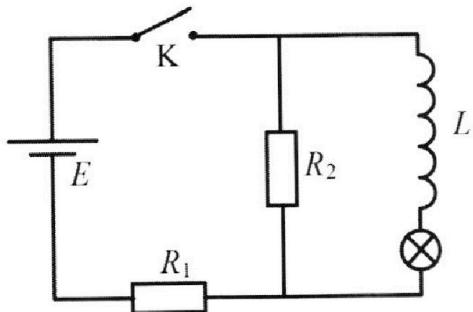
Вариант 11-07



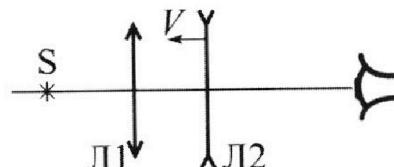
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,25 \text{ Гн}$, $E = 120 \text{ В}$, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$. 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.



2. Главные оптические оси двух тонких линз совпадают. У линзы Л1 фокусное расстояние $F_1 = 20 \text{ см}$, у линзы Л2 фокусное расстояние $F_2 = -10 \text{ см}$. Неподвижный точечный источник света S расположен на расстоянии $d = 10 \text{ см}$ от неподвижной линзы Л1. Линза Л2 приближается к Л1 с постоянной скоростью $V = 1 \text{ см/с}$. 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 $L = 20 \text{ см}$?
- 3) Найти скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 20 \text{ см}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



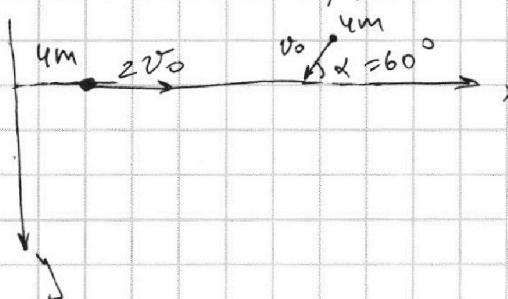
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

Задача № 1: мяч 1 из 2

Т.к. кусок пластилина приклеен на конец 3м, то общ. масса, перед
выбросом $\approx 2V_0$, радиус $4m$.



Введем оси x, y .

1) Т.к. они скрещиваются, то в месте выброса будет стоящий кусок массой
 $8m$ со скор. V .

Запишем 3-ий сохр. импульса в проекции на оси:

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

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

$$\text{Так. } \Rightarrow \text{Польз. } V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \frac{V_0}{2} \sqrt{(2 - \cos \angle)^2 + \sin^2 \angle} = \frac{V_0}{2} \sqrt{4 - 4 \cos \angle + \cos^2 \angle + \sin^2 \angle} = \\ = \frac{V_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cos \angle} = \frac{V_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cos 60^\circ} = \frac{V_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{V_0}{2} \sqrt{3}. \Rightarrow V = V_0 \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

2) по 3-му сохр. энергии:

$W_0 = W_1 + E_0$, E_0 - энергия, уходящая при ударе, т.е. во второй кусок
попадает.

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

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

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



- 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: мяч 2 из 2

$$3) E_1 = \frac{2}{5} E_0 = \frac{2}{5} \cdot 7 m V_0^2 = \frac{14}{5} m V_0^2$$

Тогда из ЗСГ: $W_2 + E_1 = W_0 \Rightarrow W_2 = W_0 - E_1 = 10 m V_0^2 - \frac{14}{5} m V_0^2 = 7,2 m V_0^2$ —
или
затраченная работа после удара.

В соударении мяч имеет кинетическую энергию мяча после удара равна

$$k' = \frac{\mu V_{\text{стру}}^2}{2}, \text{ где } \mu - \text{приведенная масса мяча}, \text{ т.е. массами мячей}$$

$$\text{на вторую струю} \Rightarrow \mu = \frac{3m \cdot 5M}{8m} = \frac{15}{8} m;$$

Норм — модуль нормальной скорости мяча.

$$k' = \frac{15}{8} m V_{\text{стру}}^2 \Rightarrow \text{но ЗСГ: } W_2 = k' \Rightarrow 7,2 m V_0^2 = \frac{15}{8} m V_{\text{стру}}^2.$$

$$\Rightarrow V_{\text{стру}}^2 = \frac{7,2}{10} \cdot \frac{16}{15} V_0^2 = \frac{8 \cdot 16}{25 \cdot 5 \cdot 3} V_0^2 \Rightarrow V_{\text{стру}} = V_0 \cdot \frac{2 \cdot 4}{5} \sqrt{3} = \frac{8}{5} \sqrt{3} V_0 = 1,6 \sqrt{3} V_0$$

$$\text{Ответ: 1)} V = V_0 \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$2) E_0 = 7 m V_0^2$$

$$3) V_{\text{стру}} = 1,6 \sqrt{3} V_0.$$



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

Задача № 2: мкт 1 из 2

Из условия задачи Водяной пар называется словом "половинка"
Пусть площадь пробирки равна S , на водяной паре в пробирке

действует давление снизу с силой P_0S , где P_0 -давление водяного пара ~~изотропное~~
изотропное давление; P_0 -давление воздуха P пробирке в половине 1.

Т.к. в пол. 1 и 3 воздух P равнобесен, то $P_0S = P_0S \Rightarrow P = P_0$.

По условию $P = \text{const}$, т.к. $P_0 = \text{const}$.

В пробирке находится воздух, который слегка сухой воздух в ячейке

1-й молей ($P_0 = \text{const}$) и влаги нет, т.к. в половине 1 и 2

фабрик, т.к. перенесение между ними происходит быстро и не является
приводит конденсации или испарения.

① Если P в пол. 1 в пробирке 1-й молей воздуха: то по закону

Менделеева-Клодина: $P_0S_1 = \gamma_1 RT_1$, где $T_1 = t_1 + 273 K$.

В пол. 2: $P_0S_2 = \gamma_2 RT_2$, где $T_2 = t_2 + 273 K$.

$$\frac{P_0}{\gamma_2} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \Delta H = H \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 30 \text{ кДж} \left(\frac{(t_2 + 273)K}{(t_1 + 273)K} - 1 \right) = 30 \text{ кДж} \left[\frac{350}{290} - 1 \right] =$$

$$= 30 \text{ кДж} \cdot \frac{6}{29} = \frac{180 \text{ кДж}}{29} \approx 6 \frac{\text{кДж}}{29} \text{ кДж}$$

② в пол. 1 и 3 воздух находится в равнобесии, значит над ним
равнобесия с влагой, т.е. он насыщенный.

В пол. 3: $P_0 = P_2 + P_{c3}$, P_{c3} -давление сухого воздуха в пол. 3 $\Rightarrow P_{c3} = P_0 - P_2$

В пол. 1: $P_0 = P_1 + P_{c1}$, P_{c1} -давление сухого воздуха в пол. 1 $\Rightarrow P_{c1} = P_0 - P_1$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

Задача № 2: мис 2 из 2

Уп-ие Менделеева - Клебенгроса 5 дж. сух воздуха:

$$\text{доп.1: } p_{c1}HS = \frac{V_c}{V_1}RT_1$$

$$\text{доп.3: } p_{c3}(H + \Delta H + h) S = p_{c1}RT_2$$

$$\frac{p_{c3}}{p_{c1}} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{H}{(H + \Delta H + h)} = \frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1}$$

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

$$\frac{T_2}{T_1} \frac{H}{(H \frac{T_2}{T_1} + h)} = \frac{T_2}{T_1} \frac{H T_1}{H T_2 + h T_1} = \frac{H T_2}{H T_2 + h T_1}$$

$$\frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1} = \frac{H T_2}{H T_2 + h T_1}$$

$$(P_0 - P_2)(H T_2 + h T_1) = H T_2 (P_0 - P_1)$$

$$P_0 (H T_2 + h T_1 - H T_2) = H T_2 P_1 + (H T_2 + h T_1) P_2 = H T_2 (P_2 - P_1) + h T_1 P_2$$

$$P_0 = \frac{H T_2 (P_2 - P_1) + h T_1 P_2}{h T_1} = \frac{H}{h} \frac{T_2}{T_1} (P_2 - P_1) + P_2$$

$$P_0 = \frac{30 \text{ см}}{10 \text{ см}} \cdot \frac{350 \text{ к}}{290 \text{ к}} \cdot (305 \text{ мм рт ст} - 15 \text{ мм рт ст}) + 305 \text{ мм рт ст} = \\ = 1355 \text{ мм рт ст.}$$

Ответ: 1) $\Delta H = H \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$ из $H = \frac{1800}{29} \text{ см};$

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:

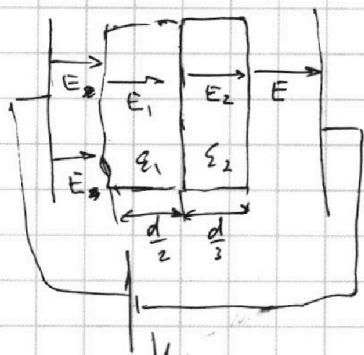
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <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!

Задача №3: магнит из 2

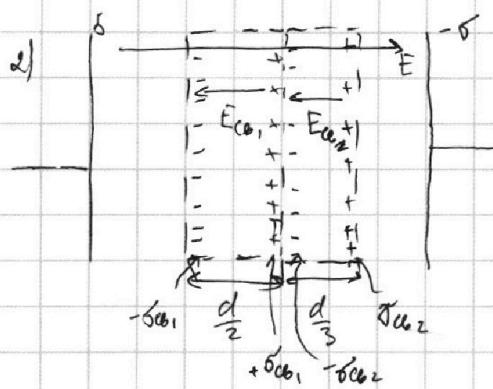


Найдите поле в левом и правом зазоре реле

E , то например в зазоре 1 $E_1 = \frac{E}{\epsilon_1}$; в зазоре 2 $E_2 = \frac{E}{\epsilon_2}$.

1) Тогда разность потенциалов между пластинами конденсатора:

$$\begin{aligned} \text{1)} \quad U &= E \left(d - \frac{d}{2} - \frac{d}{3} \right) + E_1 \frac{d}{2} + E_2 \frac{d}{3} = Ed \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{2\epsilon_1} + \frac{1}{3\epsilon_2} \right) = Ed \left(\frac{\epsilon_2 \epsilon_1 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1}{6\epsilon_1 \epsilon_2} \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow E &= \frac{U}{d} \frac{6\epsilon_1 \epsilon_2}{(\epsilon_1 \epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)} ; \quad E = \frac{U}{d} \frac{6 \cdot 8 \cdot 4^2}{2^2 \cdot 2^2 + 3^2 \cdot 3^2} = \frac{U}{d} \frac{12}{5} = 2.4 \frac{U}{d}. \end{aligned}$$



Тогда действительное поле E равно сумме полей

обеих слоев $E_{\text{общ}}$, то общий потенциал $E_{\text{общ}}$ равен, то $E_1 = E - E_{\text{общ}} = \frac{E}{\epsilon_1} \Rightarrow E_{\text{общ}} = E \left(1 - \frac{1}{\epsilon_1} \right) = E \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right)$

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

Приложенное поле E создает заряды δ и $-\delta$ на обкладках, то $E = \frac{\delta}{\epsilon_0 S} \Rightarrow \delta = E \epsilon_0 S =$

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

3) Найдите поле в зазоре $q = S / (\epsilon_1 - \epsilon_2)$;

$$E_{\text{общ}} = E \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right) = \frac{\delta \epsilon_1}{\epsilon_0} \Rightarrow \delta \epsilon_1 = E \epsilon_0 \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right) = E \epsilon_0 \left(1 - \frac{1}{\epsilon_1} \right)$$

$$E_{\text{общ}} = E \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right) = \frac{\delta \epsilon_2}{\epsilon_0} \Rightarrow \delta \epsilon_2 = E \epsilon_0 \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right) = E \epsilon_0 \left(1 - \frac{1}{\epsilon_2} \right)$$

$$\begin{aligned} q &= S / (\delta \epsilon_1 - \delta \epsilon_2) = S E \epsilon_0 \left(1 - \frac{1}{\epsilon_1} + 1 - \frac{1}{\epsilon_2} \right) = E \epsilon_0 S \frac{1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = E \epsilon_0 S \frac{1}{d} \frac{6 \epsilon_1 \epsilon_2}{(\epsilon_1 \epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)} \cdot \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{\epsilon_1 \epsilon_2} \\ &= \epsilon_0 S \frac{U}{d} \frac{6 \cdot (\epsilon_1 - \epsilon_2)}{(\epsilon_1 \epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)} ; \quad q = \frac{E_0 S U}{d} \frac{6 \cdot (3 - 4)}{3^2 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 3} = - \frac{E_0 S U}{5d} \end{aligned}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$E_0 = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$E_1' = E_1 \cdot \frac{\epsilon_{rel1}}{\epsilon_0}; \quad E_2' = E_2 \cdot \frac{\epsilon_{rel2}}{\epsilon_0}$$

$$E_1 = \frac{E_0}{\epsilon_{rel1}} = \frac{Q}{\epsilon_{rel1} S}$$

$$Q = CU = \frac{E_0 S}{d} \cdot Ed \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = \frac{(Q / S) \cdot d}{\epsilon_0}$$

Задача № 3 : метод 2 и 3

Решение: 1) $E = 24 \frac{U}{d}$

2) $Q = 24 \frac{\epsilon_0 U S}{d}$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

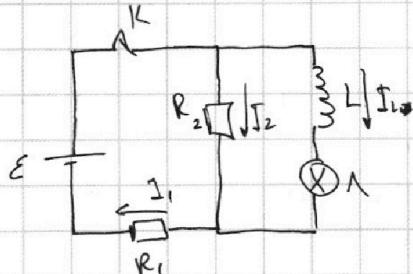
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

Задача №1 из 2



1) Так как до замыкания ключа ток через катушку 0, он не может изменяться со временем, то после замыкания $I_{L0} = 0$. Тогда $I_1 = I_2$; значит иллюзия $U_{A0} = 0$.

$$\text{по 3-му Кирхгофа: } E = I_{10}(R_1 + R_2) \Rightarrow I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2}; I_{10} = \frac{120 \text{ В}}{100 \Omega + 50 \Omega} = 9.8 \text{ А.}$$

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

$$\text{Быстро момент сразу после замыкания ключа: } I_{10} R_2 = L \frac{dI_{10}}{dt} + B U_A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dI_{10}}{dt} = \frac{I_{10} R_2}{L} - \text{скорость быстрого тока через катушку } B \text{ сразу после замыкания} \\ \frac{dI_{10}}{dt} = \frac{120 \text{ В}}{150 \Omega} \cdot \frac{50 \Omega}{0.25 \text{ Гн}} = 160 \text{ А/с}$$

3) При этом ток через катушку и лампочку $I_A = \text{const}$, то $\frac{dU_A}{dt} = L \frac{dI_A}{dt} = 0$ —
также как и катушка.

По 3-ему Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_A \\ I_2 R_2 = U_A \\ E = I_2 R_2 + I_1 R_1 \end{cases}$$

~~Пост~~
 $E = \frac{U_A}{R_2} \cdot R_2$
 $I_2 = \frac{U_A}{R_2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

Задача №: лист 2 из 2

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

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

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

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

$$I_A = \frac{120 \text{ В}}{100 \Omega \text{м}} - \frac{150 \Omega \text{м}}{100 \Omega \text{м} \cdot 500 \Omega \text{м}} U_A = 1,2 \text{ А} - 0,03 \frac{\text{А}}{\Omega \text{м}} \cdot U_A$$

Найдем пересечение ВАХ лампочки и графика зависимости

$I_B = 1,2 - 0,03 U_A$, это будет точка, соотв. значением U и I -ве.

$$I_{yo} = 0,4 \text{ А}.$$

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

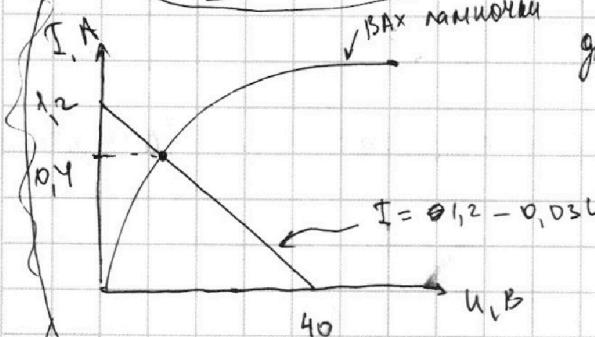
2) $\frac{dI_{10}}{dt} = \frac{ER_2}{(R_1 + R_2)L}$; $\frac{dI_{10}}{dt} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

3) $I_{yo} = 0,4 \text{ А}$.

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

тогда $I = 0 \Rightarrow U = 40 \text{ В}$

$I = 0,9 \text{ А} \Rightarrow U = 10 \text{ В}$



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

2) $\frac{dI_{10}}{dt} = \frac{ER_2}{(R_1 + R_2)L}$; $\frac{dI_{10}}{dt} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

3) $I_{yo} = 0,4 \text{ А}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



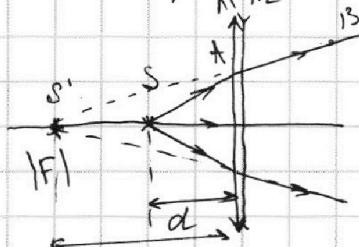
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <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!

Задача №5: лист 1 из 2

1) лист расстоянием d от линзы



$$\text{Оп. сила линзы: } \lambda_1 = \frac{1}{f_1}$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{f_2}.$$

Тогда

$$\text{Тогда заметим, где линза одновременно с опт. силой } \lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{F_2 + F_1}{F_2 \cdot F_1}$$

$$F = \frac{x_0 + (-10\text{ см})}{x_0 - 10\text{ см}} = \frac{-200}{10} = -20 \frac{-10}{200} = -\frac{1}{20} (\text{гнтр}), \text{ т.к. } \lambda < 0, \text{ то получим линзу}$$

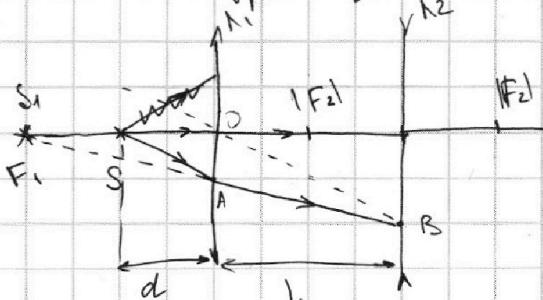
$$\text{рассасывающую, } F = \frac{1}{\lambda} = \frac{F_2 F_1}{F_2 + F_1} = -20 \text{ см}, \text{ т.е. } |F| \geq d, |F| = \frac{1}{\lambda} d = 2d.$$

~~но ф-не тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} + \frac{1}{l} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{l} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{dF} \rightarrow f = \frac{dF}{d - F}$~~

Изображение лежит на главной оптической оси линзы.

Приведем SA, после пересечения линзы он пойдет через п. B, т.к. $f_2 > 0$, так как будет со всеми лучами от S', то S' находиться в п. B. $|F| = |f_1| = \frac{|F_2 F_1|}{F_2 + F_1} = 20 \text{ см}.$

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



Следовательно изображение от S лежит в первом линзере.

$$\text{но ф-не тонкой линзы: } \frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow f_1 = \frac{F_1 d}{d - F_1} = \frac{2d^2}{d - 2d} = -2d = -F_1, \text{ т.е.}$$

изображение находится слева от линзы за пас. F.

Приведем путь SA за эту параллельную линзу. Линза, за которую, путь пойдет вправо.

При пересечении фокусом путь пойдет влево. АБ ход луча после отражения в А.

То проходит SAB, он пересекает ООС.

F_1 , т.к. S1 - изображение РЛ,

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

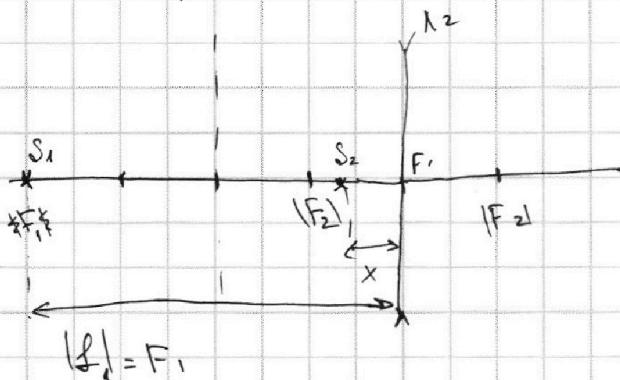
МФТИ



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

Задача № 5: миз 2. 43 2

Дано: отр в 12:



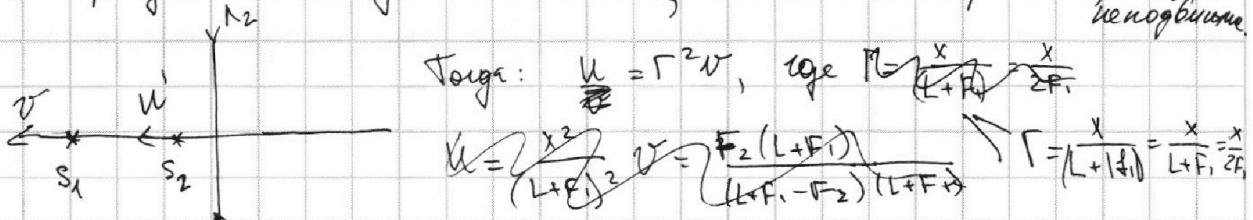
$$\text{Для тонкой линии } g \text{ в } P_2: \frac{1}{(F_1)} + \frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow f_2 = \frac{F_2(F_1 + L)}{L(F_1 - F_2)} = \frac{F_2 \cdot 2F_1}{2F_1 - F_2}$$

$$f_2 = x, \text{ так что } x = \frac{2F_1 F_2}{2F_1 + F_2} = \frac{-2 \cdot 10 \text{ см} \cdot 20 \text{ см}}{2 \cdot 20 \text{ см} + 10 \text{ см}} = \frac{40 \text{ см}}{50} = 8 \text{ см.} - \text{ половина } S_2.$$

3) По лабораторной CO (ACO):

S_1 не подвижно; линза L_2 движется влево

Неравенство CO: движ. влево с v , то скорость s , движение v ; линза L_2 неподвижна.



$$\text{Тогда: } \frac{u}{t} = v^2, \text{ где } t = \frac{x}{(L+F_1)} = \frac{x}{2F_1},$$

$$u = \frac{x^2}{(L+F_1)^2}, v = \frac{F_2(L+F_1)}{(L+F_1)(L+F_2)}, t = \frac{x}{(L+F_1)} = \frac{x}{L+F_1} = \frac{x}{2F_1}$$

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

$$u' = v \cdot t = v \left(\frac{F_2}{(F_1+L-F_2)} \right)^2; u' = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \left(\frac{-10 \text{ см}}{40+10} \right)^2 = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{25} = 0,04 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

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

$$2) x = 8 \text{ см}$$

$$u = 0,96 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

$$3) u = 0,04 \frac{\text{см}}{\text{с}} \quad \text{Ответ: 1) } x_0 = 20 \text{ см}; 2) x = 8 \text{ см}; 3) u = 0,96 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

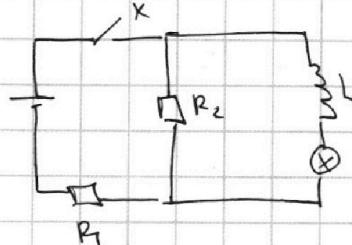


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

NY +



① сразу после замыкания

$$U_{10} = 0; I_{10} = 0 \quad I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{120}{1500} = \frac{4}{5} A = 0.8 A$$

$$\textcircled{2} \quad E = I_{20} R_2 + I_{10} R_1 \quad Q = CU$$

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

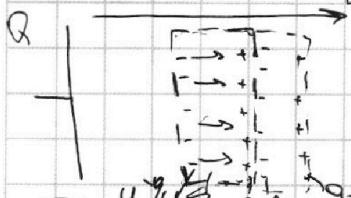
$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

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

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S_1}{d}; C_2 = \frac{\epsilon_0 S_2}{d}$$

$$I_{20} = 0; I_{10} = 0.8 A$$

$$I_{20} = I_{10} \Rightarrow I_{20} R_2 = I_{10} R_1 = L \frac{dI_R}{dt} \Rightarrow$$



$$j = 2E \quad C = \dots$$

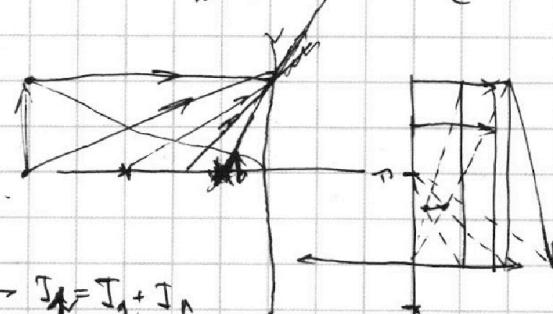
$$\Rightarrow \frac{dI_R}{dt} = \frac{I_{10} R_2}{L} = \frac{E R_2}{(R_1 + R_2) L} = \frac{4 \cdot 80 \cdot 1}{1500} = 160 \frac{A}{C}$$

③ ~~Учитывать падение~~

$$\frac{dI_R}{dt} = 0 \Rightarrow U_R = 0 \Rightarrow I_2 R_2 = U_R$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_2 R_2 = U_R \\ E = I_2 R_2 + I_1 R_1 \end{array} \right.$$

$$I_2 = I_1 - I_2 \Rightarrow I_R = I_1 + I_2$$



$$E = (R_1 + R_2) I_R + I_R (R_1 + R_2)$$

$$\text{т.к. } I_2 = \frac{U_R}{R_2} \Rightarrow$$

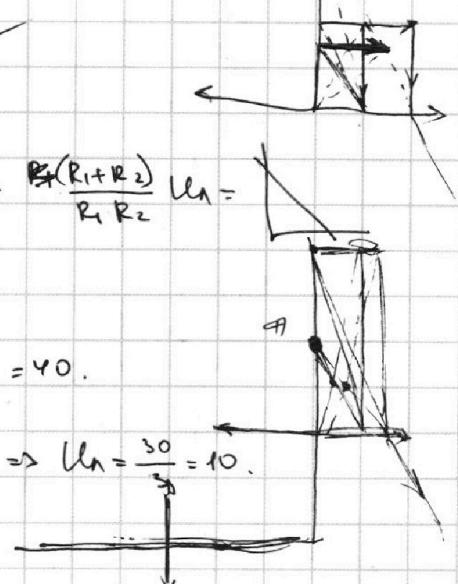
$$\Rightarrow E = \frac{U_R}{R_2} (R_1 + R_2) + I_R R_1 \Rightarrow I_R = \frac{E}{R_1} - \frac{R_1 (R_1 + R_2)}{R_1 R_2} U_R =$$

$$= \frac{120}{100} - \frac{400}{100 \cdot 200} \cdot U_R = 1.2 - 0.03 U_R$$

$$I_R = 0; 1.2 - 0.03 U_R = 0 \Rightarrow U_R = \frac{1.2}{0.03} = \frac{120}{3} = 40.$$

$$I_R = 0.9; 1.2 - 0.03 U_R = 0.9 \Rightarrow 0.3 = 0.03 U_R \Rightarrow U_R = \frac{30}{3} = 10.$$

стремится к 0. $I_R = 0.4$.



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

n1 scu: $d = 60$

$$4m \cdot cV_0 \rightarrow 4mV_0 \cos d = 8mV_0 \rightarrow 4mV_0 \frac{1}{2} = 6mV_0$$

$$4mV_0 \sin d = 8mV_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow V_y = V_0 \frac{\sin \frac{\pi}{6}}{\frac{1}{2}} = V_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$V_1 = \sqrt{36 + \frac{3}{16}} V_0 = \sqrt{579} V_0$$

$$H = 50; h = 10$$

$$t_1 = 17 = 280; t_2 = 350$$

$$t_1 \rightarrow t_2$$

$$P = P$$

$$\frac{35}{29} - 1 = \frac{35 - 29}{29} = \frac{6}{29}$$

$$\frac{36}{216} \times \frac{16}{216} = \frac{36}{529} \times \frac{16}{529} = \frac{576}{28561}$$

$$576 = 3^2 \cdot 2^6 \Rightarrow \sqrt{576} = 3 \cdot 2 = 6$$

$$= 3 \cdot 8 = 24$$

$$\frac{273}{290} + \frac{72}{350} = \frac{273 + 72}{350} = \frac{345}{350}$$

n2. $H = 50; h = 10$

n3. $\Delta H = PRT_1$

$$\frac{H + \Delta H}{H} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \Delta H = H \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = H \left(\frac{350}{290} - 1 \right) = \frac{6}{29} H$$

n4. $\Delta U = Q = \lambda U + A$

$$E_1 = E_0 + E_{cb,1}$$

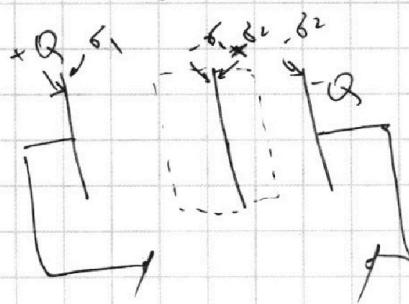
$$\Delta U =$$

$$j = \frac{U}{d}; j = \frac{I}{A} = \frac{I}{S}; I = \frac{U}{R}; R = \frac{U}{I}$$

$$U = E_0 \left(d - \frac{d}{2} - \frac{d}{3} \right) + E_1 \frac{d}{2} + E_2 \frac{d}{3} =$$

$$= E_0 d \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = E_0 d \left(\frac{1}{6} + \frac{3}{6} + \frac{2}{6} \right) =$$

$$= E_0 d \frac{18}{6} = E_0 d \cdot 3 \Rightarrow E_0 = \frac{U}{3d} =$$



$$E_1 = E_0 + \frac{Q}{\epsilon_1 \epsilon_0}$$

$$E_2 = E_0 + \frac{Q}{\epsilon_2 \epsilon_0}$$

$$Q = C U; C = C_1 + C_2 + C_3$$

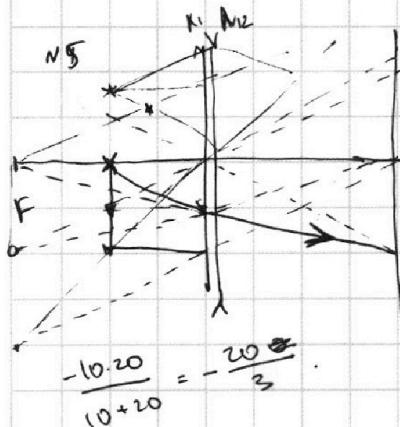
$$3. \frac{280}{350} + 30.5 = 1355$$



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

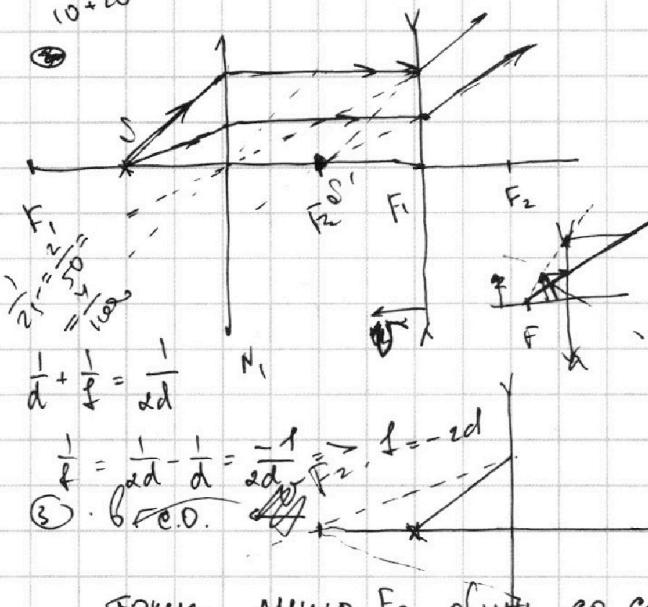


1) **Минимум в фокусе:** $\frac{f_1 + f_2}{f_1 f_2} = -\frac{20}{20}$ $\Rightarrow \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{1}{20} - \frac{1}{10} = -\frac{1}{20} < 0$ - расходб.

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

$$f = \frac{20 \cdot 10 + 40(20-10)}{20 \cdot 10} = \frac{20+10}{20} = \frac{3}{20} \Rightarrow f = \frac{20}{3}$$

$$\frac{-10 \cdot 20}{10+20} = -\frac{20}{3}$$



ночле перв. отр:

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

$$\frac{1}{F_1} = \frac{d F_1}{d - F_1} = \frac{10 \cdot 20}{2}$$

|| M1, т.к. $d < F_1$,

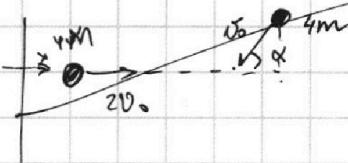
S' f $\leftarrow F_2 = 10 \text{ см}$

Фокус минимум F2 лежит со стороны A2 \leftarrow \Rightarrow изобр. B F2 \rightarrow

$$\Rightarrow V_{\text{изобр}} = V.$$

$$\vec{p}_1 = -\vec{p}_2 \Rightarrow \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_2 \Rightarrow \vec{v}_1 + \vec{V}_0 = 2\vec{v}_m$$

Н1 через отрицательную:



B.C.O. четн: $V_{\text{изм}} = \frac{4m \cdot 20}{8m} = \frac{4m \cdot V_0 \cos \alpha}{8m}$

$$V_{\text{изм}} = \frac{4m V_0 \sin \alpha}{8m}$$

$$\frac{P_1}{2 \text{ м}^2} + \frac{P_2}{2 \text{ м}^2} = \frac{P_1}{2 \text{ м}^2} + \frac{P_2}{2 \text{ м}^2} = \frac{579}{543} = \frac{P_2}{2 \text{ м}^2} \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} \right)$$

$$\Delta W = W_A - W_B = \frac{8m \cdot 579 \cdot 0^2}{2 \cdot 164} - \frac{4m \cdot 175 \cdot 0^2}{2} - \frac{4m \cdot V_0^2}{2} = \frac{579}{4} - 8 - 1 = \frac{579 - 36}{4} = \frac{543}{4}$$

$$4m V_0 - 4m V_0 \sin \alpha = 6m V_0 = 8m V_y \Rightarrow V_y = \frac{3}{4} V_0$$

$$V_x = \frac{\sqrt{3}}{4} V_0 ; \quad V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \frac{V_0}{4} \sqrt{12} = \frac{V_0}{2} \sqrt{3}.$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$\Delta V_0 = \frac{GM}{R^2} \frac{mV_0^2}{2} - \frac{GM \cdot mV_0^2}{2} - \frac{GMV_0^2}{2} = mV_0^2 \left(\frac{3}{8} - \frac{1}{2} \right) = mV_0^2 \left(\frac{3}{8} - \frac{4}{8} \right) = mV_0^2 \left(-\frac{1}{8} \right).$$

Быстро это => тепло => $Q = \frac{15}{8} mV_0^2$

3) Теперь: $Q_1 = E_0 \frac{2}{5} = \frac{15}{8} \cdot \frac{1}{2} mV_0^2 = \frac{9}{4} mV_0^2$ ~~$\Rightarrow M V_0^2 - 4mV_0^2 \frac{1}{2} + 3mV_1 + 5mV_2 \Rightarrow 6V_0 = 3V_1 + V_2$~~

~~3) $W_0 = W_1 + Q_1$~~

$$W_1 = W_0 - Q_1 = \left(\frac{3}{8} \cdot \frac{9}{4} \right) mV_0^2 \Rightarrow 6mV_0^2 - \frac{9}{4} mV_0^2 = mV_0^2 \left(6 - \frac{9}{4} \right) = mV_0^2 \frac{24 - 9}{4} = \frac{15}{4} mV_0^2$$

б) в) $W_1 = K_{\text{отн}} \text{ к.м.} = \frac{MV_{\text{орт}}^2}{2} = \cancel{M} V_{\text{орт}}^2 \quad ? = \frac{3m \cdot 5m \cdot V_{\text{орт}}^2}{2} = \frac{15}{16} V_{\text{орт}}^2$

$$\frac{15}{4} mV_0^2 = \frac{15}{16} V_{\text{орт}}^2 \Rightarrow V_{\text{орт}} = 2V_0$$

$$\frac{15}{16} V_{\text{орт}}^2 = \frac{4.9}{5} V_0^2$$

н2



$$P_0 = P_{\text{нап}} + P_{\text{сух}}$$

$$\textcircled{1} \quad P_0 = P_{\text{сух}} + P_1$$

$$\textcircled{2} \quad P_0 = P_{\text{сух}} + P_2$$

$$T_1 = \frac{72}{10} = \frac{8.9}{10} = \frac{4.9}{5}$$

$$V_{\text{орт}} = \sqrt{\frac{4.9 \cdot 16}{5 \cdot 9.8}} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 4}{5 \cdot 9.8} \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{16}{5 \sqrt{3}} = \frac{3.2}{\sqrt{3}} =$$

Пар исчезает.

$$\frac{72}{5} \frac{1}{\sqrt{3}} = 4.85 \text{ л.}$$

$$\frac{72}{5} \frac{1}{2} = 4.8$$

Для сух: $P_{\text{сух}} S H = P_c \bar{V}_1$

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

Всё о чм:

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

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0$$

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

$$\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = -\vec{v}_2 + \vec{v}_1 \Rightarrow \vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 0$$

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

$$P_{c1} = P_{c2}; \quad P_{n1} = P_{n2} = P_1$$

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

$$\frac{T_2 - P_1}{P_0 - P_1} = \alpha - 1$$

(2) помнит $H \Rightarrow P_{c1} S H = P_c \bar{V}_1$

$$P_{c3} S (H + \Delta H + H) = P_c \bar{V}_2$$

$$\frac{P_{c3}}{P_{c1}} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{(H + \Delta H + H)}{H} = \frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1}.$$