



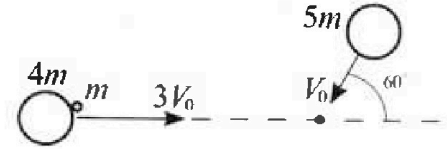
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-06



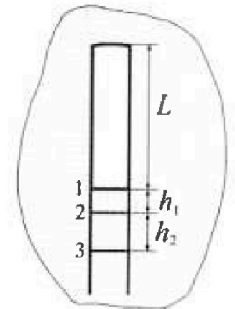
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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  $60^\circ$ . 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.

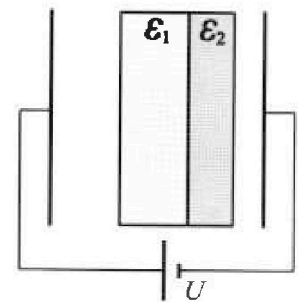


1) Найти высоту  $L$  столба влажного воздуха в пробирке до нагревания.

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.

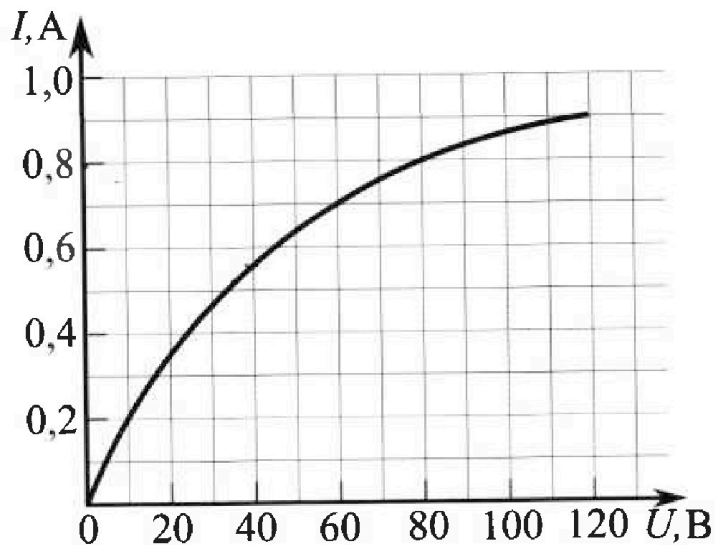
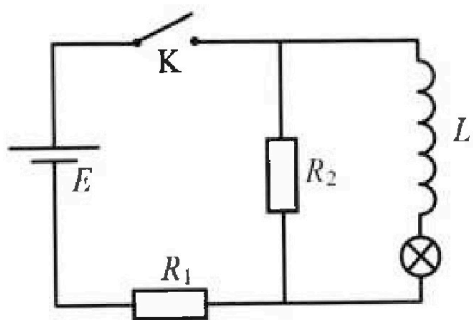
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-06

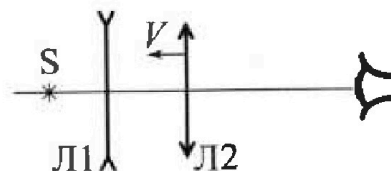
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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:

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

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

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

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

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

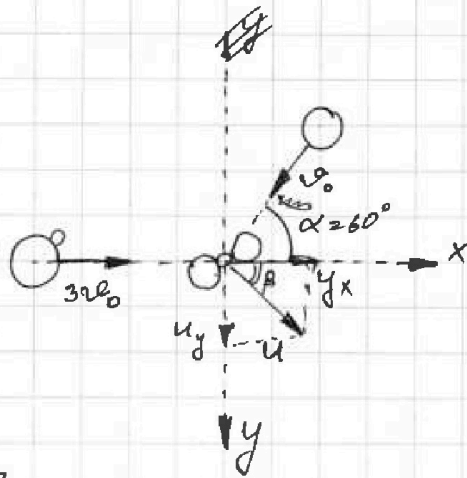
Пусть  $\beta$  - угол между  $Ox$  и  $\vec{u}$  (см. рис.)

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

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

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

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



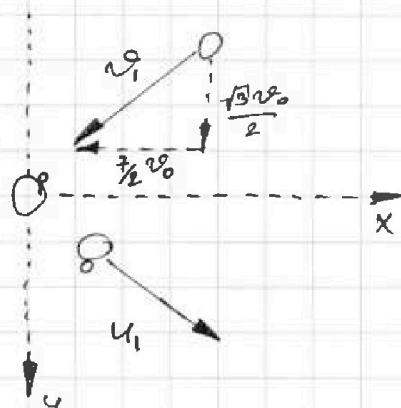
3) Перейдем в СО шайбы 4m. Тогда проекц. скорости шайбы 5m на OY не изменится ( $\frac{\sqrt{3}}{2} v_0$ ), на OX станет  $-\frac{v_0}{2} - 3v_0 = -\frac{7v_0}{2} \rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{49}{4}} v_0$  (см. рис.)

Из ЗЦЭ:

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

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

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



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 в-ва 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:

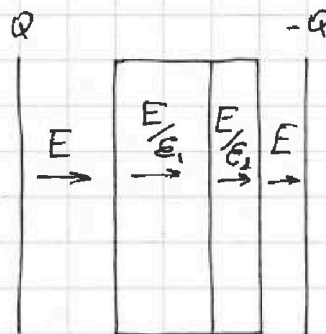
1  2  3  4  5  6  7

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  $E/\epsilon_1$  и  $E/\epsilon_2$  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. Киргоффа

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

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).

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

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

По 2-му пр. Киргоффа

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

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

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

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 между двумя другими линзами, то оптические силы алгебраически складываются

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

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

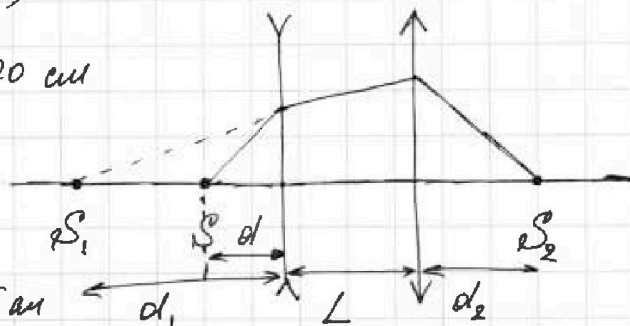
$$x_0 = -12\text{ см} \Rightarrow |x_0| = \underline{12\text{ см}}$$

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}\$)

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

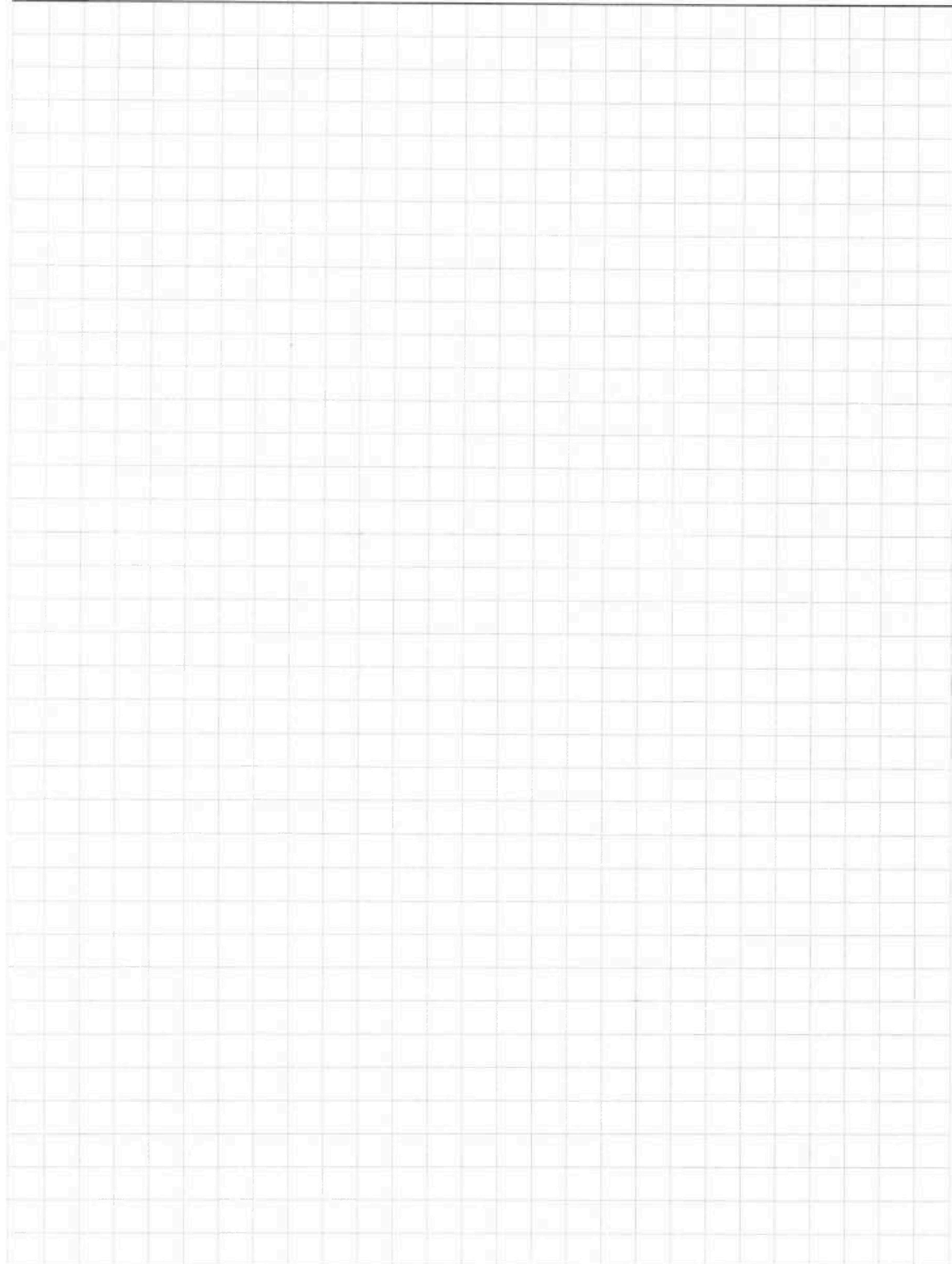
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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!



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

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

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

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

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

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

27,5

$$d_2 = F_2$$

$$d_2 = d_1 + L$$

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

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

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

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

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

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

$$d_1 \quad \frac{l - ut - F_2}{F_2(l - ut)}$$

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

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

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

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!



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

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

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

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

$$p_0 = p_2 + p_6$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$p_0 = p_2 + p_1$$

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

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

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

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

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

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

$$p_0 =$$

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

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

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

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

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



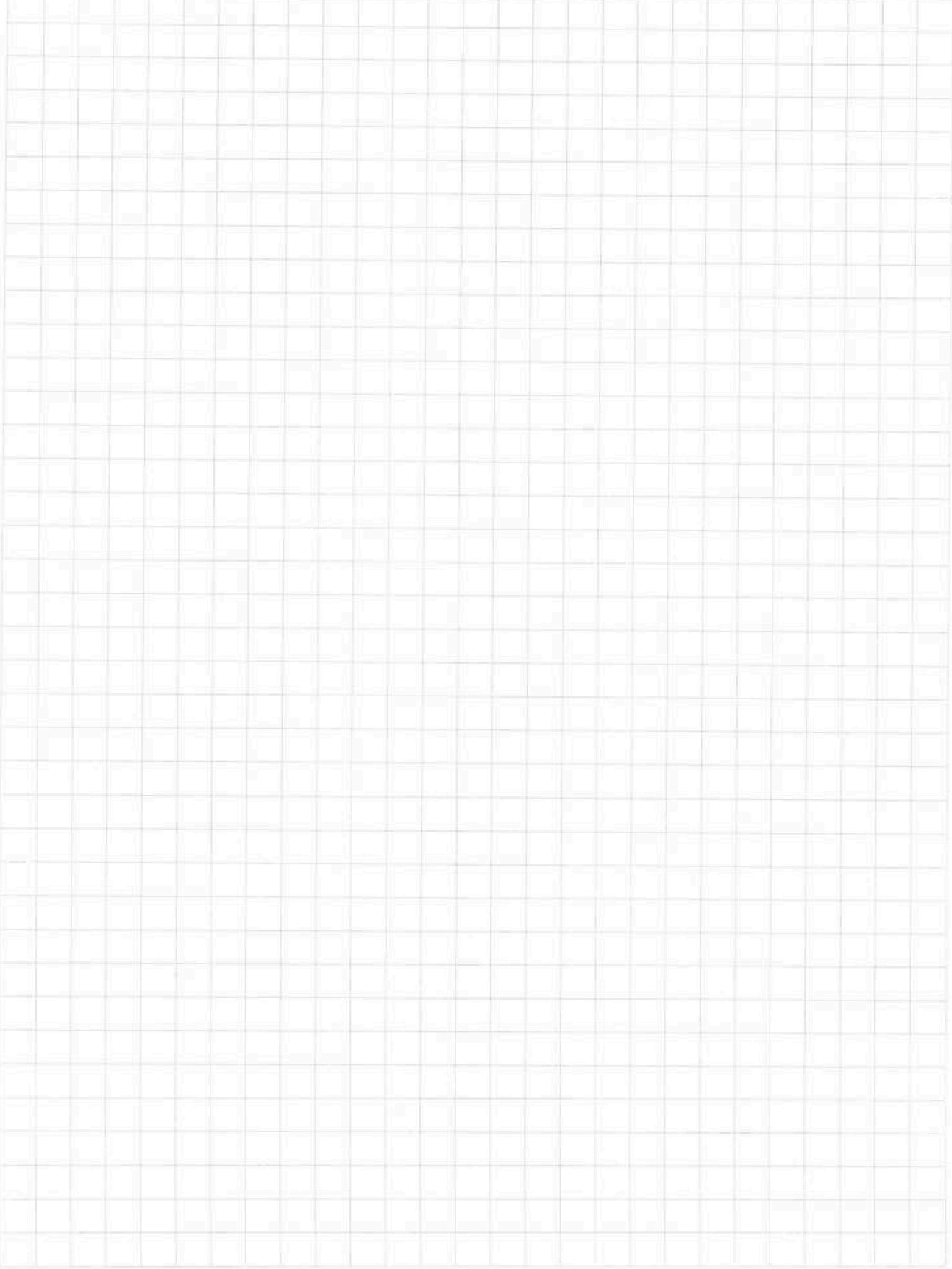
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

