



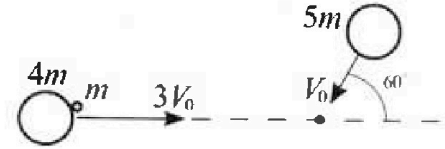
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-06



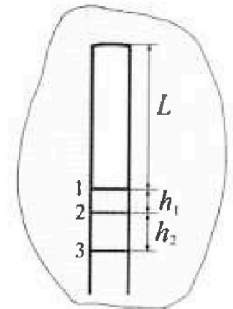
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $4m$, скорость $3V_0$, второй шайбы $5m$, 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 $2E_0/3$ (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.

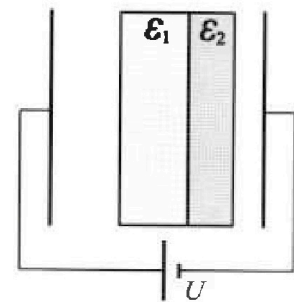
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Температура в столбе влажного воздуха установилась $t_1 = 33^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру системы резко поднимают до температуры $t_2 = 67^\circ\text{C}$, сохраняя прежнес давление. При этом вода в пробирке быстро опустилась с уровня 1 до уровня 2 на $h_1 = 15$ мм. После этого уровень воды начал медленно двигаться до уровня 3, опустившись на $h_2 = 16,7$ мм. Изменением гидростатического давления на границе «воздух – вода» в пробирке можно пренебречь.



- 1) Найти высоту L столба влажного воздуха в пробирке до нагревания.
- 2) Найти давление в пробирке P_0 . Ответ дать в мм. рт. ст.

Примечание: давление насыщенного пара воды при температуре t_1 равно $P_1 = 38$ мм. рт. ст., при температуре t_2 равно $P_2 = 205$ 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 $2d/5$, у другой пластины $\epsilon_2 = 6$, толщина $d/5$. У обеих пластин площадь каждой из двух поверхностей равна S . Конденсатор подключен к источнику с напряжением U .



- 1) Найти напряженность электрического поля E в правом 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.

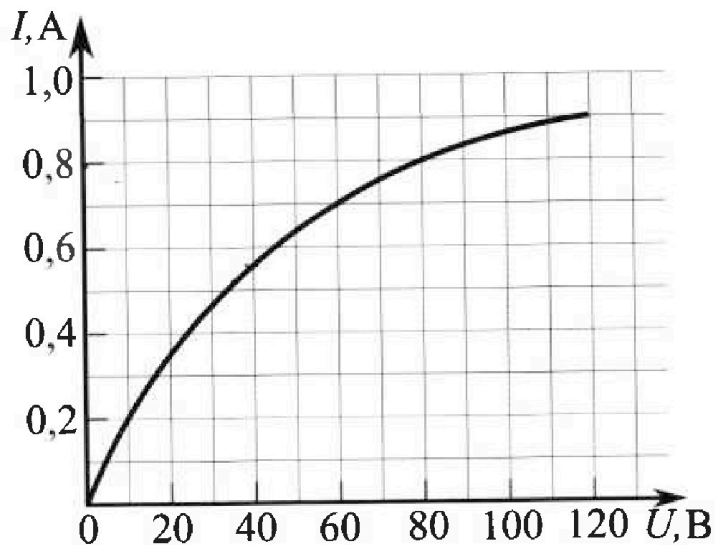
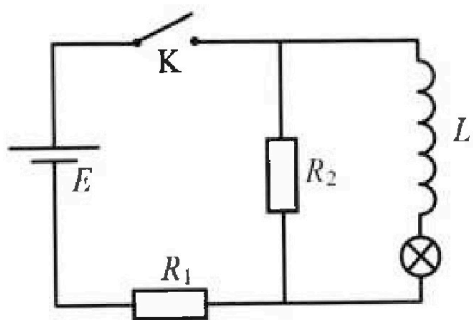
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-06

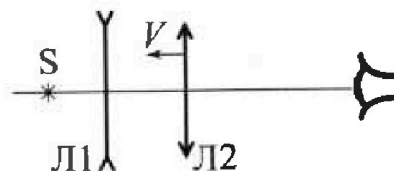
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,5$ Гн, $E = 120$ В, $R_1 = 150$ Ом, $R_2 = 750$ Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через R_2 сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока через лампочку сразу после замыкания ключа.
- 3) Найти ток через катушку в установившемся режиме после замыкания ключа.



5. Главные оптические оси двух тонких линз совпадают. У линзы Л1 фокусное расстояние $F_1 = -10$ см, у линзы Л2 фокусное расстояние $F_2 = 15$ см. Неподвижный точечный источник света S расположен на расстоянии $d = 20$ см от неподвижной линзы Л1. Линза Л2 приближается к Л1 с постоянной скоростью $V = 2$ 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 $L = 25$ см?
- 3) Найти скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 25$ 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!

1) Из ЗЦУ:

$$OY: 5m \cdot v_0 \sin 60^\circ = (5m + 4m + m) u_y$$

$$OX: (4m + m) \cdot 3v_0 - 5m v_0 \cos 60^\circ = 10m u_x$$

$$u_y = \frac{5}{10} v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} v_0$$

$$u_x = \frac{15v_0 - 5v_0 \cdot \frac{1}{2}}{10} = 1,25 v_0$$

$$|\vec{u}| = \sqrt{\frac{3}{16} + \frac{25}{16}} v_0 = \sqrt{\frac{28}{16}} v_0 = \frac{\sqrt{7}}{2} v_0$$

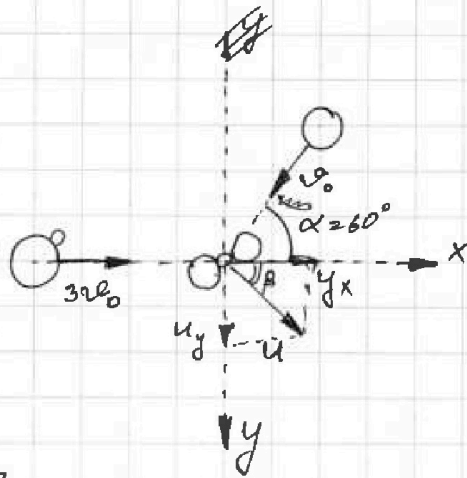
Пусть β - угол между Ox и \vec{u} (см. рис.)

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{u_y}{u_x} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{4} v_0}{5/4} = \frac{\sqrt{3}}{5}$$

$$\Delta E' = \frac{10m}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{7}}{2} v_0\right)^2 - \frac{5m v_0^2}{2} - \frac{5m (3v_0)^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} \left(\frac{70}{4} - 5 - 45\right) = \left(\frac{35}{2} - \frac{100}{2}\right) \frac{m v_0^2}{2} = -\frac{65 m v_0^2}{4}$$

где $\Delta E'$ - изменение кинетической энергии системы. Исходя из ЗЦЗ все эта энергия пошла на увеличение внут. энергии

$$E_0 = -\Delta E' = \frac{65 m v_0^2}{4}$$



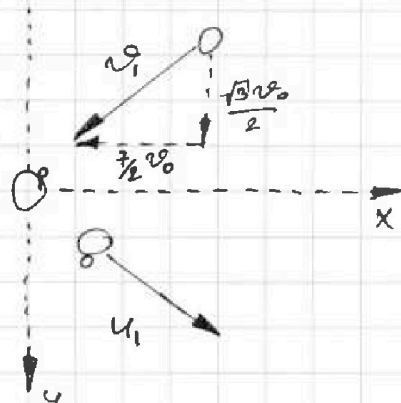
3) Перейдем в СО шайбы 4m. Тогда проекц. скорости шайбы 5m на OY не изменится ($\frac{\sqrt{3}}{2} v_0$), на OX станет $-\frac{v_0}{2} - 3v_0 = -\frac{7v_0}{2} \rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{49}{4}} v_0$ (см. рис.)

Из ЗЦЗ:

$$\frac{5m v_1^2}{2} = \frac{6m u_1^2}{2} + \frac{2}{3} E_0$$

$$3u_1^2 = \frac{5}{2} \cdot \frac{52}{4} v_0^2 - \frac{2}{3} \cdot \frac{65}{4} v_0^2 = \frac{65}{3} v_0^2$$

$$u_1 = \sqrt{\frac{65}{3}} \cdot v_0, \text{ где } u_1 - \text{ скор. шайбы } 5m \text{ относ. } 4m \text{ после столкн.}$$



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!

1) Сразу после быстрого нагрева ~~не~~ воздуха не успев растворить ~~в~~ себе дополнительно вода \Rightarrow не изменилось количество H_2O в объёме, занимаемом им. Из уравн. Клапейр-Менг

$$p_0 L S = \nu R T_1 \quad (T_1 = t_1 + 273 \text{ K}) \quad S - \text{пл. попер. сечения}$$

$$p_0 (L+h) S = \nu R T_2 \quad (T_2 = t_2 + 273 \text{ K})$$

$$h = h_1 \frac{T_1}{T_2 - T_1} = 15 \text{ мм} \cdot \frac{306 \text{ K}}{340 \text{ K} - 306 \text{ K}} = 15 \text{ мм} \cdot 9 = 135 \text{ мм}$$

2) Пусть давление "сухих" газов в пробирке сразу после нагрева - p_{21} , а в состоянии, когда уровень жидкости стал z_2 - p_{22}

$$p_0 = p_{21} + P_1$$

$$p_0 = p_{22} + P_2$$

Из ур. Клап.-Менг:

$$p_{21} L S = \nu_2 R T_1$$

$$p_{22} (L+h_1+h_2) S = \nu_2 R T_2$$

$$p_{22} = p_{21} \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{L}{L+h_1+h_2}$$

$$P_2 - P_1 = p_{21} - p_{22} = p_{21} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{L}{L+h_1+h_2} \right)$$

$$p_{21} = \frac{P_2 - P_1}{1 - \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{L}{L+h_1+h_2}}$$

$$p_0 = P_1 + \frac{P_2 - P_1}{1 - \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{L}{L+h_1+h_2}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

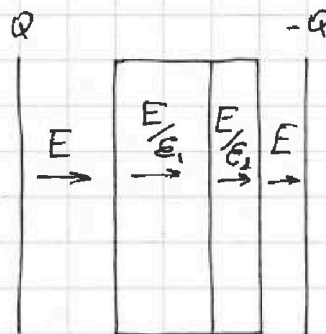
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

1) Диэлектрик меняет напряженность поля внутри себя. Тогда в первой и второй пластинках она равна E/ϵ_1 и E/ϵ_2 соответственно.

Общая толщина воздушного зазора $d - \frac{2}{5}d - \frac{1}{5}d = \frac{2}{5}d$



Тогда $U = E \cdot \frac{2}{5}d + \frac{E}{\epsilon_1} \cdot \frac{2}{5}d + \frac{E}{\epsilon_2} \cdot \frac{1}{5}d = Ed \left(\frac{2}{5} + \frac{2}{15} + \frac{1}{30} \right) = \frac{17}{30}Ed$

$$E = \frac{30U}{17d}$$

2) Если на одной обкладке накопился заряд Q , то из ЗСЗ на второй $-(-Q)$. Вместе эти заряды создают в воздухе ~~то~~ напряженность E .

$$\frac{Q}{2\epsilon_0 S} - \frac{-Q}{2\epsilon_0 S} = E, \text{ где } Q = \frac{Q}{S}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} = E \Leftrightarrow Q = E\epsilon_0 S = \frac{30}{17} \frac{U\epsilon_0 S}{d}$$

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) В нач. момент времени катушка не пропускает ток \Rightarrow ток течёт только через резистора
По 2-му пр. Киргофа

$$E = I_{20}(R_1 + R_2) \Leftrightarrow I_{20} = \frac{E}{(R_1 + R_2)} = \underline{\underline{\frac{4}{30} \text{ A}}}$$

2) III. к. ток не течёт через катушку:

$\mathcal{E}_{\text{ind}} = U_{R_2}$ (U_{R_2} - пад. напр на R_2 сразу после замыкания), т. к. R_2 соединено параллельно с катушкой.

$$L \dot{I} = I_{20} R_2 \Leftrightarrow \dot{I} = \frac{I_{20} R_2}{L} = \underline{\underline{40 \text{ A/c}}}$$

3) Пусть I_3 и U_3 - ток ~~в~~ и напряжение на катушке в установившемся режиме (заметьте что катушка в таком режиме - просто проводник).

$$\text{Ток через } R_2: I_2 = \frac{U_3}{R_2} \quad (U_3 = U_2 \text{ при паралл. соед})$$

$$\text{Ток через } R_1: I_1 = I_2 + I_3 \quad (\text{по первому пр. Киргофа})$$

По 2-му пр. Киргофа

$$E = U_3 + I_1 R_1 = U_3 + (I_2 + I_3) R_1 = U_3 + \left(\frac{U_3}{R_2} + I_3\right) R_1$$

$$I_3 = \frac{E}{R_1} - \frac{U_3 (R_2 + R_1)}{R_2 R_1}$$

$$I_3 = 0,8 \text{ A} - \frac{6}{750} U_3$$

Построим эту прямую и найдём пересечение с ВАХ катушки. Прямая проходит через ~~(0В; 0,8А)~~ (0В; 0,8А), (100В; 0А)

$$\text{Ток в точке пересечения: } I_0 = \underline{\underline{0,5 \text{ A}}}$$

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) Когда линза расположена вогнутую друг к другу их оптические оси алгебраически складывается

$$D_0 = D_1 + D_2 = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{x_0} = D_0 = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \Leftrightarrow \frac{1}{x_0} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d} = \frac{-1}{91\text{ см}} + \frac{1}{915\text{ см}} - \frac{1}{92\text{ см}}$$

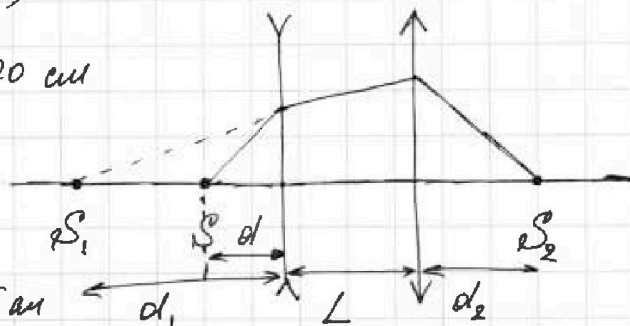
$$x_0 = -12\text{ см} \Rightarrow |x_0| = \underline{12\text{ см}}$$

2) $\frac{1}{d} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F_1}$ (см. рис)

$$d_1 = -20\text{ см} \Rightarrow |d_1| = 20\text{ см}$$

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_1 + L} = \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{1}{d_2} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d_1 + L} \Rightarrow d_2 = \underline{27,5\text{ см}}$$



3) Пусть прошло какое-то время dt , тогда:

$$\frac{1}{27,5\text{ см} + v \cdot dt} = \frac{1}{15\text{ см}} - \frac{1}{45\text{ см} - 2\text{ см/с} \cdot dt}$$

Пусть $d_1 + L = l$ ($= 45\text{ см}$)

$$\frac{1}{d_2(t)} = \frac{l - vt - F_2}{F_2(l - vt)}$$

$$d_2(t) = F_2 \frac{l - vt}{l - vt - F_2}$$

$$\dot{d}_2(t) = v = \frac{-v(l - vt - F_2) + v(l - vt)}{(l - vt - F_2)^2} = v \frac{-F_2}{(l - vt - F_2)^2}$$

$$t=0: v_0 = v \frac{-F_2}{(l - F_2)^2} = \frac{1}{4} v = -0,5\text{ см/с} \quad (v_0 - \text{скр. относ. } d_2)$$

$$u = |-v + v_0| = |-2 - 0,5|\text{ см/с} = -2,5\text{ см/с}$$

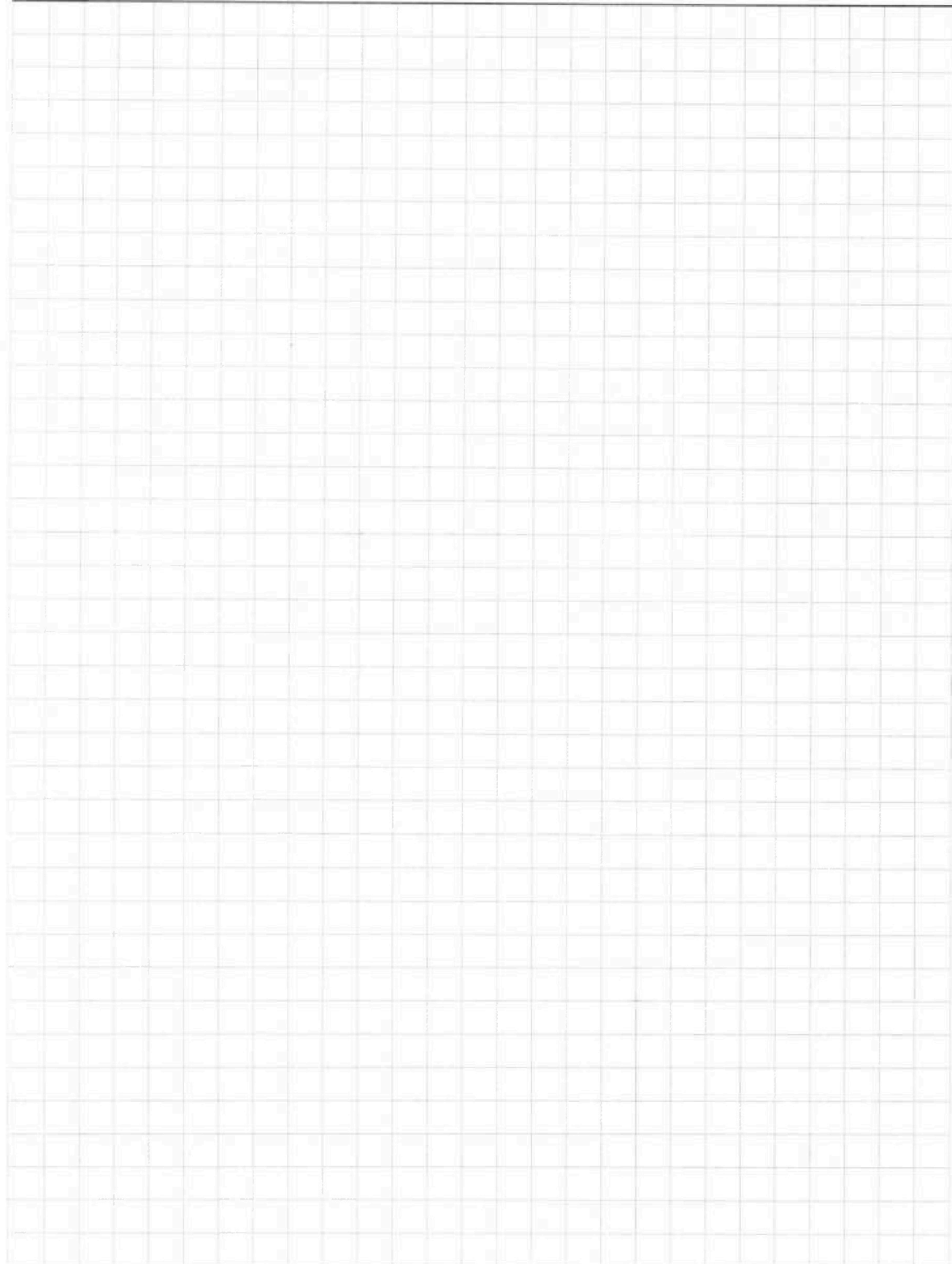
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



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

МФТИ

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



$$f_1 \quad \rho_2 - \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,15} =$$

$$-\frac{1}{0,10} + \frac{1}{0,15} - \frac{1}{0,20} = \frac{100}{5} \left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} \right) = -\frac{3}{4} + \frac{1}{3} = \frac{-9+4}{12} = -\frac{5}{12}$$

$$-\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,2} = 10 \left(\frac{-2+1}{2} \right) = -\frac{10}{2} = -5$$

$$-\frac{2}{20} + \frac{1}{20} = -\frac{1}{20}$$

$$\frac{30}{2} \quad \frac{90}{2} \quad \frac{15^2}{45}$$

$$\frac{3}{45} - \frac{1}{45} = \frac{2}{45}$$

27,5

$$d_2 = F_2$$

$$d_2 = d_1 + L$$

$$\frac{1}{d_2 + ut} = \frac{1}{L + d_1 - ut} + \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{1}{d_2 + ut} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{L + d_1 - ut}$$

$$\frac{2}{50 \text{ см} + 2ut} = \frac{1}{15 \text{ см}} - \frac{1}{45 \text{ см} - ut}$$

$$\frac{2}{50 + 2ut} = \frac{1}{15} - \frac{1}{45 - ut}$$

$$30(45 - ut) = 50 \cdot 45 - 100t + 90ut - 4ut^2 - 15(50 + 2ut)$$

$$-60t = 150 - 100t + 60ut$$

$$F_2 \frac{l - ut - F_2}{F_2(l - ut)}$$

$$F_2 \frac{l - ut}{l - ut - F_2}$$

$$F_2 \left(\frac{-u(l - ut - F_2) + u}{-u F_2} \right)$$

$$+ u(l - ut)$$

$$u \frac{F_2^2}{l + F_2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



$$\frac{3 \cdot 5 \cdot 26}{3 \cdot 4} - \frac{130}{3 \cdot 4} = \frac{260}{12} = \frac{130}{6} = \frac{65}{3}$$

$$\frac{120}{900} = \frac{4}{30}$$

$$U = \frac{2}{5}dE + \frac{2}{5}d\frac{E}{\epsilon_1} + \frac{1}{5}d\frac{E}{\epsilon_2} \Leftrightarrow E = \frac{5U}{d(2 + \frac{2}{3} + \frac{1}{6})} = \frac{30U}{17d}$$

$$15 \cdot \frac{306}{34} \cdot \frac{153}{17} = 9 \cdot 15 \cdot \frac{12+4+1}{6} = \frac{17}{6}$$

$$p_0 = p_2 + p_6$$

$$p_0 L S = \nu R T,$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 33 \\ \hline 306 \end{array} \quad \begin{array}{r} 273 \\ + 67 \\ \hline 340 \end{array}$$

$$\frac{900}{150 \cdot 750} = \frac{6}{750}$$

$$p_0 (L + \Delta h) S = \nu R (T + \Delta T)$$

$$\frac{L + \Delta h}{L} = \frac{T + \Delta T}{T}$$

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

$$T \Delta h = L \Delta T$$

$$L = \Delta h \frac{T}{\Delta T}$$

$$\frac{120}{150} = \frac{4}{5}$$

$$E = U_3' \frac{R_2 + R_1}{R_2}$$

$$p_0 = p_2 + p_1$$

$$p_0 = p_{21} + p_1$$

$$p_0 = p_2 \frac{L + h_1}{L + h_1 + h_2} + p_2$$

$$p_0 = p_{22} + p_2 = p_{21} \cdot \frac{L}{L + h_1 + h_2} + p_2$$

$$p_2 \frac{h_2}{L + h_1 + h_2} = p_2 - p_1$$

$$\frac{900}{750} = \frac{6}{5} \quad \underline{900}$$

$$p_2 = (p_2 - p_1) \cdot \frac{L + h_1 + h_2}{h_2} \quad 1,2$$

$$p_0 =$$

$$E = (I_2 + I_3) R_1 + U_3$$

$$I_3 = \frac{E}{R_1} - \frac{R_2 + R_1}{R_2 R_1} U_3$$

$$E = \left(\frac{U_3}{R_2} + I_3 \right) R_1 + U_3 \quad I_3 = 0,8 \text{ A}$$

$$E = U_3 \frac{R_1}{R_2} + I_3 R_1 + U_3$$

$$I_3 R_1 = \frac{R_2 + R_1}{R_2} E - U_3$$



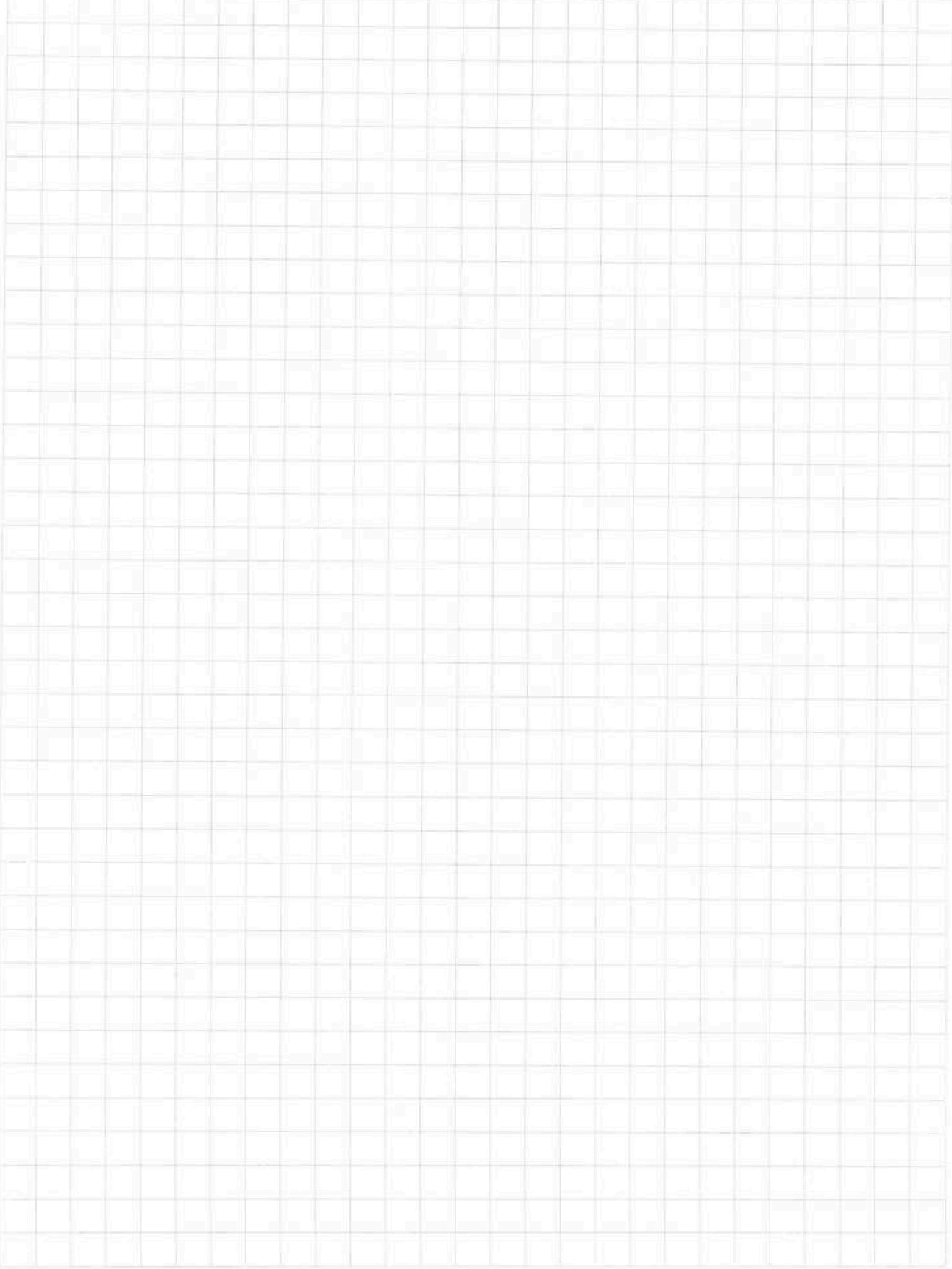
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



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



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

