



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

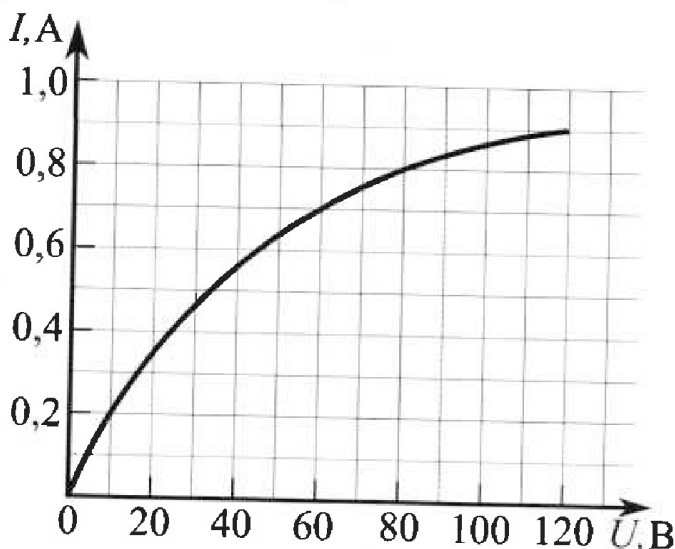
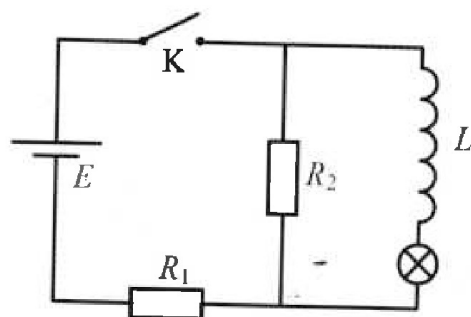
Вариант 11-07

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

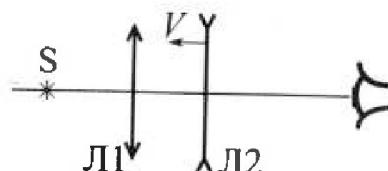


4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,25$ Гн, $E = 120$ В, $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 50$ Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 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.



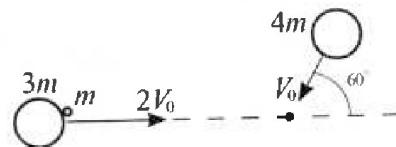
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-07

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

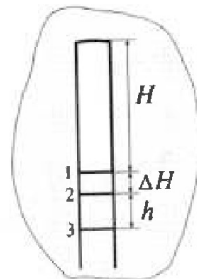


1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $3m$, скорость $2V_0$, масса второй шайбы $4m$, скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина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

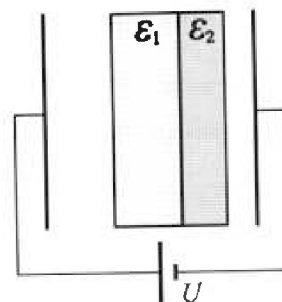
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Столб влажного воздуха имеет длину $H = 30$ см, температура установилась $t_1 = 17^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру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

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

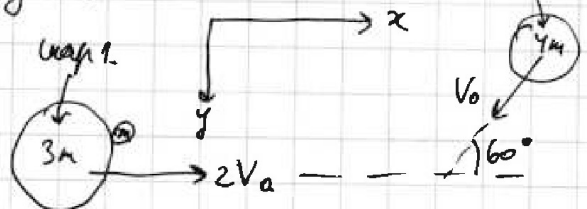
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача 1.



1) Направим оси x и y .

По зак. сокр. импульса:

$$4m \cdot 2V_0 = 4m \cdot V_0 \cdot \cos 60^\circ = 8m \cdot V_x \quad (1)$$

V_x - скорость шаровых
шайб после удара по оси x .

Для оси y :

$$4m \cdot V_0 \cdot \sin 60^\circ = 8m \cdot V_y \quad (2) \quad V_y - \text{скорость шаровых шайб}$$

после удара по оси y .

Из уравнений (1) и (2) находим:

$$V_x = \frac{3V_0}{4}; \quad V_y = \frac{\sqrt{3}V_0}{4}$$

Полная скорость в лаб. системе отсчёта будет равна

$$\sqrt{\frac{9V_0^2}{16} + \frac{3V_0^2}{16}} = \sqrt{\frac{12V_0^2}{16}} = \frac{\sqrt{3}V_0}{2}$$

$$2) \text{ Начальная энергия системы: } \frac{4m \cdot (2V_0)^2}{2} + \frac{4m \cdot V_0^2}{2} = 10mV_0^2$$

Конечная энергия системы (после столкновения):

$$\frac{8m \cdot \left(\frac{\sqrt{3}V_0}{2}\right)^2}{2} = \frac{24mV_0^2}{8} = 3mV_0^2$$

$$E_0 = E_{\text{кон}} - E_{\text{нач}} = 3mV_0^2 - 10mV_0^2 = -7mV_0^2$$

3) Перейдём в систему отсчёта шара №1. до столкновения:

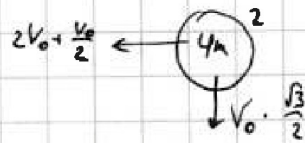
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

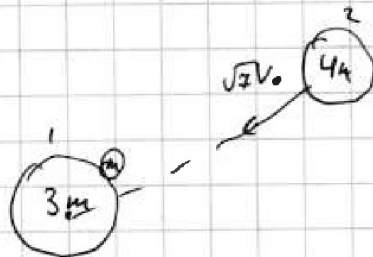
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



v_2 - полная скорость
шара 2 в системе отсчета
шара 1 до столкновения.

$$v_2 = \sqrt{\frac{3v_0^2}{4} + \frac{25v_0^2}{4}} = \sqrt{\frac{28v_0^2}{4}} = \sqrt{7} v_0.$$

Имеем:



По закону сохранения
импульса:

$$4 \cdot m \cdot \sqrt{7} v_0 = 3 \cdot m \cdot v_1 + 5 \cdot m \cdot v_{2c} \quad (3)$$

v_1 - скорость шара 1 после столк-
новения.

v_{2c} - скорость шара 2 после столкно-
вения.

Закон сохранения энергии:

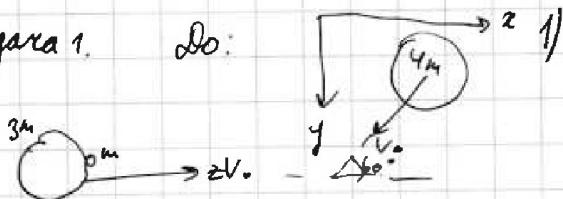
$$\frac{4m \cdot (\sqrt{7}v_0)^2}{2} + \frac{2E_0}{5} = \frac{3m \cdot v_1^2}{2} + \frac{5m \cdot v_{2c}^2}{2} \quad (4)$$



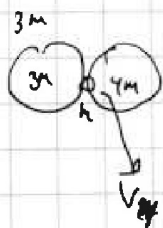
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

Задача 1. До:



После:



1) Закон сохранения импульса

Для оси x:

$$3m \cdot 2V_0 - 4m \cdot V_0 \cdot \cos 60^\circ = 8m \cdot V_x$$

$$6mV_0 - 2mV_0 = 8m \cdot V_x \quad (1)$$

Для оси y:

$$4m \cdot V_0 \cdot \sin 60^\circ = 8m \cdot V_y$$

$$2mV_0 \cdot \sqrt{3} = 8m \cdot V_y \quad (2)$$

Решаем (1) и (2):

$$V_x = \frac{6V_0}{8} = \frac{3V_0}{4}$$

$$V_y = \frac{mV_0\sqrt{3}}{4m} = \frac{V_0\sqrt{3}}{4}$$

$$V_{\text{после удара}} = \sqrt{\frac{9V_0^2}{16} + \frac{3V_0^2}{16}} = \sqrt{\frac{12V_0^2}{16}} = \sqrt{\frac{3V_0^2}{4}} = \frac{\sqrt{3}V_0}{2}$$

2) Начальная энергия:

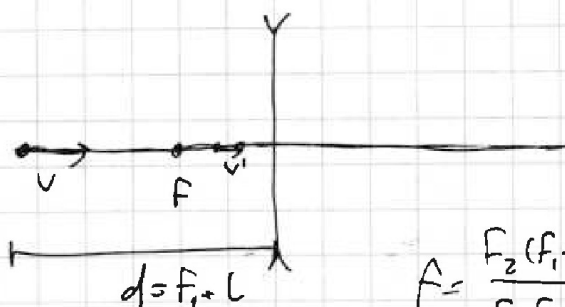
$$\frac{4m \cdot (2V_0)^2}{2} + \frac{4m \cdot V_0^2}{2} = \frac{16mV_0^2}{2} + \frac{4mV_0^2}{2} = 10mV_0^2$$

Конечная энергия:

$$\frac{8m \cdot \left(\frac{\sqrt{3}V_0}{2}\right)^2}{2} = \frac{8 \cdot \frac{3V_0^2}{4}}{2} = \frac{2 \cdot 3V_0^2}{2} = 3V_0^2$$

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

$V' = V$



$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F}$$

$$0 = \frac{1}{d^2} \cdot V + \frac{1}{P^2} \cdot V'$$

$$\frac{1}{P^2} V_0 = \frac{1}{d^2} \cdot V$$

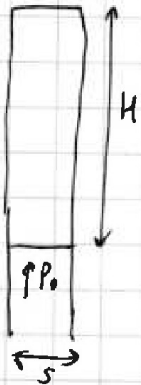
$$F = \frac{F_2(F_1 + L)}{F_1 + F_2 + L}$$

$$\frac{F_2}{F_1 + F_2 + L} \cdot V_0 = \frac{P^2}{d^2} \cdot V$$

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.



1) В пробирке в начальный момент находится $J_{\text{возд}}$ молей воздуха и J_0 молей водяного пара.

S - площадь попереч. сечения пробирки.

Уравнение сост. идеал. газа в нач. момент:

$$P_0 \cdot H \cdot S = (J_{\text{возд}} + J_0) R T, \quad (1)$$

Когда мы резко увеличиваем температуру системы, ~~оно~~ водяной пар не успевает прийти в равнове-
сие с контактирующей с ним поверхностью воды,
сразу после повышения температура J_0 остается
тем же.

Уравнение сост. идеал. газа сразу после повышения:

$$P_0 (H + \Delta H) S = (J_{\text{возд}} + J_0) R T_2 \quad (2) \quad \text{Делим (1) на (2):}$$

$$\frac{H}{H + \Delta H} = \frac{T_1}{T_2} \quad \Delta H = H \frac{T_2}{T_1} - H = H \cdot \frac{350}{290} H - H =$$

$$= \frac{35}{29} H - H = \frac{6H}{29} = \frac{6 \cdot 30 \text{ см}}{29} = \frac{180}{29} \text{ см}$$

3) Когда ~~то~~ длина увеличится ещё на h , то
водяной пар войдёт в равновесие с водой, его давление
станет P_2 . В самый начальный момент времени его
давление равно P_1 . П.к. во все эти моменты суммарная

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице!

МФТИ

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!

давление воздуха и пара равно P_0 , то
в момент увеличения длины на ΔH давление
сухого воздуха равно $P_0 - P_1$ (ведь пар не успел прийти
в равновесие, его давление не успело измениться при резком
увеличении температуры).

В конечный момент времени давление воздуха равно
 $P_0 - P_2$. Рассмотрим уравнение сст. идеал газа для
сухой воды в моменты уровни 2 и 3:

$$(P_0 - P_1)(H + \Delta H) \cdot S = J_{\text{возд}} R t_2 \quad (3)$$

$$(P_0 - P_2)(H + \Delta H + h) \cdot S = J_{\text{возд}} R t_2 \quad (4)$$

Делим уравнения (3) и (4):

$$(P_0 - P_1)(H + \Delta H) = (P_0 - P_2)(H + \Delta H + h)$$

$$\text{Решая и получаем } P_0 = \frac{P_2 H + P_2 \Delta H + P_2 h - P_1 H - P_1 \Delta H}{h}, \text{ где}$$

$$H = 30 \text{ см} \quad \Delta H = \frac{180}{29} \text{ см} \quad h = 10 \text{ см}$$

$$P_1 = 15 \text{ мм. рт. ст.}, \quad P_2 = 305 \text{ мм. рт. ст.}$$

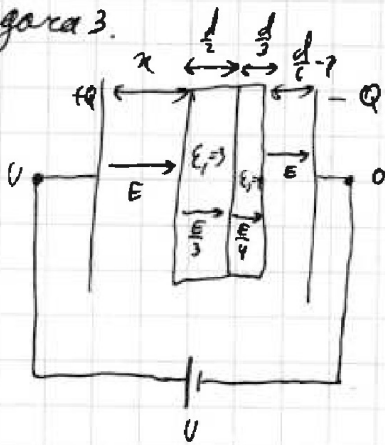
$$P_0 = 1365 \text{ мм. рт. ст.}$$

$$\text{Ответ: } \Delta H = 6 \frac{6}{29} \text{ см}; \quad P_0 = 1365 \text{ мм. рт. ст.}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

Задача 3.



1) E - поле, которое проходит в воздушных зазорах конденсатора. Разность потенциалов между обкладками конденсатора U , также рассчитывается как:

$$U = E \cdot x + E \left(\frac{d}{6} - x \right) + \frac{E}{3} \cdot \frac{d}{2} + \frac{E}{1} \cdot \frac{d}{3}$$

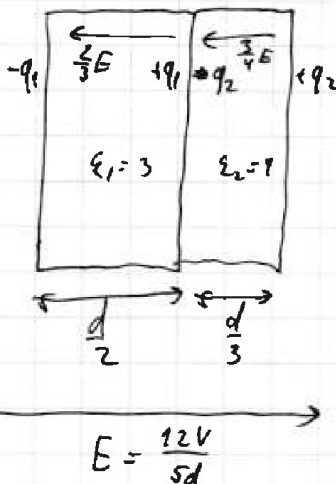
x - расстояние между левой обкладкой и диэлектриком ϵ_1 .

$$\Rightarrow U = E \cdot \frac{d}{6} + E \cdot \frac{d}{6} + E \cdot \frac{d}{12}$$

$$\Rightarrow E = \frac{12U}{5d} - \text{это поле и проходит в воздуш. зазорах.}$$

2) Это поле создается зарядами Q и $-Q$ на обкладках: $\frac{Q}{\epsilon_0 \cdot S} = \frac{12U}{5d} \Rightarrow Q = \frac{12U \cdot \epsilon_0 \cdot S}{5d}$ - это заряд на положительной обкладке.

3)



q_1, q_2 - заряды на диэлектриках

Внутри диэлектриков создается такое поле, что в диэлектрике ϵ_1 суммарное поле $\frac{12U}{15d}$ в ϵ_2 $\frac{12U}{60d}$

Имеем:

$$\frac{q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{2}{3} \cdot \frac{12U}{5d} \Rightarrow q_1 = \frac{24U \epsilon_0 S}{15d}$$

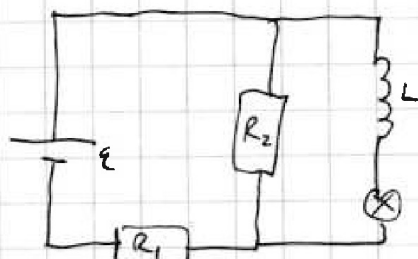
$$\frac{q_2}{\epsilon_0 S} = \frac{3}{4} \cdot \frac{12U}{5d} \Rightarrow q_2 = \frac{36U \epsilon_0 S}{20d}$$

Итак. заряд на штыке: $\frac{24U \epsilon_0 S}{15d} - \frac{36U \epsilon_0 S}{20d} = -\frac{4U \epsilon_0 S}{30d} = -\frac{2U \epsilon_0 S}{15d}$

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~~ Задача 4:



1) Сразу после замыкания
кнопа ток ^{на катушке} ~~уменьшится~~ не
может $\Rightarrow$ он через нее нулевой.

По II правилу Кирхгофа:

$$\varepsilon = I_{10} \cdot R_2 + I_{10} \cdot R_1 \Rightarrow$$

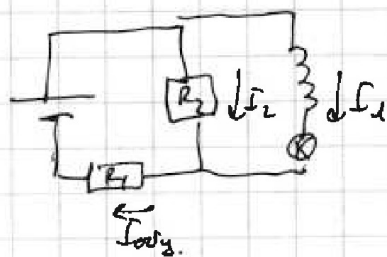
$$I_{10} = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} = \frac{120 \text{ В}}{100 + 50} = \frac{12}{15} \text{ А} = \frac{4}{5} \text{ А} = 0,8 \text{ А}.$$

2) Напряжение на катушке равно $I_{10} \cdot R_2$, м.к.

на лампе напряжение = 0.

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{I_0 R_2}{L} = \frac{40}{0,25 \text{ м}} = 160 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

3) В установившемся режиме ~~ток~~ ^{на лампе} через катушку
не нулевой.

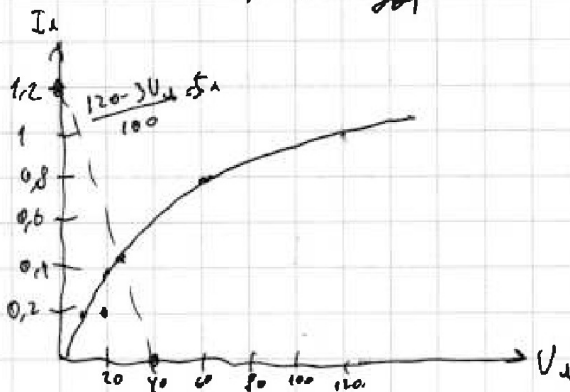


По правилу Кирхгофа:

$$\begin{cases} \varepsilon = I_2 \cdot R_2 + I_0 R_1 \\ I_2 \cdot R_2 = U_{\text{лампы}} \\ I_2 + I_{\text{лампы}} = I_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{120 - 3U_{\text{лампы}}}{100}$$

Точка пересечения в $I_2 = 0,4$
ток через катушку равен 0,4 А.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

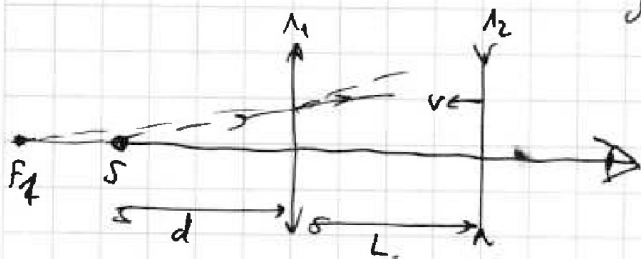
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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.



В линзе L_1 для L_2 создается мнимое изображение,

Формула тонкой линзы для L_1 :

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{p}, \text{ где } p = 20 \text{ см} \\ = F_1.$$

С точки зрения линзы L_2 , предмет находится на расстоянии $F_1 + L$, где L - расстояние между линзами.

Формула тонкой линзы для L_2 :

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_1 + L} + \frac{1}{p}, \Rightarrow p = \frac{F_2(F_1 + L)}{F_1 + F_2 + L} \text{ Для } L=0$$

получаем $\frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{20}{3} \text{ см.}$

Для $L=20$ получаем $\frac{40}{5} = 8 \text{ см.}$

3) поперечное увеличение для 2й линзы: $\Gamma = \frac{A}{a} = \frac{F_2(F_1 + L)}{F_1 + F_2 + L}$

$= \frac{F_2}{F_1 + F_2 + L}.$

Относительно линзы предмет движется со

скоростью V , $\Rightarrow$ изображение со скоростью $\left(\frac{F}{d}\right)^2 \cdot V$

$= \frac{F_2^2}{(F_1 + F_2 + L)^2} \cdot V$ Если же перейдем обратно в ЛС,

то получим

$$\frac{F_2^2 V}{(F_1 + F_2 + L)^2} - V = \frac{10^2 \cdot 1 \text{ см/с}}{(10 + 20 + 20)^2} = 1 \text{ см/с.}$$

$= \frac{100}{2500} - 1 = \frac{1}{25} - \frac{25}{25} = -\frac{24}{25} \text{ см/с}$ Ответ: 1) $\frac{20}{3} \text{ см}$ 2) 8 см 3) $\frac{24}{25} \text{ см}$



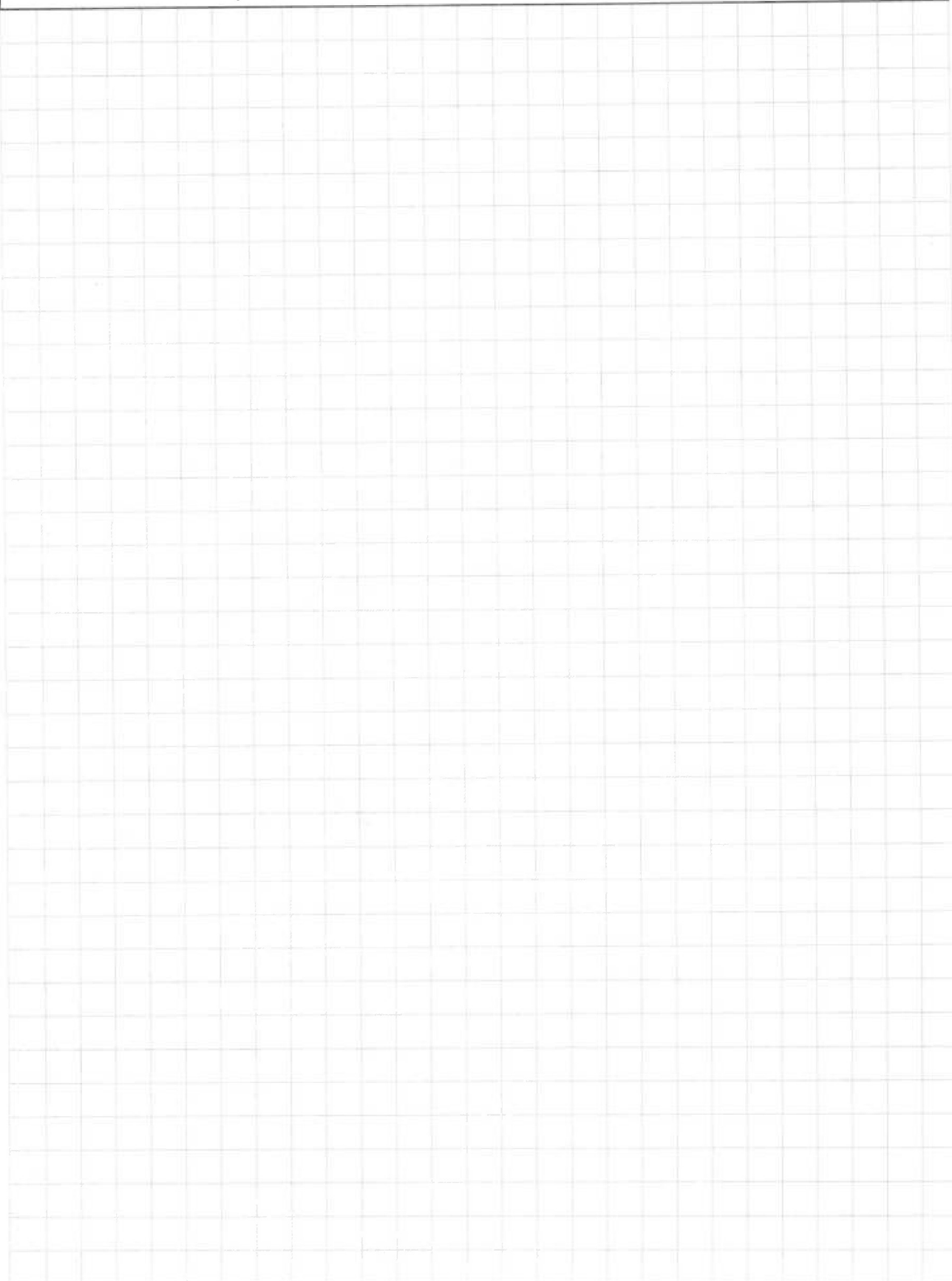
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **МФТИ**

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



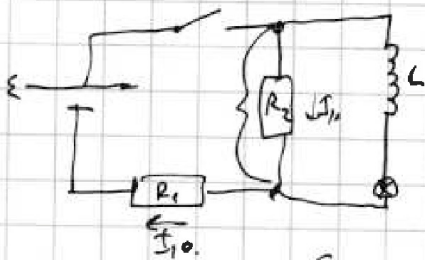
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



$$E = (R_1 + R_2) \cdot I_{10}$$

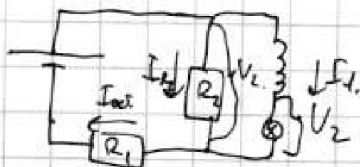
$$I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ - 50 \\ \hline 7000 \\ - 5000 \\ \hline 2000 \end{array}$$

$$U = I_{10} \cdot R_2 = \frac{E}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{E R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U = L \cdot \frac{dI}{dt} = R_2$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U}{L} = \frac{E R_2}{L(R_1 + R_2)}$$



$$E = I_1 R_2 + I_2 R_1$$

$$I_1 R_2 = U_1$$

$$I_1 + I_2 = I_{tot}$$

$$I_2 = \frac{E - U_1}{R_1}$$

$$E = U_1 + I_{tot} R_1$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_2}$$

$$I_2 = I_{tot} - I_1$$

$$I_2 = \frac{E - U_1}{R_1} = \frac{E R_2 - U_1 R_2}{R_1 R_2}$$

$$= \frac{E R_2 - U_1 R_2 - U_1 R_1}{R_1 + R_2} = \frac{E R_2 - U_1 (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{120 \cdot 50 - U_1 (100 + 50)}{100 + 50}$$

$$= \frac{6000 - U_1 \cdot 150}{5000}$$

$$\frac{15}{100} = 0,15$$

$$\frac{30}{100}$$

$$\frac{600 - U_1 \cdot 15}{500} = \frac{120 - 3U_1}{100} = I_2$$

$$\frac{120 - 180}{100} = \frac{-60}{100} = -0,6$$

$$120 - 3 \cdot 30 = 120 - 90 = 30$$

$$\frac{-120}{100} = -1,2$$

$$\frac{120 - 3 \cdot 45}{100}$$

$$= \frac{120 - 135}{100} = \frac{-15}{100}$$

$$120 - 3 \cdot 35 = 120 - 105$$

$$\frac{15}{100} = 0,15$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



$$P_0 \cdot S \cdot H = (J_{\text{вз}} + J_{\text{вы}}) \cdot R \cdot t_1$$

$$\frac{11}{200} \cdot \frac{12}{150}$$

$$P_0 \cdot S(H + \Delta H) = (J_{\text{вз}} + J_{\text{вы}}) \cdot R \cdot t_2$$

$$\frac{H}{H + \Delta H} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{290}{350}$$

$$H + \Delta H = \frac{35}{29} H$$

$$\Delta H = \frac{35-29}{29} H = \frac{6}{29} H$$

В манометре ΔH давление пара.

181

У воздуха: $P_0 - P_1$

$$(P_0 - P_1) \cdot S(H + \Delta H) = J_{\text{в}} \cdot R \cdot t_2$$

$$\frac{50}{200} \cdot \frac{12}{150}$$

В манометре h давление:

$$(P_0 - P_2) \cdot S(H + \Delta H + h) = J_{\text{в}} \cdot R \cdot t_2$$

P_2 , у воздуха: $P_0 - P_2$

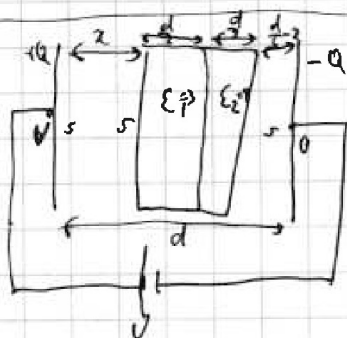
$$P_0 - P_1(H + \Delta H) = (P_0 - P_2)(H + \Delta H + h)$$

$$P_2 H + P_0 \Delta H - P_1 H - P_0 \Delta H = P_2 H + P_2 \Delta H + P_2 h - P_2 H - P_2 \Delta H - P_2 h$$

$$\frac{24}{96 - 102} = \frac{-14}{60} = -\frac{7}{30}$$

$$P_2 H + P_2 \Delta H + P_2 h - P_1 H - P_1 \Delta H = P_0 h$$

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



$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot x + \frac{Q}{\epsilon_0 S} \left(\frac{d}{6} - x \right) + \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{2} + \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3}$$

$$d - x - \frac{d}{2} - \frac{d}{3} = \frac{3d}{6} - \frac{2d}{6} - x = \frac{d}{6} - x$$

$$= \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{6} + \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{3d}{6} + \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{2d}{6} =$$

$$= \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{6} + \frac{Q}{3\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{2} + \frac{Q}{9\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3} =$$

$$= \frac{2Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{12} + \frac{2Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{12} + \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{12} =$$

$$= \frac{5Qd}{12\epsilon_0 S} = U$$

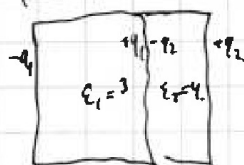
$$C = \frac{12\epsilon_0 S U}{5d}$$

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

$$Q = CV$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{\frac{5Qd}{12\epsilon_0 S}}$$

$$= \frac{12\epsilon_0 S}{5d}$$



$$\frac{q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{2}{3} \cdot \frac{12U}{5d}$$

$$q_1 = \frac{24U\epsilon_0 S}{15d}$$

$$\frac{q_2}{\epsilon_0 S} = \frac{3}{4} \cdot \frac{12U}{5d} = \frac{36U}{20d}$$

$$q_1 - q_2 = \frac{24U\epsilon_0 S}{15d} - \frac{36U\epsilon_0 S}{20d} = \frac{24 \cdot 4U\epsilon_0 S}{60d} - \frac{36 \cdot 3U\epsilon_0 S}{60d}$$

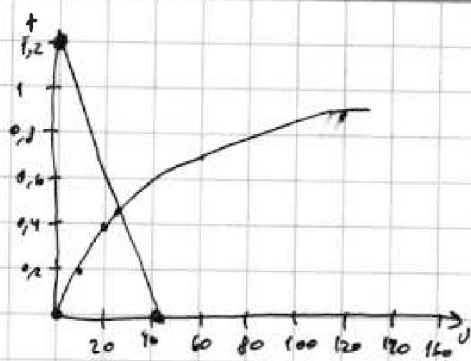
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

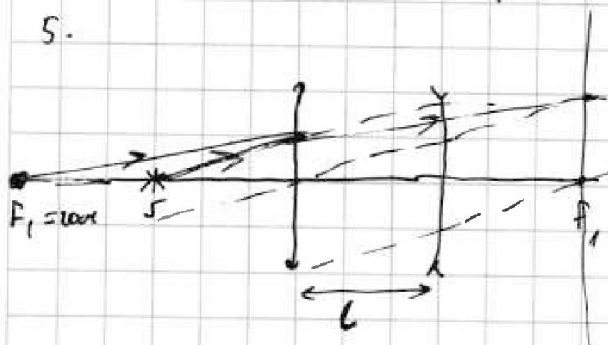


$$260 \text{ мкм} \cdot \text{м} \cdot \text{см} = 10^{-5} \text{ Па}$$

$$15 \text{ мкм} \cdot \text{м} \cdot \text{см}$$

$$\frac{260}{15} = \frac{10^5}{P} \quad P = \frac{15 \cdot 10^5}{260}$$

5.



$$\frac{1}{10} = \frac{1}{20} + \frac{1}{P} \quad \frac{1}{P} = \frac{20}{200} - \frac{10}{200} = \frac{10}{200}$$

$$P = 20$$

$$\frac{2}{10 \text{ см}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{P}$$

$$\frac{1}{20} - \frac{1}{10} = \frac{1}{10} - \frac{1}{P}$$

$$-\frac{1}{20} = \frac{1}{10} - \frac{1}{P}$$

$$2) \frac{20 + 10 + 20}{10(20 + 20)} =$$

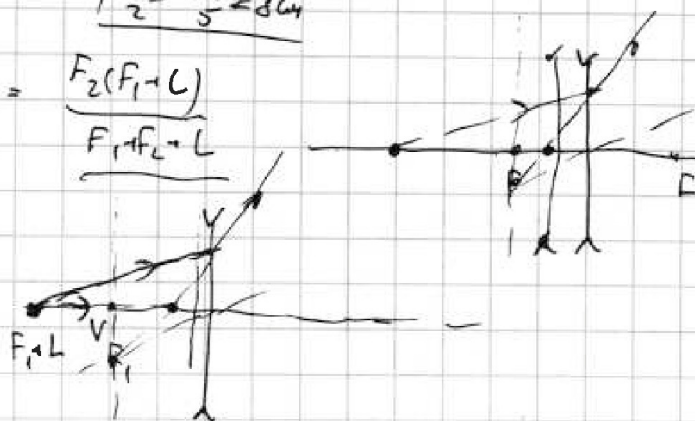
$$= \frac{50}{10 \cdot 40} = \frac{5}{40}$$

$$F_2 = \frac{40}{5} = 8 \text{ см}$$

$$3) \text{ P on axis } L_2 = \frac{F_2(F_1 + L)}{F_1 F_2 + L}$$

$$\left(-\frac{1}{P}\right) = \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{P}\right)$$

$$0 = \frac{1}{d}$$



$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_1 + L} - \frac{1}{P}$$

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{F_1 + L} - \frac{1}{F_2} = \frac{F_2 + F_1 + L}{F_2(F_1 + L)}$$

$$P = \frac{F_2 \cdot F_1}{F_1 + F_2} = \frac{10 \cdot 20}{10 + 20} = \frac{200}{30}$$

$$= \frac{20}{3} \text{ см}$$

$$-\frac{1}{10} = \frac{1}{20} - \frac{1}{P}$$

$$-\frac{20}{200} - \frac{10}{200} = -\frac{1}{P}$$

$$\frac{3}{200} \quad \boxed{P = \frac{200}{3} \text{ см}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$4\sqrt{2}V_0 = 3U_1 + 5U_{2c}$$

$$4\sqrt{2}V_0 = 3U_1 + 5U_{2c} \quad U_{2c} = \frac{4\sqrt{2}V_0 - 3U_1}{5}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 14 \\ \times 5 \\ \hline 70 \\ - 20 \\ \hline 50 \\ \times 6 \\ \hline 300 \end{array}$$

$$14mV_0^2 = \frac{2 \cdot 3mU_1^2}{5}$$

$$\frac{70mV_0^2 - 14mV_0^2}{5} =$$

$$\frac{56mV_0^2}{5} = \frac{3mU_1^2}{2} + \frac{5m \cdot 2U_{2c}^2}{2}$$

$$34U_1^2 + 5U_{2c}^2 = \frac{(16 - 2V_0^2 - 2 \cdot 3U_1 \cdot 4\sqrt{2}V_0 + 9U_1^2) \cdot 5m}{2}$$

$$\frac{56V_0^2}{5} = \frac{3U_1^2}{2} + 5$$

$$P_{0H} + P_{0\Delta H} - P_{1H} - P_{1\Delta H} = P_{0H} + P_{0\Delta H} + P_{0H} - P_{2H} - P_{2\Delta H} - P_{2H}$$

$$P_{2H} + P_{2\Delta H} + P_{2H} - P_{1H} - P_{1\Delta H}$$

h.

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

$$305 \cdot 30 + 305 \cdot \frac{180}{29} + 305 \cdot 10 - 15 \cdot 30 - 15 \cdot \frac{180}{29}$$

$$= 305 \cdot 3 + 305 \cdot \frac{18}{29} + 305 - 15 \cdot 3 - 15 \cdot \frac{18}{29} = 305 \cdot 3 + 305 - 15 \cdot 3 + 290 \cdot \frac{18}{29} =$$

$$= 305 \cdot 4 - 45 + 10 \cdot 18 = 1220 - 45 + 180$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ 29 \\ \times 6 \\ \hline 174 \end{array}$$

$$1400 - 35 = 1365$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 305 \\ \times 4 \\ \hline 1220 \\ + 180 \\ \hline 1400 \\ - 35 \\ \hline 1365 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

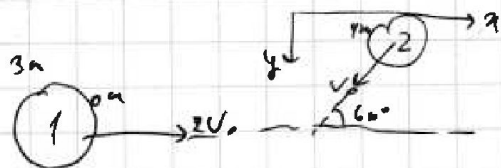
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

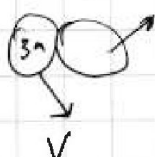
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Печать QR-кода непустима!

3)



$$E_0 = \frac{1}{2} m V_0^2$$

$$\frac{2E_0}{5} = 2 \cdot \frac{2mV_0^2}{5} = \frac{4mV_0^2}{5}$$



$$\begin{cases} 1. 4m \cdot 2V_0 - 4m \cdot V_0 \cdot \cos 60^\circ = 3m \cdot V_{1x} + 5m \cdot V_{2x} \\ 2. 4m \cdot V_0 \cdot \sin 60^\circ = 3m \cdot V_{1y} + 5m \cdot V_{2y} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6V_0 = 3V_{1x} + 5V_{2x} \\ 2\sqrt{3}V_0 = 3V_{1y} + 5V_{2y} \\ \frac{6V_0 - 3V_{1x}}{5} = V_{2x} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \frac{4m \cdot 4V_0^2}{2} + \frac{4m \cdot V_0^2}{2} &= \frac{3m(V_{1x}^2 + V_{1y}^2)}{2} + \frac{5m(V_{2x}^2 + V_{2y}^2)}{2} \\ 10V_0^2 &= \frac{3(V_{1x}^2 + V_{1y}^2)}{2} + \frac{5(V_{2x}^2 + V_{2y}^2)}{2} \\ 10V_0^2 + \frac{2E_0}{5} &= \frac{3(V_{1x}^2 + V_{1y}^2)}{2} + \frac{5(V_{2x}^2 + V_{2y}^2)}{2} \end{aligned}$$

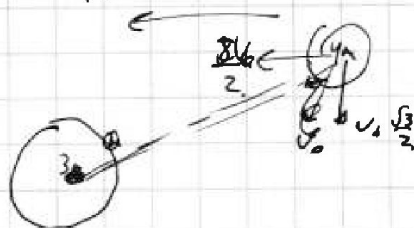
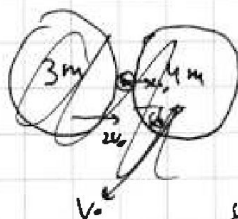
$$\frac{2\sqrt{3}V_0 - 3V_{1y}}{5} = V_{2y}$$

$$\frac{10V_0^2 + \frac{2E_0}{5}}{2} = \frac{3(V_{1x}^2 + V_{1y}^2)}{2} + \frac{5 \left(\frac{(6V_0 - 3V_{1x})^2}{25} + \frac{(2\sqrt{3}V_0 - 3V_{1y})^2}{25} \right)}{2}$$

$$10V_0^2 + \frac{2E_0}{5} = \frac{3(V_{1x}^2 + V_{1y}^2)}{2} + \frac{(6V_0 - 3V_{1x})^2 + (2\sqrt{3}V_0 - 3V_{1y})^2}{10}$$

$$10V_0^2 + \frac{2E_0}{5} = \frac{3(V_{1x}^2 + V_{1y}^2)}{2} + \frac{(6V_0 - 3V_{1x})^2 + (2\sqrt{3}V_0 - 3V_{1y})^2}{10}$$

$$2V_0 + V_0 \cdot \cos 60^\circ = 2V_0 + \frac{V_0}{2} = \frac{5V_0}{2}$$



$$\begin{cases} 4m \cdot \frac{5V_0}{2} = 3m \cdot V_{1x} + 5m \cdot V_{2x} \\ 4m \cdot V_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 3m \cdot V_{1y} + 4m \cdot V_{2y} \end{cases} \quad \left\{ 10V_0^2 = \right.$$



$$\frac{25V_0^2}{4} + \frac{3V_0^2}{4} = \frac{2dV_0^2}{4} = \frac{7 \cdot 4 \cdot V_0^2}{4} = 7V_0^2$$

$$V_1 = V_0 \sqrt{2}$$

$$4\sqrt{3}V_0 = 3V_{2x} + 5V_{2y}$$

$$4m \cdot \sqrt{2}V_0 = 3m \cdot V_2 + 5m \cdot V_3$$

$$\frac{4m \cdot 2V_0^2}{2} + \frac{2E_0}{5} = \frac{3m \cdot V_2^2}{2} + \frac{5m \cdot V_3^2}{2}$$