



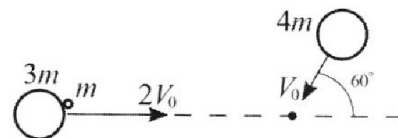
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-07

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

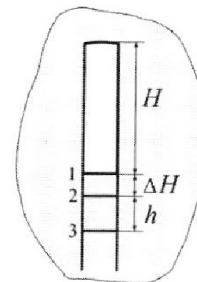


1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $3m$, скорость $2V_0$, масса второй шайбы $4m$, скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина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

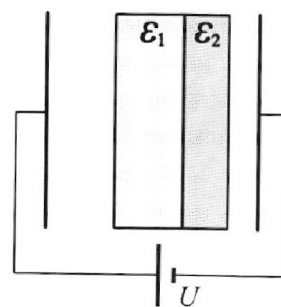
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Столб влажного воздуха имеет длину $H = 30$ см, температура установилась $t_1 = 17^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру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

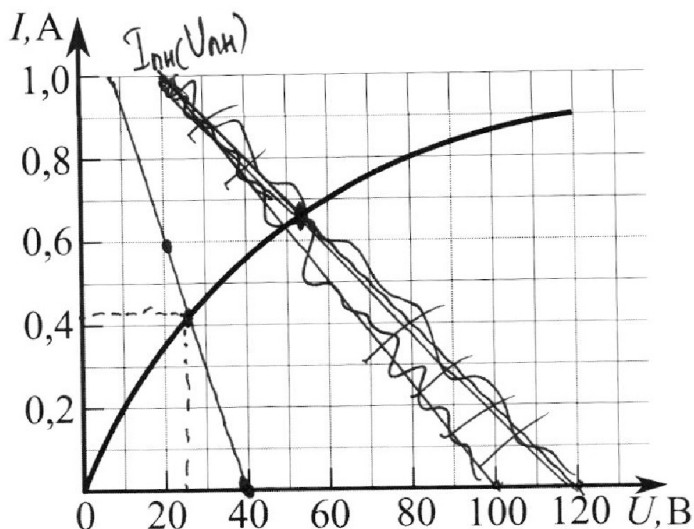
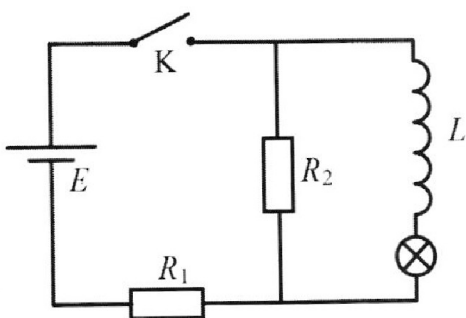
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-07

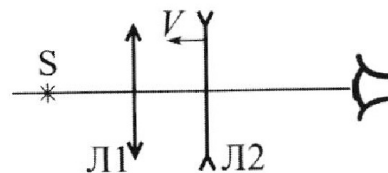
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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.).



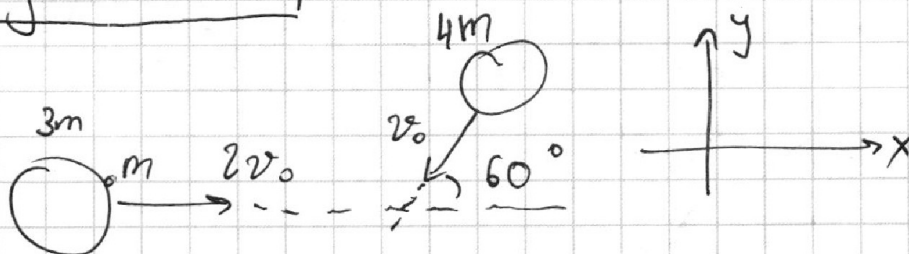
- 1) На каком расстоянии x_0 от линз будет изображение, когда Л2 приблизится вплотную к Л1?
- 2) На каком расстоянии x от линзы Л2 будет изображение, когда расстояние между линзами станет $L = 20$ см?
- 3) Найти скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 20$ см.



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 №1



До столкновения.

Поскольку в т.ч. в силу того, что поверхность гладкая, на шарики не действует никаких внешних горизонтальных сил, то можно воспользоваться законом сохранения импульса (далее — ЗСИ).

Введем ось Ox , направленную вправо и параллельную скорости шара $3m$ с куском пластины m , и ось Oy , перпендикулярную оси Ox и направленной вверх (см. рисунок).

Запишем ЗСИ по Ox : $(3m+m)2v_0 + 4m(-v_0 \cos 60^\circ) = (3m+m+4m)v_x$, где v_x — скорость всей системы «шар + пластина» по оси Ox (при этом v_x не обязательно > 0) после абсолютно неупругого удара (по условию, т.к. шары приклеились).
ЗСИ по Oy : $(3m+m) \cdot 0 + 4m(-v_0 \sin 60^\circ) = (3m+m+4m)v_y$, где v_y — скорость всей системы «шар + пластина» после удара (v_y не обязательно > 0).

Получаем систему ~~$(3m+m)2v_0 + 4m(-v_0 \cos 60^\circ) = (3m+m+4m)v_x$~~
 ~~$(3m+m) \cdot 0 + 4m(-v_0 \sin 60^\circ) = (3m+m+4m)v_y$~~

$$\begin{cases} (3m+m)2v_0 + 4m(-v_0 \cos 60^\circ) = (3m+m+4m)v_x \\ (3m+m) \cdot 0 + 4m(-v_0 \sin 60^\circ) = (3m+m+4m)v_y \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 8mv_0 - 4mv_0 \cos 60^\circ = 8mv_x \\ -4mv_0 \sin 60^\circ = 8mv_y \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 8mv_0 - 4mv_0 \cdot \frac{1}{2} = 8mv_x \\ -4mv_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 8mv_y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6mv_0 = 8mv_x \\ -2\sqrt{3}mv_0 = 8mv_y \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3v_0 = 4v_x \\ -\sqrt{3}v_0 = 4v_y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_x = 0,75v_0 \\ v_y = -(\sqrt{3}/4)v_0 \end{cases}$$

стр. 1/13

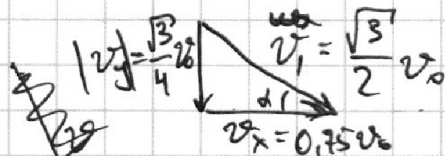
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

По теореме Пифагора модуль вектора скорости системы ~~после~~ после удара равен:

$$v_1 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(3/4)v_0^2 + (3/4)v_0^2} = \frac{2\sqrt{3}}{4}v_0 = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0.$$

Таким образом, скорость направлена след. образом:



Поскольку $\frac{v_1}{v_y} = 2$, то $\angle \alpha = 30^\circ$ (см. рисунок;
 α - угол между $\vec{v}_x$ и $\vec{v}_1$ = угол между $\vec{v}_x$ и $\vec{v}_1$;
 $\Rightarrow$ угол между Ox и $\vec{v}_1$).

Таким образом, $v_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$, v_1 направлена вправо вниз под углом 30° к Ox .

Работа энергии E_0 в начальном и конечном состояниях E_0 будет равна - разности кинетической энергии ~~майд~~ в 2 состояниях, ~~поскольку~~
~~потенциальная энергия~~ (т.е. прот. число по отн. к этой разности)

Иными словами, в первом (начальном) состоянии суммарная кинетическая энергия $E_{k1} =$
 $= (3m+m) \cdot (2v_0)^2 + \frac{4m \cdot v_0^2}{2} = \frac{4m \cdot 4v_0^2}{2} + \frac{4m \cdot v_0^2}{2} =$

$= 8m v_0^2 + 2m v_0^2 = 10m v_0^2$; во втором (после столкновения) состоянии суммарная кинетическая энергия $E_{k2} = \frac{(3m+m+4m) \cdot (\sqrt{3}/2 v_0)^2}{2} = \frac{8m \cdot (3/4) v_0^2}{2} =$
 $= 3m v_0^2$

Таким образом, $E_0 = -(E_{k2} - E_{k1}) = -(3m v_0^2 - 10m v_0^2) = 7m v_0^2$.

(Т.к. по ЗСЭ (здесь и далее - закону сохранения энергии $E_{k1} = E_{k2} + E_0$), т.е. выделяющаяся в результате взаимодействия кинетической энергии энергии пойдет на две - ~~лишние~~ внутренней энергии)

Для решения п.3 задачи перейдем в систему отсчета центра масс системы ~~и шаров + пластины~~
До столкновения приведенная масса системы равна $\mu_1 = \frac{1}{\frac{1}{4m} + \frac{1}{3m+m}} = 2m$, относительная скорость ~~майд~~ ~~относит.~~ друг друга равна $v_{отн}$.

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

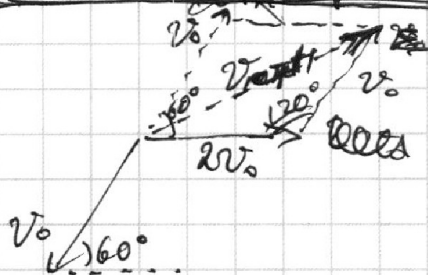
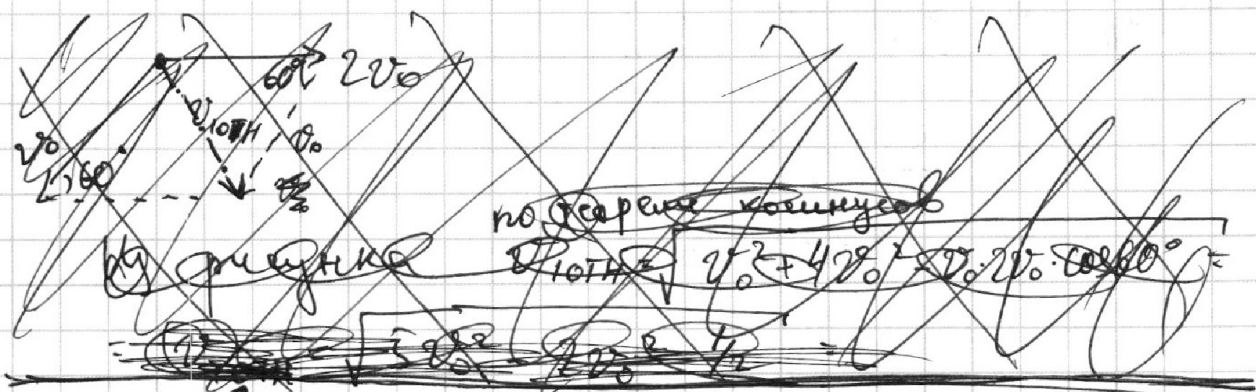
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



По т. косинусов из рисунка выше

$$v_{отн} = \sqrt{4v_0^2 + v_0^2 - 2 \cdot v_0 \cdot 2v_0 \cdot \cos 120^\circ} =$$

$$= \sqrt{5v_0^2 + 4v_0^2} \cdot \frac{1}{2} = \sqrt{7} v_0$$

~~Вектор скорости центра масс~~ После столкновения

приведенная масса $\mu_2 = 1 / (\frac{1}{3m} + \frac{1}{4m+m}) =$

$$= \frac{1}{\frac{1}{3m} + \frac{1}{5m}} = \frac{1}{\frac{5m+3}{15m}} = \frac{15m}{8}$$

Пусть $v_{отн}$ - искомая скорость шара относительно друг друга после столкновения. Тогда по закону сохранения энергии:

$$\frac{\mu_1 \cdot v_{отн}^2}{2} = \frac{\mu_2 \cdot v_{отн}^2}{2} + 2E_0/5$$

$$\frac{2m \cdot 7v_0^2}{2} = \frac{(15m/8) \cdot v_{отн}^2}{2} + 7mv_0^2 \cdot \frac{2}{5}$$

СР.3/131



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!

$$7mv_0^2 \cdot \frac{3}{5} = \frac{15m}{16} \cdot v_{\text{лоти}}^2$$

$$7mv_0^2 = \frac{15m}{16} \cdot \frac{5}{3} \cdot v_{\text{лоти}}^2$$

$$7mv_0^2 = \cancel{8m} \cdot \frac{25}{16} v_{\text{лоти}}^2$$

$$\frac{7 \cdot 16}{25} v_0^2 = v_{\text{лоти}}^2$$

$$v_{\text{лоти}} = \frac{4\sqrt{7}}{5} v_0$$

Ответ:

- 1) $v_1 = \frac{\sqrt{31}}{2} v_0$
- 2) $E_0 = 7mv_0^2$
- 3) $v_{\text{лоти}} = \frac{4\sqrt{7}}{5} v_0$

СР-4/13

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

Выразим температуры t_1 и t_2 в Кельвинах для
удобства вычислений: $t_1 = 17^\circ\text{C} \approx (17 + 273)\text{K} = 290\text{K}$
 $t_2 = 77^\circ\text{C} \approx (77 + 273)\text{K} = 350\text{K}$

~~Выведем уравнение состояния идеального газа в начальном состоянии~~

Примем за S площадь основания цилиндра.
Зададим: 1 состояние = вода на уровне 1;
2 состояние = вода на уровне 2;
3 состояние = вода на уровне 3;

Примем за $p_{1п}$ - давление водяного пара в сост. 1,
 $p_{1в}$ - давление остальных газов в сост. 1;
 $p_{2п}$ - давление водяного пара в сост. 2;
 $p_{2в}$ - давление остальных газов в сост. 2;
 $p_{3п}$ - давление водяного пара в сост. 3;
 $p_{3в}$ - давление остальных газов в сост. 3.

По условию давление при переходе из сост. 1
в сост. 2 не менялось $\Rightarrow$ по закону Дальтона

$p_0 = p_{1в} + p_{1п} = p_{2в} + p_{2п}$.
По уравнению Менделеева - Клапейрона и закону
Дальтона для состояний 1-3:

$$\begin{aligned} (p_{1в} + p_{1п})HS &= \nu_{12} R t_1 \\ (p_{2в} + p_{2п})(H + \Delta H)S &= \nu_{12} R t_2 \\ (p_{3в} + p_{3п})(H + \Delta H + h)S &= \nu_{32} R t_2 \end{aligned}$$

(т.к. темп. изменились быстро, то пар не успел конденсироваться, $\nu = \text{const}$ для перехода 1-2, также вода не успела испариться).

т.к. изменился гидростатический давление можно принять
разн. и по условию давление во всех 3 сос-
тояниях постоянно и равно $p_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow p_0 = p_{1в} + p_{1п} = p_{2в} + p_{2п} = p_{3в} + p_{3п}$$

то есть, получаем: $p_0 HS = \nu_{12} R t_1$

$$\Rightarrow \frac{H}{H + \Delta H} = \frac{t_1}{t_2} \Rightarrow t_1(H + \Delta H) = H t_2 \Rightarrow t_1 H + t_2 H = t_1 \Delta H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta H = H \frac{t_2 - t_1}{t_1} = 30 \text{ см} \cdot \frac{350\text{K} - 290\text{K}}{290\text{K}} = 30 \text{ см} \cdot \frac{60\text{K}}{290\text{K}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta H = \frac{180}{29} \text{ см}$$

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!

По условию давление постоянно $\Rightarrow$ в переходе между состояниями 1-2
2-3 объем увеличивается за счет испарения
в водяной пар воды. При этом когда объем
прибавать перестал (объем = объем газа + пар),
то в состоянии 3 водяной пар насыщенный и
 $P_{3п} = P_2 = 305$ мм рт.ст.
Поскольку до перехода между состояниями 1-2
влажный воздух находился достаточно долго,
то в состоянии 1 пар также насыщенный, то
его $P_{1п} = P_1 = 15$ мм рт.ст.
В переходе 1-2 предельное давление сохраняется $\Rightarrow$
процесс 1-2 изобарный и для водяного пара,
и для смеси газов. Отсюда $P_{1п} = P_{2п}$ и $P_{1в} = P_{2в}$.
Теперь примем за $V_{12п}$ количество водяного пара
в состояниях 1 и 2, за $V_{3п}$ количество водя-
ного пара в состоянии 3, за $V_в$ количество
оставшихся газов во всех трех состояниях (оно,
очевидно, постоянно).

Тогда по уравнению Менг.-Кл.:

$$\begin{aligned} P_{1в} H S &= \nu_{в} R t_1 \\ P_{2в} (H + \Delta H) S &= \nu_{в} R t_2 \\ P_{3в} (H + \Delta H + h) S &= \nu_{в} R t_3 \end{aligned} \quad \begin{aligned} P_{1п} H S &= \nu_{12п} R t_1 \\ P_{2п} (H + \Delta H) S &= \nu_{12п} R t_2 \\ P_{3п} (H + \Delta H + h) S &= \nu_{3п} R t_2 \end{aligned}$$

Отсюда:

$$\begin{aligned} P_{1в} H S &= \nu_{в} R t_1 \\ P_{1в} (H + \Delta H) S &= \nu_{в} R t_2 \\ P_{3в} (H + \Delta H + h) S &= \nu_{в} R t_2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} P_1 H S &= \nu_{12п} R t_1 \\ P_1 (H + \Delta H) S &= \nu_{12п} R t_2 \\ P_2 (H + \Delta H + h) S &= \nu_{3п} R t_2 \end{aligned}$$

Следовательно:

$$\frac{P_1 (H + \Delta H) S}{P_2 (H + \Delta H + h) S} = \frac{\nu_{12п} R t_2}{\nu_{3п} R t_2} \Rightarrow \frac{\nu_{3п}}{\nu_{12п}} = \frac{P_2 (H + \Delta H + h)}{P_1 (H + \Delta H)}$$

При этом мы знаем, что $(P_{2в} + P_{2п})(H + \Delta H) S = \nu_{12} R t_2$
 $(P_{3в} + P_{3п})(H + \Delta H + h) S = \nu_{3п} R t_2$, то

$$\frac{H + \Delta H}{H + \Delta H + h} = \frac{\nu_{12}}{\nu_{3п}} = \frac{\nu_{в} + \nu_{12п}}{\nu_{в} + \nu_{3п}}$$

Получаем систему:

$$\begin{aligned} P_1 (H + \Delta H) \nu_{3п} &= P_2 (H + \Delta H + h) \nu_{12п} \\ (\nu_{в} (H + \Delta H) + \nu_{3п} (H + \Delta H)) &= \nu_{в} (H + \Delta H + h) + \nu_{12п} (H + \Delta H + h) \end{aligned} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_{в} (H + \Delta H) + \nu_{12п} \frac{P_2 (H + \Delta H + h)}{(H + \Delta H) P_1} (H + \Delta H) = \nu_{в} (H + \Delta H + h) + \nu_{12п} (H + \Delta H + h)$$

Др. 6/13

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!

$$\Rightarrow v_{12n} P_2 (H + \Delta H + h) \cdot \frac{1}{P_1} = v_B h + v_{12n} (H + \Delta H + h) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{12n} \frac{P_2}{P_1} (H + \Delta H + h) - v_{12n} (H + \Delta H + h) = v_B h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{12n} (H + \Delta H + h) \left(\frac{P_2}{P_1} - 1 \right) = v_B h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_B = v_{12n} \frac{H + \Delta H + h}{h} \cdot \frac{P_2 - P_1}{P_1}$$

Из уравнений: $\begin{cases} P_0 H S = (v_{12n} + v_B) R L_1 \\ P_1 H S = v_{12n} R L_1 \end{cases}$

$$\Rightarrow \frac{P_0}{P_1} = \frac{v_{12n} + v_B}{v_{12n}} = \frac{v_{12n} \left(1 + \frac{H + \Delta H + h}{h} \cdot \frac{P_2 - P_1}{P_1} \right)}{v_{12n}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_0 = P_1 \cdot \left(1 + \frac{H + \Delta H + h}{h} \cdot \frac{P_2 - P_1}{P_1} \right) =$$

$$= 15 \text{ мм рт. ст.} \cdot \left(1 + \frac{30 \text{ см} + \frac{180}{29} \text{ см} + 10 \text{ см}}{10 \text{ см}} \cdot \frac{305 \text{ мм рт. ст.} - 15 \text{ мм рт. ст.}}{15 \text{ мм рт. ст.}} \right) =$$

$$= 15 \text{ мм рт. ст.} \cdot \left(1 + \frac{40 \cdot 29 + 180}{290} \cdot \frac{290}{15} \right) =$$

$$= 15 \text{ мм рт. ст.} \cdot \left(1 + \frac{40 \cdot 29 + 180}{15} \right) =$$

$$= 15 \text{ мм рт. ст.} \cdot \frac{205 + 40 \cdot 29}{15} =$$

$$= (205 + 40 \cdot 29) \text{ мм рт. ст.} = (205 + 360 + 800) \text{ мм рт. ст.} =$$

$$= (1005 + 360) \text{ мм рт. ст.} \Rightarrow P_0 = 1365 \text{ мм рт. ст.}$$

Ответ: 1) $\Delta H = \frac{180}{29} \text{ см}$

2) $P_0 = 1365 \text{ мм рт. ст.}$

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

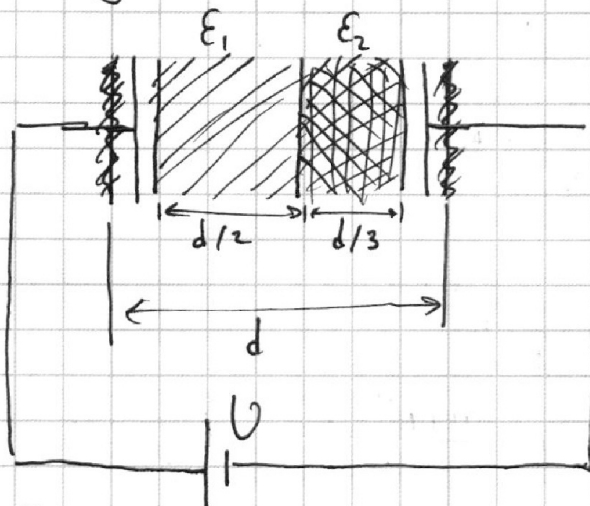
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



~~Данная схема эквивалентна следующей:~~
Данная схема эквивалентна следующей:



Емкость конденсатора 1 равна $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d - \frac{d}{2} - \frac{d}{3}} = \frac{6\epsilon_0 S}{d}$;

Емкость конденсатора 2 равна $C_2 = \frac{\epsilon_1 \epsilon_0 S}{d/2} = \frac{2 \cdot 3\epsilon_0 S}{d} = \frac{6\epsilon_0 S}{d}$.

Емкость конденсатора 3 равна $C_3 = \frac{\epsilon_0 S}{d/3} = \frac{3\epsilon_0 S}{d} = \frac{12\epsilon_0 S}{12d}$.

~~Общая емкость~~ C_{Σ} - ~~общая~~ общая емкость этих 3 конденсаторов

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{d}{6\epsilon_0 S} + \frac{d}{6\epsilon_0 S} + \frac{d}{12\epsilon_0 S} = \frac{5d}{12\epsilon_0 S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_{\Sigma} = \frac{12\epsilon_0 S}{5d}.$$

стр. 8/13

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!



~~Заряд конденсаторов $\neq 4,43$ и $4,43$ нКл.~~

Заряд на таком "одном" конденсаторе будет равен $q_\varepsilon = C_\varepsilon U = \frac{12\varepsilon_0 S U}{5d}$.

Напряженность поля в левом зазоре ~~будет~~ равна напряженности внутри конденсатора, в эквивалентной схеме, то есть:

$$E = \frac{q_\varepsilon}{\varepsilon_0 S} = \frac{12\varepsilon_0 S U}{5d} \cdot \frac{1}{\varepsilon_0 S} \Rightarrow E = \frac{12U}{5d}$$

Заряд положительно заряженной (т.е. левой) обкладки конденсатора по условию будет равен $Q = q_\varepsilon = \frac{12\varepsilon_0 S U}{5d}$.

Вернемся к исходной ситуации.

Пусть на левой части диэлектрика F_1 заряд q_1 , на ~~правой~~ ^{нижней} пластине заряд q_2 , на правой части заряд q_3 .

Тогда по закону сохранения заряда $q_1 + q_2 + q_3 = 0$.

Кроме этого,
$$\frac{q_1}{2\varepsilon_1 \varepsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\varepsilon_1 \varepsilon_0 S} = \frac{Q}{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}$$

$$\frac{q_2}{2\varepsilon_2 \varepsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\varepsilon_2 \varepsilon_0 S} = \frac{Q}{\varepsilon_2 \varepsilon_0 S}$$

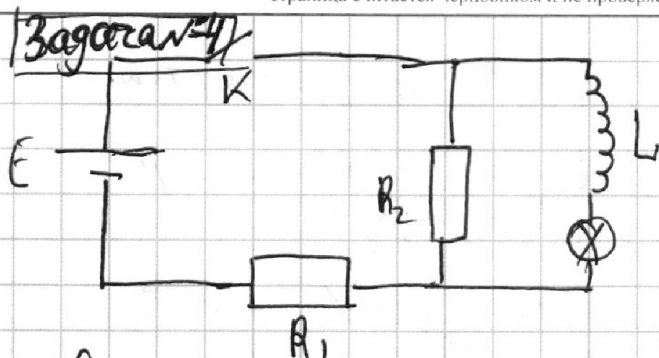
То есть:
$$\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ q_1 - q_2 = 2Q \\ q_2 - q_3 = 2Q \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ q_1 + q_3 = 4Q \end{cases} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ искомый $q_2 = -4Q \Rightarrow q_2 = -\frac{48\varepsilon_0 S U}{5d}$.

Ответ: 1) $E = \frac{12U}{5d}$; 2) $Q = \frac{12\varepsilon_0 S U}{5d}$;
3) $q = -\frac{48\varepsilon_0 S U}{5d}$.

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!



Сразу после замыкания ключа ток через ветвь с катушкой и лампой не течет $\Rightarrow$
 $\Rightarrow I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{120 \text{ В}}{100 \text{ Ом} + 50 \text{ Ом}} = 0,8 \text{ А}.$

Сразу после замыкания ключа ток через лампу будет нулевым в силу того, что ток через катушку нулевой $\Rightarrow$ напряжение $U_L = U_{R_2}$ (U_{R_2} — напряж. на резисторе R_2 , U_L — напряж. на катушке).
 $U_L = L \frac{dI}{dt}$, где $\frac{dI}{dt}$ — скорость возраст. тока через катушку

$$U_{R_2} = I_{10} \cdot R_2.$$

$$\text{То есть } L \frac{dI}{dt} = I_{10} R_2 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{I_{10} R_2}{L} = \frac{0,8 \text{ А} \cdot 50 \text{ Ом}}{0,25 \text{ Гн}} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}.$$

В установившемся режиме после замыкания ключа напряжение на катушке нулевое (т.к. уменьшение тока на катушке нулевое и $\frac{dI}{dt} = 0$ установившегося состояния).
 Пусть в этом состоянии ток через: R_2 — I_{R2H} ;
 лампу — $I_{лH}$;
 напряж. на лампе — $U_{лH}$ СТР. 10/13

~~Тогда ток на R_1 равен $I_{R2H} + I_{лH}$.
 $E = (I_{R2H} + I_{лH}) R_1 + I_{R2H} R_2 \Rightarrow I_{R2H} R_2 = E - (I_{R2H} + I_{лH}) R_1 \Rightarrow U_{лH} = E - (I_{R2H} + I_{лH}) R_1$
 $I_{R2H} R_2 = U_{лH}$
 $0,8 \text{ А} \cdot 50 \text{ Ом} = U_{лH}$
 $\Rightarrow U_{лH} = 40 \text{ В}$
 $U_{лH} = I_{лH} R_{лH} \Rightarrow I_{лH} = \frac{40 \text{ В}}{100 \text{ Ом}} = 0,4 \text{ А}$
 $I_{R2H} = 0,8 \text{ А} - 0,4 \text{ А} = 0,4 \text{ А}$
 В точке $U_{лH} = 40 \text{ В}$ $I_{лH} = 0,4 \text{ А}$ $U_{лH} = 120 \text{ В}$ $I_{лH} = 0$
 Провести данную прямую на графике~~

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

~~Точка пересечения графиков находится в точке $U_{\text{ЛН}} = 55 \text{ В}$, $I_{\text{ЛН}} = 0,65 \text{ А}$~~
~~и условия $I_{\text{ЛН}} = \frac{U_{\text{ЛН}}}{R_2} = 1,1$~~
~~Отсюда $I_{\text{ЛН}} = \frac{U_{\text{ЛН}}}{R_2} = 1,1$~~

В точке: $E = (I_{\text{ЛН}} + I_{\text{Р2Н}}) R_1 + I_{\text{Р2Н}} R_2 = (I_{\text{ЛН}} + I_{\text{Р2Н}}) R_1 + U_{\text{ЛН}}$

$U_{\text{ЛН}} = I_{\text{Р2Н}} R_2$

$I_{\text{Р2Н}} = \frac{U_{\text{ЛН}}}{R_2}$

$I_{\text{ЛН}} R_1 = E - U_{\text{ЛН}} \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right)$

$I_{\text{ЛН}} = \frac{E - U_{\text{ЛН}} \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right)}{R_1} \Rightarrow I_{\text{ЛН}} = \frac{120 - U_{\text{ЛН}} (2+1)}{100} \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{\text{ЛН}} = 1,2 - 0,03 U_{\text{ЛН}}$

При этом ~~наша~~ ситуация будет находиться на графике на пересечении полученных функций $I_{\text{ЛН}}(U_{\text{ЛН}})$ и ~~в В А~~ ВАХ лампы накаливания; это точка $U_{\text{ЛН}} \approx 25 \text{ В}$; $I_{\text{ЛН}} \approx 0,45 \text{ А}$.

- Ответ:
- 1) $I_{10} = 0,8 \text{ А}$
 - 2) $\frac{dI}{dt} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}$
 - 3) $I_{\text{ЛН}} \approx 0,45 \text{ А}$.

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 №5

Когда Л2 будет находиться вплотную к Л1,
то оптическая сила ~~получившейся системы~~
милл будет равна ~~получившейся~~ сумме оптич.
сил ~~милл~~ по отдельности, то есть:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}, \text{ где } F_2 - \text{фокусное расстояние}$$

системы милл. $\Rightarrow \frac{1}{F_2} = \frac{F_1 + F_2}{F_1 F_2} \Rightarrow F_2 = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2}$

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{x_0} \Rightarrow \frac{1}{x_0} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{1}{x_0} = \frac{d - F_2}{F_2 d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_0 = \frac{F_2 d}{d - F_2} = \frac{F_1 F_2 d}{(F_1 + F_2)(d - \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2})} = \frac{20 \text{ см} \cdot (-10 \text{ см}) \cdot 10 \text{ см}}{(20 \text{ см} - 10 \text{ см}) \cdot (10 \text{ см} - \frac{20 \cdot (-10)}{20 - 10} \text{ см})}$$

$$= \frac{-2000 \cdot 10}{10 \cdot (10 - \frac{-200}{10})} \text{ см} = \frac{-2000 \text{ см}}{10(10 + 20)} = \frac{-2000}{300} \text{ см} = -\frac{20}{3} \text{ см},$$

т.е. изображение будет на расстоянии $\frac{20}{3}$ см
слева от системы милл.

Теперь рассмотрим случай, когда расст.
между линзами



Изображение источника в собирающей линзе
Л1 будет на расстоянии p_1 справа от
Л1. По формуле тонкой линзы (для Л1):

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{p_1} \Rightarrow \frac{1}{p_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{1}{p_1} = \frac{d - F_1}{F_1 d}$$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{F_1 d}{d - F_1} = \frac{20 \text{ см} \cdot 10 \text{ см}}{10 \text{ см} - 20 \text{ см}} = \frac{200}{-10} \text{ см} = -20 \text{ см} \Rightarrow \text{уотра -}$$

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!

меньше минимума, находится на расстоянии $X_1 = 20$ см слева от минимума $\Rightarrow$ на расстоянии $X_2 = L + X_1 = 40$ см слева от рассевывающей минимума ΛZ .

По формуле Тонкых миним (для ΛZ):

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X} \Rightarrow \frac{1}{X} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{X_2} \Rightarrow \frac{1}{X} = \frac{X_2 - F_2}{X_2 F_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X = \frac{X_2 F_2}{X_2 - F_2} = \frac{40 \text{ см} \cdot (-10 \text{ см})}{40 \text{ см} + 10 \text{ см}} = \frac{-400}{50} \text{ см} = -8 \text{ см} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ изображение в ΛZ будет находиться слева от минимума на расстоянии 8 см.

Пусть скорость изображения в 1-й линзе ϑ_1 . Тогда прием направления к изображению от минимума положим ϑ_1 .

$$\text{Тогда для 1-й линзы } \Gamma_1 = \frac{v_1}{d} = \frac{\vartheta_1}{v} \Rightarrow \vartheta_1 = \frac{v \Gamma_1}{d} = \frac{1 \text{ см/с} \cdot (-20 \text{ см})}{10 \text{ см}} = -2 \text{ см/с}.$$

$$\text{Для 2-й линзы } \Gamma_2 = \frac{X}{X_2} = \frac{u}{v_2} \Rightarrow u = \frac{X v_2}{X_2} = \frac{-2 \text{ см/с} \cdot (-8 \text{ см})}{40 \text{ см}} = -2 \text{ см/с} \cdot \left(\frac{1}{5}\right) = +0,4 \text{ см/с}.$$

Ответ:

- 1) $|X_0| = + \frac{20}{3}$ см (слева от минимума)
- 2) $|X| = 8$ см (слева от минимума ΛZ)
- 3) $u = 0,4$ см/с.

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!

$$E = (I_1 + I_2)R_1 + I_2 R_2 = (I_1 + I_2)R_1 + V_A$$

$$E_1 = \frac{120}{100}$$

$$V_p = 12 \text{ kV}$$

$$I_2 = \frac{V_1}{R_2} q_1 + q_4 = 0$$

$$I_n R_1 = E - U_n \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right)$$

$$E_1 = \frac{120}{20} = 6 \text{ V}$$

$$I_n = \frac{E - V_n \left(\frac{R}{R_n} + 1 \right)}{R_n} = \frac{9}{100} = \frac{12V}{100}$$

$$E_n = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_4}{2\epsilon_0 S}$$

$$\phi = \frac{126.5V}{5\sqrt{2}}$$

$$E_c = \frac{q_2}{6\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{6\epsilon_0 S} = \frac{q_3}{6\epsilon_0 S} - \frac{q_4}{6\epsilon_0 S}$$

$$E_n = \frac{q_1}{8\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{8\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{8\epsilon_0 S} - \frac{q_4}{8\epsilon_0 S}$$

$$E_n = E \frac{d}{6} + E \cdot \frac{d}{3} + E \cdot \frac{d}{4} + E \cdot \frac{d}{3}$$

$$\frac{d}{6} + \frac{d}{6} + \frac{d}{12} = \frac{5d}{12} \left(\frac{F}{6} + \frac{F}{6} + \frac{F}{12} \right)$$

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 3 \end{array}$$

$$q_1 + q_2 = Q$$

$$C = \frac{E \epsilon_0 S}{\frac{5 \epsilon_0 d}{12}} = U$$

$$q_2 + q_3 = \dots$$

$$1,2 = 0,03 U_n$$
$$U_n = \frac{1,2}{0,03}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 93 \\ \hline 360 \\ 10800 \\ \hline 11160 \end{array}$$

$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = 0$$