



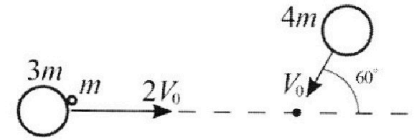
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-07



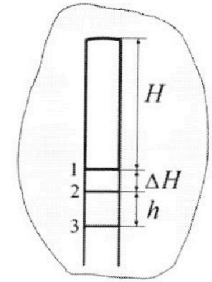
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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  $60^\circ$ . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина массы  $m$ .



- 1) На йдите 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.

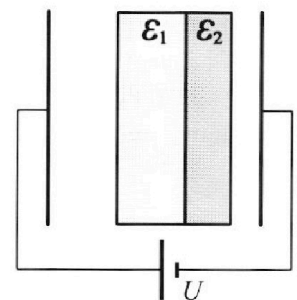
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Столб влажного воздуха имеет длину  $H = 30$  см, температура установилась  $t_1 = 17^\circ\text{C}$ , в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру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

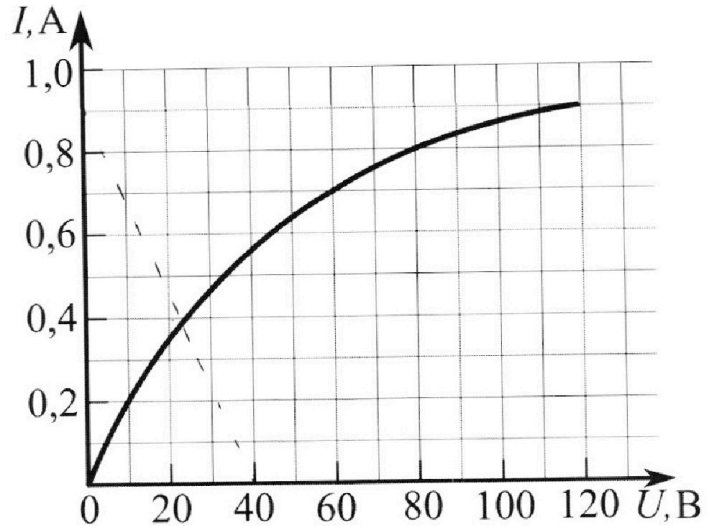
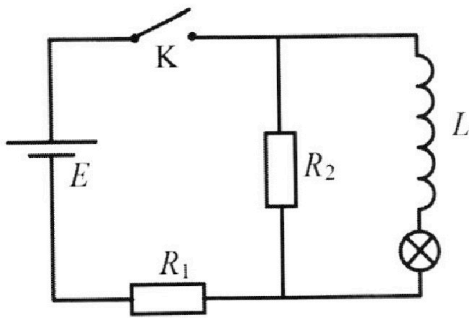
Вариант 11-07

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

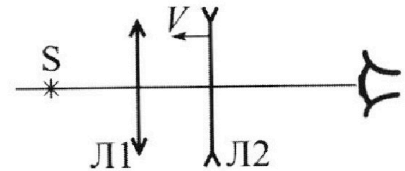


4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные,  $L = 0,25$  Гн,  $E = 120$  В,  $R_1 = 100$  Ом,  $R_2 = 50$  Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

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

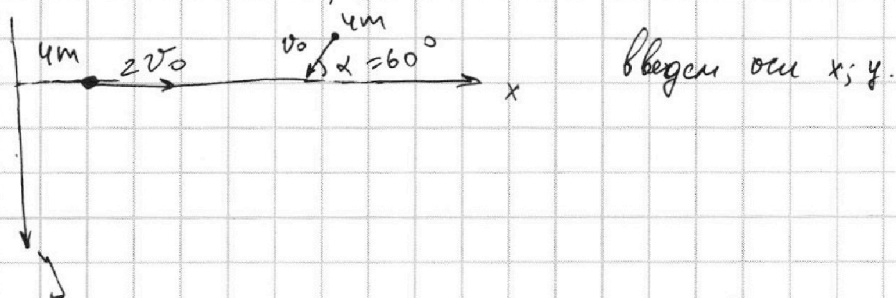
МФТИ

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

Задача № 1. Максимум 1 из 2

Плоский кусок пластилина приклеен на шпатель 8 м, то общ. масса, лежащая

на нем с  $2v_0$ , резина 4 м.



Введем оси  $x; y$ .

1) Так как они сцепятся, то в итоге будет скользить кусок массой 8 м со скоростью  $v$ .

Запишем 3-й закон сохранения импульса в проекции на оси:

$$x: 4m v_0 \cdot 2 - 4m v_0 \cos \alpha = 8m v_x \Rightarrow v_x = \frac{2v_0 - v_0 \cos \alpha}{2}$$

$$y: 4m v_0 \sin \alpha = 8m v_y \Rightarrow v_y = \frac{v_0 \sin \alpha}{2}$$

$$\text{Общ. скорость } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \frac{v_0}{2} \sqrt{(2 - \cos \alpha)^2 + \sin^2 \alpha} = \frac{v_0}{2} \sqrt{4 - 4 \cos \alpha + \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$
$$= \frac{v_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cos \alpha} = \frac{v_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cos 60^\circ} = \frac{v_0}{2} \sqrt{5 - 4 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{v_0}{2} \sqrt{3} \Rightarrow v = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

2) по 3-му закону сохранения энергии:

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

$$E_0 = W_0 - W_1, \quad W_0 = \frac{4m \cdot 4v_0^2}{2} + \frac{4m v_0^2}{2} = 10m v_0^2;$$

$$W_1 = \frac{8m \cdot v^2}{2} = \frac{8m \cdot v_0^2 \cdot 3}{4 \cdot 2} = 3m v_0^2$$

$$E_0 = 10m v_0^2 - 3m v_0^2 = 7m v_0^2.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

Задача №1: мб 2 и 3 2

$$3) E_1 = \frac{2}{5} E_0 = \frac{2}{5} \cdot 7 m v_0^2 = \frac{14}{5} m v_0^2$$

$$\text{Тогда } u_3 \text{ ЗСФ: } W_2 \neq E_1 = W_0 \Rightarrow W_2 = W_0 - E_1 = 10 m v_0^2 - 4,8 m v_0^2 = 5,2 m v_0^2$$

ки  
энергия идет после удара.

В со центра масс кинетическая энергия идет после удара равна

$$K' = \frac{\mu v_{\text{отн}}^2}{2}, \text{ где } \mu - \text{приведенная масса кноу}, \text{ т.е. плоскости норм}$$

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

$v_{\text{отн}}$  - модуль от скорости шайб.

$$K' = \frac{15}{8} m \frac{v_{\text{отн}}^2}{2} \text{ по ЗСФ: } W_2 = K' \Rightarrow 5,2 m v_0^2 = \frac{15}{8 \cdot 2} v_{\text{отн}}^2$$

$$\text{то } v_{\text{отн}}^2 = \frac{22 \cdot 16}{10 \cdot 15} v_0^2 = \frac{8 \cdot 8 \cdot 16}{25 \cdot 5 \cdot 8} v_0^2 \Rightarrow v_{\text{отн}} = v_0 \cdot \frac{2 \cdot 8}{5} \sqrt{3} = \frac{8}{5} \sqrt{3} v_0 = 1,6 \sqrt{3} v_0$$

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

$$2) E_0 = 7 m v_0^2$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

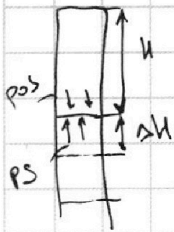
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

Задача № 2: мик 1 из 2



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

Т.к. в поп. 1 и 3 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, как если смесь сухого воздуха в кол-ве

$V_0$  молей ( $\gamma = \text{const}$ ) и вод. пара, кол-во кот. в попом. 1 и 2

равны, 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:  $P_0 S H = \gamma R T_1$ , где  $T_1 = t_1 + 273 \text{ K}$ .

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

$$\begin{aligned} \frac{H + \Delta H}{H} &= \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \Delta H = H \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right). \quad \Delta H = 30 \text{ см} \left( \frac{17 + 273 \text{ K}}{12 + 273 \text{ K}} - 1 \right) = 30 \text{ см} \left( \frac{350}{290} - 1 \right) = \\ &= 30 \text{ см} \cdot \frac{6}{29} = \frac{180 \text{ см}}{29} \approx 6 \frac{1}{29} \text{ см} \end{aligned}$$

② Т.к. поп. 1 и 3 воздух находится в равновесии, значит пар в равновесии с жидкостью, т.е. он насыщенней.

в поп. 3:  $P_0 = P_2 + p_{c3}$ ,  $p_{c3}$  - давл. сух. возд. в поп. 3,  $\Rightarrow p_{c3} = P_0 - P_2$

в поп. 1:  $P_0 = P_1 + p_{c1}$ ,  $p_{c1}$  - давл. сух. возд. в поп. 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"/>	<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 №2: мис 2 и 2

У-ие Менделеева - Клапейрона для сух. воздуха:

$$\text{кон. 1: } p_{c1} H S = \nu R T_1$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 1355 \text{ мм рт. ст.}$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

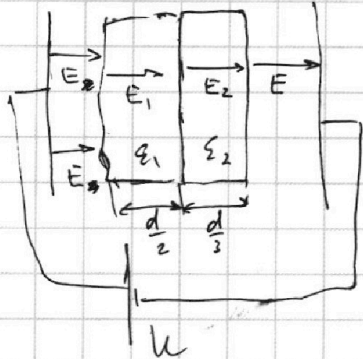
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Задача №3: мост 1 и 3 2

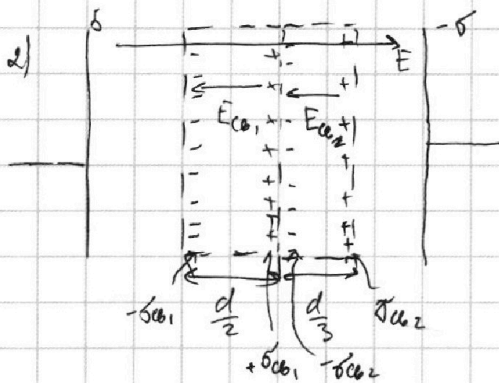


Напряж. поле в левом и правом зазоре равно  $E$ , то напряж. поле в диэл. 1  $E_1 = \frac{E}{\epsilon_1}$ ; в диэл. 2  $E_2 = \frac{E}{\epsilon_2}$ .

1) Тогда разность потенциалов между пластинами конденсатора:

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

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



Тогда действит. поле  $E$  вытесни диэлектрик от своего зазора, как от поля  $E_{\sigma 1}$  и  $E_{\sigma 2}$  такие что  $E_1 = E - E_{\sigma 1} = \frac{E}{\epsilon_1} \Rightarrow E_{\sigma 1} = E \left( 1 - \frac{1}{\epsilon_1} \right) = E \left( \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right)$

а  $E_2 = E - E_{\sigma 2} = \frac{E}{\epsilon_2} \Rightarrow E_{\sigma 2} = E \left( \frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right)$ .

Полное поле  $E$  создано зарядом  $\sigma$  и  $-\sigma$  на обкладках,  $\sigma = \frac{Q}{S} \Rightarrow Q = ES = E \epsilon_0 S$

$$Q = \sigma S = E \epsilon_0 S = \frac{U \epsilon_0 S}{d} \frac{6\epsilon_1 \epsilon_2}{(\epsilon_1 \epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)} \Rightarrow Q = \frac{U \epsilon_0 S}{d} \cdot 2,4$$

3) Тогда заряды связи заряды  $q = S(\sigma_{\sigma 1} - \sigma_{\sigma 2})$

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

$$E_{\sigma 2} = E \left( \frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right) = \frac{\sigma_{\sigma 2}}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma_{\sigma 2} = E \epsilon_0 \left( \frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right) = E \epsilon_0 \left( 1 - \frac{1}{\epsilon_2} \right)$$

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

$$= \frac{U \epsilon_0 S}{d} \frac{6(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{(\epsilon_1 \epsilon_2 + 3\epsilon_2 + 2\epsilon_1)}; \quad q = \frac{U \epsilon_0 S}{d} \frac{6 \cdot (8 - 4)}{3 \cdot 8 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 3} = - \frac{U \epsilon_0 S}{5d}$$



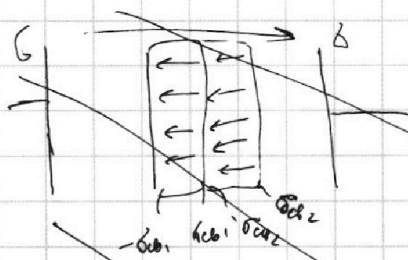
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



~~$E_0 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}$~~

~~$E_1 = E_2 = \frac{\sigma_{\text{св}}}{\epsilon_0}; E_2 = \frac{\sigma_{\text{св}}}{\epsilon_0}$~~

~~$E_1 = \frac{E_0}{\epsilon} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0 \epsilon}$~~

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

~~$Q = CU = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \cdot E d \Rightarrow$~~

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

задача №3: мис 2 и 2

Ответ: 1)  $E = 24 \frac{V}{d}$

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:

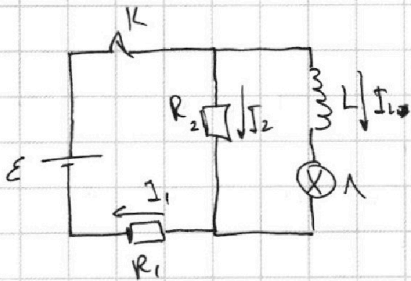
1  2  3  4  5  6  7

**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 ключа ток через катушку 0, он не может измениться мгновенно, то после замыкания  $I_L = 0$ . Тогда  $I_1 = I_2$ ; напряжение на лампочке  $U_{л0} = 0$ .

по 3-му Кирхгофа:  $\mathcal{E} = I_{10}(R_1 + R_2) \Rightarrow I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$ ;  $I_{10} = \frac{120 \text{ В}}{100 \text{ Ом} + 50 \text{ Ом}} = 98 \text{ А}$ .

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

в ~~крат~~ момент сразу после замыкания ключа:  $I_{10} R_2 = L \frac{dI_{10}}{dt} + U_{л0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{dI_{10}}{dt} = \frac{I_{10} R_2}{L} = \frac{\mathcal{E}}{L} \cdot \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$  — скорость роста тока через катушку в сразу после замык.  
 $\frac{dI_{10}}{dt} = \frac{120 \text{ В}}{150 \text{ Ом}} \cdot \frac{50 \text{ Ом}}{0,25 \text{ Гн}} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

3) По устр р-ме ток через катушку и лампочку  $I_{л} = \text{const}$ , то  $U_{л} = L \frac{dI_{л}}{dt} = 0$  — напряжение на катушке.

По 3-мем Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_{л} \\ I_2 R_2 = U_{л} \\ \mathcal{E} = I_2 R_2 + I_1 R_1 \end{cases}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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 №: 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

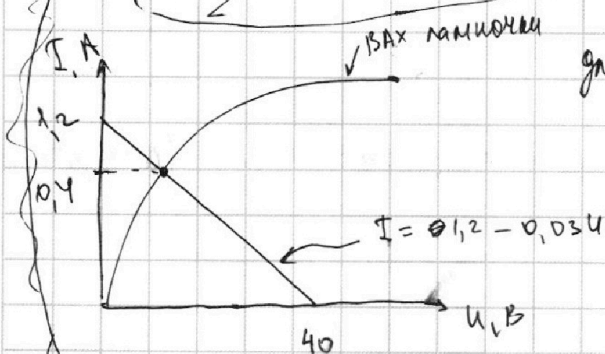
$I_A = 1,2 - 0,03 U_A$ , это будет точка, соответствующая значению в этой ф-ле.

$$I_{\text{гор}} = 0,4 \text{ А.}$$

~~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)  $I_{\text{гор}} = 0,4 \text{ А.}$~~



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

$I = 0 \Rightarrow U = 40 \text{ В}$

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

→ 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)  $I_{\text{гор}} = 0,4 \text{ А.}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

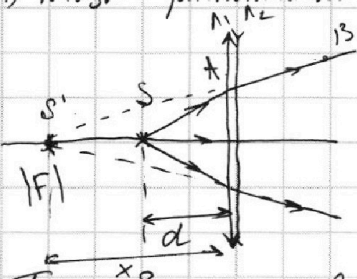
МФТИ

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



Задача №5: линз 1 и 2

1) линзы расположены вплотную



Оп. силы линз:  $\Delta_1: \Delta_1 = \frac{1}{F_1}$

$\Delta_2: \Delta_2 = \frac{1}{F_2}$

Тогда заменим две линзы одной с оп. силой  $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{F_2 + F_1}{F_2 F_1}$

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

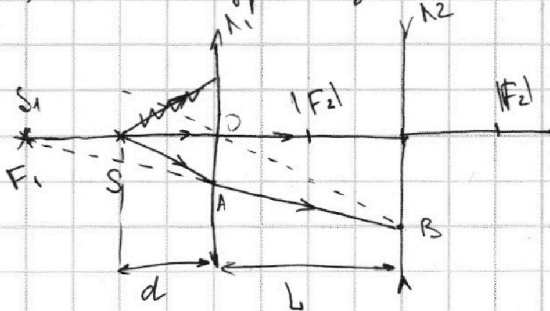
расходящую,  $F = \frac{1}{\Delta} = \frac{F_2 F_1}{F_2 + F_1} = -20 \text{ см}$ , т.е.  $|F| \geq d$ ,  $|F| = \frac{1}{2} d \cdot 2$

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

Изображение лежит на той же оптической оси линзы.

Проведем SA, после пересек линзы он пойдет через т. B, где  $B \in FB$ , т.е. будет со всеми лучами от  $S^*$ , то  $S^*$  находится в т.  $F_1$ , то  $x_0 = |F| = \left| \frac{F_2 F_1}{F_2 + F_1} \right| = 20 \text{ см}$ .

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



Сначала найдем изображение от S в первой линзе.

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

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

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

пересекает фокальн. м-ть в т. B. AB ход луча после отражения в  $A_1$ .  
То продолжим SA, он пересекет  $O_2$  в  $F_1$ , т.е.  $S_1$  - изобр. в  $M_1$ ,

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

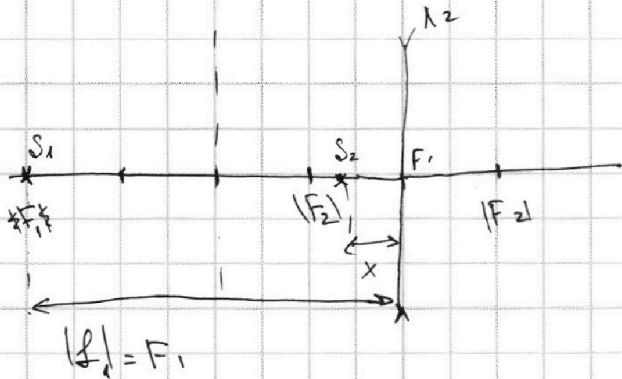
МФТИ

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 отр в  $\Lambda_2$ :



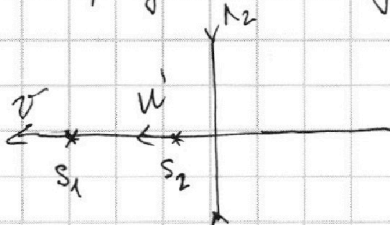
$F$ -ые точки мисс для  $\Lambda_2$ :  $\frac{1}{(F_1+L)} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow f_2 = \frac{F_2(F_1+L)}{L F_1 - F_2} = \frac{F_2 \cdot 2 F_1}{2 F_1 - F_2}$

$|f_2| = x$ , то  $x = \left| \frac{2 F_1 F_2}{2 F_1 - F_2} \right| \Rightarrow x = \left| \frac{-2 \cdot 10 \text{ см} \cdot 20 \text{ см}}{2 \cdot 20 \text{ см} - 10 \text{ см}} \right| = \frac{400 \text{ см}}{30} = 13 \text{ см}$  - положение  $S_2$ .  
 $f_2 \leq 0 \Rightarrow$  центр  $S_2$ -миллае, находится слева от мисс  $\Lambda_2$ .

3) В Лаборатории СО (ЛСО):

$S_1$  не подвижно; мисс  $\Lambda_2$  движется влево

Перейдем в СО движ. влево с  $v$ , то скорость  $s$ , равна  $v$ ; мисс  $\Lambda_2$  неподвижна.



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

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

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

$u' = v \cdot \Gamma^2 = v \left( \frac{F_2}{F_1+L-F_2} \right)^2$ ;  $u' = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \left( \frac{-10}{40+10} \right)^2 = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{25} = 0,04 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

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:

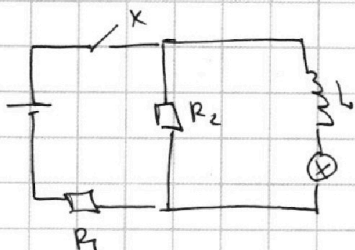
- 1  2  3  4  5  6  7

**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

$U_{\text{инд}} = 0; \quad I_{10} = 0$

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

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

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

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

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

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

$40 \cdot 4 = 160$

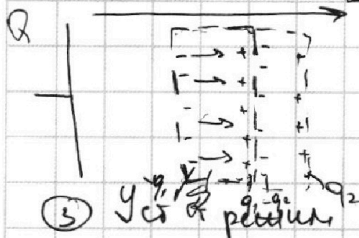
$I_{20} = I_{10} \Rightarrow I_{20} R_2 = I_{10} R_2 = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow$

$j = AE$

$I = jS$

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

$= \frac{4}{5} \cdot \frac{120}{150} = 160 \frac{\text{В} \cdot \text{А}}{\text{С}}$



3  $U_{\text{ср}} = \frac{q_1 - q_2}{C}$

$\frac{dI}{dt} \Rightarrow U_{\text{ср}} = 0 \Rightarrow$

$q_1 - q_2 = q$

$I_2 R_2 = U_{\text{ср}}$

$\varepsilon = I_2 R_2 + I_1 R_1$

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

$\varepsilon = (R_1 + R_2) I_2 + I_n R_1$

$I_2 = \frac{U_{\text{ср}}}{R_2}$

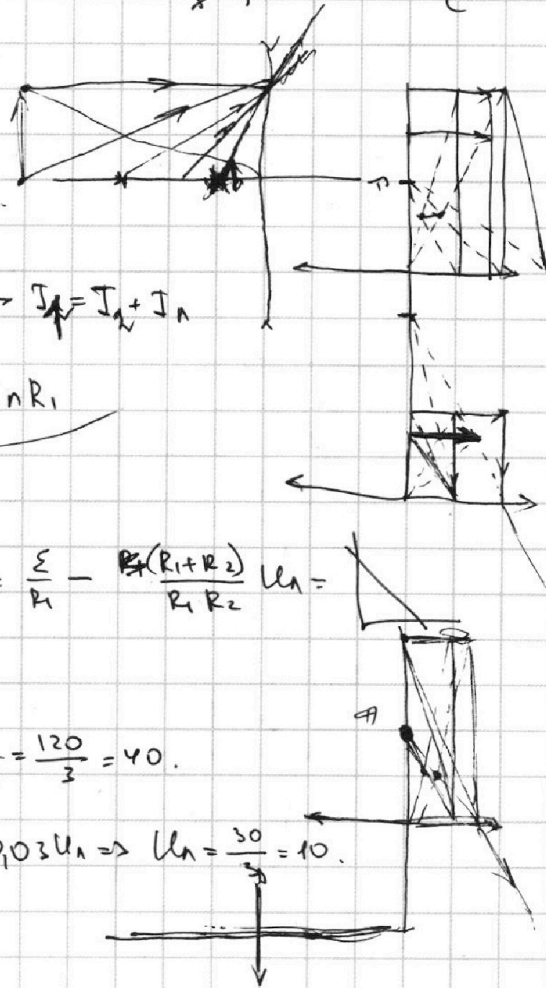
$\Rightarrow \varepsilon = \frac{U_{\text{ср}}}{R_2} (R_1 + R_2) + I_n R_1 \Rightarrow I_n = \frac{\varepsilon}{R_1} - \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} U_{\text{ср}} =$

$= \frac{120}{100} - \frac{150}{100 \cdot 50} U_{\text{ср}} = 1.2 - 0.03 U_{\text{ср}}$

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

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

Ответ  $U_{\text{ср}} = 10 \text{ В}$



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!



n1.  $\alpha = 60$   
 $4m \cdot c \cdot U_0 \leftarrow 4m U_0 \cos \alpha d = 8m U_0 - 4m U_0 \frac{1}{2} = 6m U_0$   
 $4m U_0 \sin \alpha d = 8m U_0 \frac{1}{2} \Rightarrow U_y = U_0 \frac{\sin \alpha}{2} = U_0 \frac{\sqrt{3}}{4}$

$U_1 = \sqrt{36 + \frac{3}{16} U_0^2} = \sqrt{579} U_0$

$\frac{180}{134} \cdot \frac{29}{6}$

$\frac{29}{6} \cdot \frac{29}{6}$

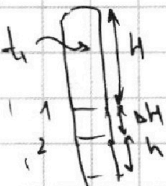
$h = 50; h = 10$   
 $t_1 = 17 = 290; t_2 = 350$

$t_1 \rightarrow t_2$   
 $p = p$

$\frac{275}{290} + \frac{275}{350}$

$\frac{36}{16} \cdot \frac{216}{576} = \frac{216}{576}$   
 $\frac{216}{576} = \frac{3}{8}$   
 $576 = 3^2 \cdot 2^6 \Rightarrow \sqrt{576} = 3 \cdot 2^3 = 3 \cdot 8 = 24$

n2.



$\frac{285}{550}$

n.1) было:

$P_0 S \Delta H = P R T_1$

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

n.2) Ито

$P_0 S \Delta H = P R T_2$

$= \frac{6}{29} H$

n.3)

суть:

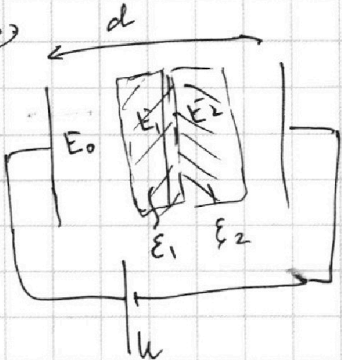
$Q = \Delta U + A$

$E_1 = E_0 + E_{об.1}$

$\Delta U =$

$\vec{j} = \epsilon \vec{E}; j = \frac{I}{S} = \frac{I}{\pi r^2}; \epsilon = \frac{1}{4\pi k}; 1 = \frac{1}{\epsilon}$

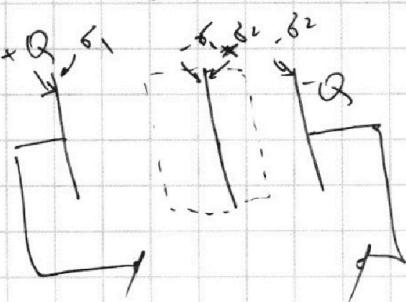
n3)



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

$= E_0 d \left( \frac{d}{6} + \frac{\epsilon_1 d}{2} + \frac{\epsilon_2 d}{3} \right) \Rightarrow E_0 d \left( \frac{1}{6} + \frac{3}{2} + \frac{1}{3} \right) =$

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



$E_1 = E_0 + \frac{Q \sigma_1}{\epsilon_1 \epsilon_0}$

$E_2 = E_0 + \frac{Q \sigma_2}{\epsilon_2 \epsilon_0}$

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

$3 \cdot \frac{350}{290} = 3 \cdot 1.207 = 3.621$

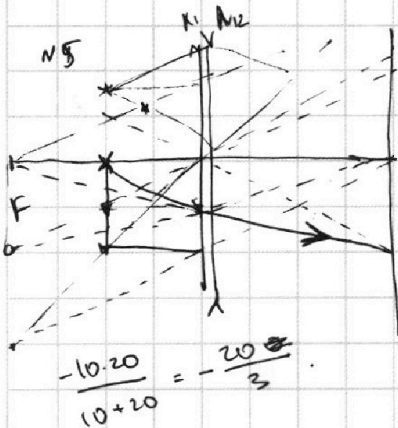
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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) Миша в лоту:

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

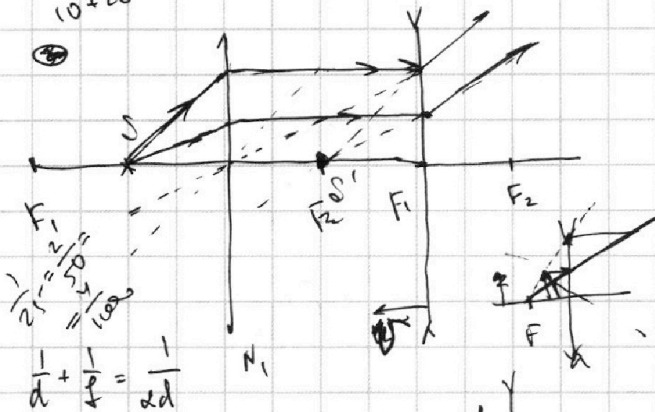
$$F_{\text{объ}} = -20 \text{ см}$$

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

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

$$f = \frac{+20 \cdot 10 + 10(20 - 10)}{+10 \cdot 20 \cdot 10} = \frac{20 + 10}{200} = \frac{3}{20} \Rightarrow f = \frac{20}{3}$$

2)



после пер. стр:

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

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

||  $M, P, L, d < F_1$

S' в  $F_2 = 10 \text{ см}$

3) в с.о.

Фокус линзы  $F_2$  совпадает со сж-тым  $F_2 \leftarrow \Rightarrow$  вход. в  $F_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow v_{\text{изобр}} = v$

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

|| через опти. ос-ти:

в с.о. ч.т.:

$$v_{\text{ч.т.}} = \frac{4\text{ м} \cdot 20}{8\text{ м}} = 10 \text{ м}$$

$$v_{\text{ч.т.}} = \frac{4\text{ м} \cdot v_0 \sin \alpha}{8\text{ м}}$$

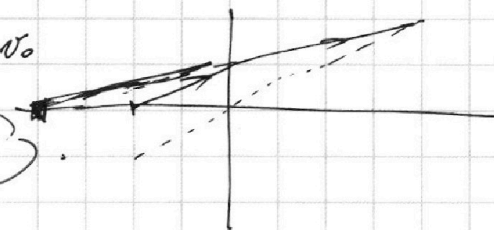
$$\frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{p_1 + p_2}{2} = \frac{m_1 m_2}{m_1 m_2}$$

$$\frac{579}{36} = \frac{p_1 + p_2}{2} \left( \frac{m_1 m_2}{m_1 m_2} \right)$$

$$\Delta W = W_1 - W_0 = \frac{8\text{ м} \cdot 579^2}{2 \cdot 164} - \frac{4\text{ м} \cdot v_0^2}{2} = \frac{8\text{ м} \cdot v_0^2}{2} = 4\text{ м} v_0^2 \Rightarrow v_y = \frac{3}{4} v_0$$

$$8\text{ м} v_0 - 4\text{ м} v_0 \sin \alpha = 6\text{ м} v_0 = 8\text{ м} v_y \Rightarrow v_y = \frac{3}{4} v_0$$

$$v_x = \frac{\sqrt{3}}{4} v_0 ; v = \frac{v_0}{4} \sqrt{3+9} = \frac{v_0}{4} \sqrt{12} = \frac{v_0}{2} \sqrt{3}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!



$$\Delta Q = \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{4}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = m v_0^2 \left( \frac{3}{8} - 4 - \frac{1}{2} \right) = m v_0^2 \left( \frac{3}{8} - \frac{28}{8} \right) = m v_0^2 \left( -\frac{25}{8} \right)$$

4 + 2 = 6g      в ширину      или => тепло => Q =  $\frac{25}{8} m v_0^2$

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) и 7:  $W_0 = W_1 + Q_1$

$$W_1 = W_0 - Q_1 = \left( \frac{15}{8} - \frac{9}{4} \right) m v_0^2 = \frac{15}{8} m v_0^2 - \frac{18}{8} m v_0^2 = -\frac{3}{8} m v_0^2$$

$$= m v_0^2 \left( 6 - \frac{9}{4} \right) = m v_0^2 \frac{24 - 9}{4} = \frac{15}{4} m v_0^2$$

в)  $W = K_{\text{ср}} \text{ у.м.} = \frac{\mu v_{\text{ср}}^2}{2} = \frac{5m \cdot 5m \cdot v_0^2}{2} = \frac{15}{16} v_{\text{ср}}^2$

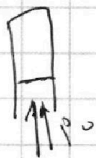
$$\frac{15}{4} v_0^2 = \frac{15}{16} v_{\text{ср}}^2 \Rightarrow v_{\text{ср}} = 2 v_0$$

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

н2

$$F_1 = \frac{72}{10} = \frac{8 \cdot 9}{10} = \frac{4.9}{5}$$

$$v_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{4.9 \cdot 16}{5 \cdot 25}} = \frac{2.4}{5} \frac{1}{\sqrt{5}} \Rightarrow \frac{4.8}{5 \sqrt{5}}$$



$P_0 = P_{\text{ср}} + P_{\text{ср}} \cdot S$

①  $P_0 = P_{\text{ср}1} + P_1$

②  $P_0 = P_{\text{ср}2} + P_2$

Пар имеет ширину  $h$ .

Пар имеет ширину  $h$ .

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

$$\frac{72 \cdot 1.24}{12} = 7.44$$

Для сгх:  $P_{\text{ср}1} S h = P_c R T_1 \Rightarrow \frac{P_{\text{ср}2} (H + \Delta H)}{P_{\text{ср}1} H} - \frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1} \cdot \frac{(H + \Delta H)}{H} = \frac{T_2}{T_1}$

всё у.м:

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

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

$\vec{v}_1 - \vec{v}_y = -\vec{v}_2 + \vec{v}_y \Rightarrow v_1 + v_2 = 2v_y$

$3(\vec{v}'_1 - \vec{v}'_2) = -5 \left( \frac{v_1}{2} - \frac{v_2}{2} \right) = H \left( \frac{T_2}{T_1} - \frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2} - 1 \right)$

Борисово по  $P_{\text{ср}1} = P_{\text{ср}2}; P_{\text{н}1} = P_{\text{н}2} = P_1$

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

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

② пошл у.м  $h \Rightarrow P_{\text{ср}1} S h = P_c R T_1$   
 $P_{\text{ср}2} S (H + \Delta H + h) = P_c R T_2$

$\frac{P_{\text{ср}2}}{P_{\text{ср}1}} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{(H + \Delta H + h)}{H} = \frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1}$