



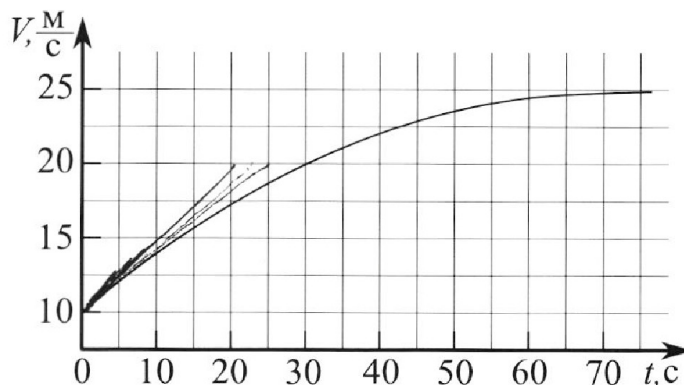
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

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



1. Автомобиль массой $m = 1500$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона. $k a \text{ c}$
- Найти силу тяги F_0 в начале разгона. $n \cdot k \cdot v$
- Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

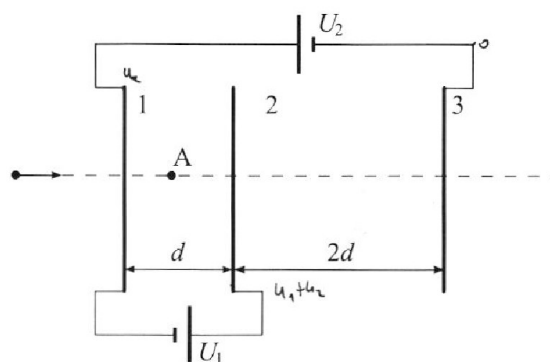
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$ (P_{ATM} - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

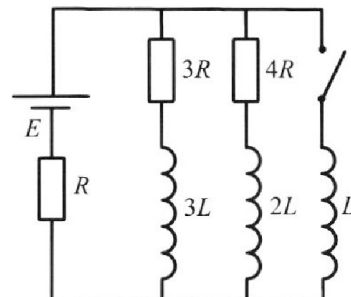
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с ч-исловыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

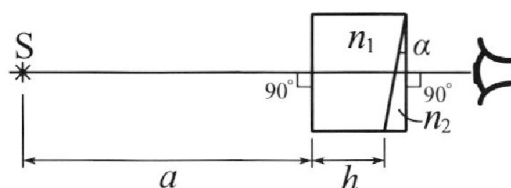


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

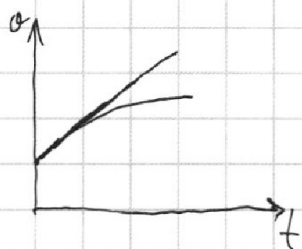
МФТИ

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

1) $a = \frac{dv}{dt}$. Проведу касательную к графику

в момент $t = 0$ с

Схематично:



$t = 0$ с $v = 10$ м/с
 $t = 25$ с $v = 20$ м/с
 точки касательной (прямой)

$$a = \frac{\Delta v_{\text{кас}}}{\Delta t_{\text{кас}}}$$

$$a = \frac{20 - 10}{25 - 0} = \frac{10}{25} = 0.4 \text{ м/с}^2$$

$$a = \frac{2}{5} \text{ м/с}^2$$

2) Заметим, что $v \rightarrow 25$ м/с, значит $t \rightarrow \infty$

$$m \cdot 0 = F_k - k v_{(t \rightarrow \infty)} \quad (\text{т.е. ускорение } 0)$$

$$k = \frac{F_k}{v_{(t \rightarrow \infty)}}$$

$$k = \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

В начале:

$$ma = -k v_{(0)} + F_0 \quad \text{— II закон Ньютона.}$$

$$F_0 = ma + k v_{(0)}$$

$$F_0 = m a_{(0)} + \frac{F_k}{v_{(t \rightarrow \infty)}} \cdot v_0$$

~~2600 Н~~
~~1500 Н~~
~~1100 Н~~

~~$F_0 = 1500 + \frac{600}{25} \cdot 10 = 1500 + 240 = 1740 \text{ Н}$~~

$$F_0 = 1500 \cdot \frac{2}{5} + \frac{600}{25} \cdot 10 = 600 + 240 = 840 \text{ Н}$$



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!

3) В начале разгона:

$$P_0 = F_0 \cdot v_{(t=0)} = 840 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м/с} = 8400 \text{ Вт.}$$

Ответ: 1) $0,4 \text{ м/с}^2$

2) 840 Н

3) 8400 Вт

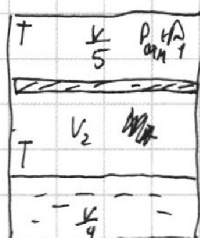
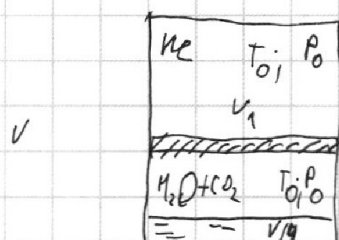
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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



$$k = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$RT = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta U = k p \Delta V$$

~~Решение~~

Ду He: уравнение Менделеева - Клапейрона:

$$V_1 = \frac{V}{2} - \text{равные части}$$

(1) $P_0 \cdot V_1 = \sum_{\text{He}} R T_0$ - начало

(2) $(P_{\text{атм}} P_1) \cdot \frac{V}{5} = \sum_{\text{He}} R T$ конец. (P_1 - ~~парциальное~~ парциальное давление углекислого газа)

Для углекислого газа:

(3) $\sum_{\text{угл. расств. 1}} = k \cdot P_0 \cdot \frac{V}{4}$ - начало

• Менд. - Клап.: $P_0 (V - \frac{V}{4} - V_1) = \sum_{\text{He расств. 1}} R T_0$

В конце: P_1 - парциальное давление углекислого газа

(4) $\sum_{\text{угл. расств. 2}} = k \cdot P_1 \cdot (V - \frac{V}{5} - V_2)$

(5) $P_1 \cdot V_2 = \sum_{\text{He расств. 2}} R T$

Кол-во углекислого газа не изменилось, поэтому

(6) $\sum_{\text{угл. расств. 1}} + \sum_{\text{He расств. 1}} = \sum_{\text{угл. расств. 2}} + \sum_{\text{He расств. 2}}$

П.к. объем жидкости не изменился, то $V_2 = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = V \cdot \frac{11}{20}$

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!

Решу его:

$$T = \frac{4}{5} T_0 + \frac{4}{5} \cdot \frac{\frac{1}{8R} + \frac{KT_0}{8}}{\frac{1}{RT_0} + \frac{11}{20RT}} \quad \left| \cdot \frac{1}{RT_0} + \frac{11}{20RT} \right.$$

$$T \left(\frac{1}{RT_0} + \frac{11}{20RT} \right) = \frac{4}{5} T_0 \left(\frac{1}{RT_0} + \frac{11}{20RT} \right) + \frac{4}{5} \left(\frac{1}{8R} + \frac{KT_0}{8} \right)$$

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{T}{T_0} + \frac{11}{20R} = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{R} + \frac{4}{5} \cdot \frac{11}{20R} \cdot \frac{T_0}{T} + \frac{1}{10R} + \frac{1}{10} KT_0 \cdot \frac{1}{R}$$

Обозначу $\frac{T}{T_0} = x$

$$x + \frac{11}{20} = \frac{4}{5} + \frac{11}{25} \cdot \frac{1}{x} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} KR T_0$$

$$x = \frac{11}{25} \cdot \frac{1}{x} = \frac{16 - 11 = 2}{20} + \frac{1}{10} KR T_0$$

$$\frac{T}{T_0} - \frac{11}{25} \cdot \frac{T_0}{T} = \frac{3}{20} + \frac{1}{10} KR T_0 \quad | \cdot 100 \cdot T_0$$

$$100T - 44 \frac{T_0^2}{T} = 15T_0 + 10KR T_0^2$$

$$T^2 \left(10KR + \frac{44}{T} \right) + 15T_0 - 100T = 0$$

$$T_0 = \frac{-15 \pm \sqrt{225 + 4 \cdot (10KR + \frac{44}{T}) \cdot 100T}}{2 \cdot (10KR + \frac{44}{T})} \quad , T_0 \geq 0$$

$$T_0 = \frac{-15 + \sqrt{225 + (10KR + \frac{44}{T}) \cdot 100T}}{20KR + \frac{88}{T}}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ - 11 \\ \hline 5 \\ 10 \\ \hline 10 \\ - 11 \\ \hline 16 \\ - 11 \\ \hline 5 \end{array}$$

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. Порча QR-кода недопустима!



Черновик задачи

$$P_0 V_1 = \nu_{\text{ке}} RT_0$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

$$P_0 (V - V_1 - V_4) = \nu_{\text{красв2}} RT_0$$

$$(P_{\text{атм}} + P_1) \frac{V}{5} = \nu_{\text{ке}} RT_0 \quad (+)$$

$$\frac{\nu_{\text{ке}}}{2} = \kappa P_0 \cdot \frac{V}{4} \quad (+)$$

$$\nu_{\text{красв2}} = \kappa P_1 \left(V - \frac{V}{5} - \frac{11}{20} V \right) = \kappa P_1 \cdot V \cdot \frac{1}{4} \quad (+)$$

$$P_1 \cdot \frac{11}{20} V = \nu_{\text{красв2}} RT$$

$$\frac{\nu_{\text{ке}}}{2} + \nu_{\text{красв1}} = \nu_{\text{красв1}} + \nu_{\text{красв2}}$$

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} \cdot \frac{1}{T_0} = (P_{\text{атм}} + P_1) \cdot \frac{V}{5} \cdot \frac{1}{T} \quad (+)$$

$$\frac{P_1}{P_0} = 2 \cdot \frac{\nu_{\text{красв2}}}{\nu_{\text{ке}}} \Rightarrow \nu_{\text{красв2}} = \frac{\nu_{\text{ке}}}{2} \cdot \frac{P_1}{P_0}$$

$$\frac{\nu_{\text{ке}}}{2} + \kappa \cdot \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \frac{\nu_{\text{ке}}}{2} \frac{P_1}{P_0} + \frac{P_1 \cdot \frac{11}{20} V}{RT}$$

$$\frac{P_{\text{атм}} \kappa}{4 RT_0} \cdot \frac{1}{2} + \frac{\kappa P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \frac{P_1}{2 P_0} \cdot \frac{P_{\text{атм}} \kappa}{2 RT_0} + \frac{P_1 \cdot \frac{11}{20} \kappa}{RT}$$

$$P_{\text{атм}} \cdot \left(\frac{1}{8 RT_0} + \frac{\kappa}{8} \right) = P_1 \left(\frac{1}{4 RT_0} + \frac{11}{20 RT} \right)$$



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!

$$T_0 = \frac{-15 + \sqrt{225 + 10^3 K R T_0 + 17600}}{20 K R + \frac{88}{7}}$$

$$T_0 = \frac{-15 + \sqrt{225 + 0,5 \cdot 8,31 \cdot 373 + 17600}}{20 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 + \frac{88}{273}}$$

Ответ: 1) 2

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!

В конце $T = 373\text{K}$, поэтому парциальное давление
воздушных паров будет $p_{\text{атм}}$

итак,
$$\begin{cases} p_0 \cdot \frac{V}{2} = \sum_{\text{не}} R T_0 \\ p_0 \left(V - \frac{V}{4} - \frac{V}{2} \right) = \sum_{\text{фи. кераст в 1}} R T_0 \end{cases} \downarrow$$

$$\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{4}} = \frac{\sum_{\text{не}}}{\sum_{\text{фи кераст в 1}}}$$

$$\boxed{\frac{\sum_{\text{не}}}{\sum_{\text{фи кераст в 1}}} = 2}$$

д) для жидк.

$$\frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} \cdot \frac{1}{T_0} = (p_{\text{атм}} + p_1) \cdot \frac{V}{5} \cdot \frac{1}{T}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4}{5} \cdot \frac{p_{\text{атм}} + p_1}{p_{\text{атм}}} = \frac{4}{5} \left(1 + \frac{p_1}{p_{\text{атм}}} \right)$$

В итоге черновик для задачи 2 см решение системы.

$$\frac{p_1}{p_{\text{атм}}} = \frac{\frac{1}{8RT_0} + \frac{\kappa}{8}}{\frac{1}{4RT_0} + \frac{11}{20RT}}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{\frac{1}{8RT_0} + \frac{\kappa}{8}}{\frac{1}{4RT_0} + \frac{11}{20RT}} \quad \text{— получим уравнение для } T_0$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$T_0 = \frac{25 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 373^2 + 45 \cdot 373}{44 + 30 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 373} =$$

$$= \frac{373 \cdot 373 \cdot 10^{-1} + 45 \cdot 373}{44 + 125 \cdot 10^{-3} \cdot 373} =$$

$$= 373 \cdot \left(\frac{37,3 + 45}{44 + 46} \right) =$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{373}{373 \cdot \left(\frac{37,3 + 45}{44 + 46} \right)} = \frac{44 + 46}{82} = \frac{90}{82} \approx \frac{45}{41}$$

Однако, здесь то ошибка в вычислениях, т.к. при такой T_0
нельзя пренебрегать давлением пара

Ответ: 1) 2

2) $\frac{45}{41}$

$$\frac{125}{8,31}$$

$$125 \cdot 0,3 =$$

$$= 96 + 4 + 0,3 \cdot 13 =$$

$$= 100 + 4 = 104$$

$$15 \cdot 0,3 = 10 + 5$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ 125 \\ \hline 370 \\ 8750 \\ \hline 375 \\ \hline 46250 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$\frac{P_1}{P_{\text{атм}}} \left(\frac{\kappa}{4} + \frac{11}{20RT} \right) = \frac{\kappa}{8} + \frac{1}{8RT_0}$$

$$\frac{5T}{4T_0} = 1 + \frac{\frac{\kappa}{8} + \frac{1}{8RT_0}}{\frac{\kappa}{4} + \frac{11}{20RT}}$$

$$\frac{\frac{\kappa}{8} + \frac{1}{8RT_0}}{\frac{\kappa}{4} + \frac{11}{20RT}} = \frac{\frac{\kappa RT_0 + 1}{8RT_0}}{\frac{20\kappa RT + 44}{80RT}} = \frac{(\kappa RT_0 + 1) \cdot 80RT}{8RT_0 \cdot (20\kappa RT + 44)} =$$

$$= \frac{(\kappa RT_0 + 1) \cdot 10T}{T_0 (20\kappa RT + 44)}$$

$$5T = 4T_0 + T_0 \cdot \frac{(\kappa RT_0 + 1) \cdot 10T}{T_0 (5\kappa RT + 11)} \quad | \cdot (5\kappa RT + 11)$$

$$5T (5\kappa RT + 11) = 4T_0 (5\kappa RT + 11) + 10T (\kappa RT_0 + 1)$$

$$25\kappa RT^2 + 55T = 20\kappa RT_0 + 44T_0 + 10\kappa RTT_0 + 10T$$

$$= T_0 (10\kappa RT)$$

$$25\kappa RT^2 + 55T = 30\kappa RTT_0 + 44T_0$$

$$T_0 = \frac{25\kappa RT^2 + 55T}{44 + 30\kappa RT}$$

этот ответ больше похож
на правду, чем предыдущий

потому при проверке возникает этот вариант

решения все то же самое с обозначениями, но я ошибся
в знаке

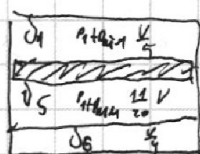
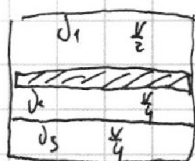
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



пере рассматривание
системы:

$$J_2 + J_3 = J_5 + J_6$$

$$\frac{P_{atm}}{2} \cdot \frac{V}{2} = J_1 R T_0$$

$$\frac{P_{atm}}{2} \cdot \frac{V}{4} = J_2 R T_0$$

$$J_3 = k \cdot \frac{P_{atm}}{2} \cdot \frac{V}{4}$$

$$(P_1 + P_{atm}) \frac{V}{5} = J_1 R T$$

$$P_1 \cdot \frac{V}{20} = J_5 R T$$

$$P_1 \cdot \frac{11V}{20} = J_5 R T$$

$$J_6 = k \cdot P_1 \cdot \frac{V}{4}$$

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{\frac{P_{atm} V}{4}}{\frac{P_{atm} V}{8}} = 2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{P_{atm} V}{8 R T_0} + k \frac{P_{atm} V}{8} = \frac{k P_1 V}{4} + \frac{P_1 \cdot \frac{11V}{20}}{R T} \quad | : P_{atm} V \\ \frac{J_1 R T}{J_2 R T_0} = \frac{(P_1 + P_{atm}) \frac{V}{5}}{\frac{P_{atm} V}{4}} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{8 R T_0} + \frac{k}{8} = \frac{k}{4} \cdot \frac{P_1}{P_{atm}} + \frac{11}{20 R T} \cdot \frac{P_1}{P_{atm}} \\ \frac{T}{T_0} = \left(\frac{P_1}{P_{atm}} + 1 \right) \cdot \frac{4}{5} \end{array} \right.$$

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!

$$a_{12x} = \frac{E_{12} \times q}{m} = - \frac{U}{x_0} \cdot \frac{q}{m}$$

2. Т.к. суммарный заряд сеток 0, то

$$E_{вне пластин} = \frac{q_1}{2\epsilon_0} + \frac{q_2}{2\epsilon_0} + \frac{q_3}{2\epsilon_0} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2\epsilon_0} = 0$$

поэтому вне пластин частица движется равномерно

$$a_{12x} = \text{const}$$

$$\frac{v_2^2 - v_0^2}{2 a_{1x}} = x_0 \quad \text{— формула равно ускоренного движения.}$$

$$\frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = m a_{1x} \cdot x_0$$

$$K_1 - K_2 = - m a_{1x} x_0 = m x_0 \cdot \frac{U}{x_0} \cdot \frac{q}{m} = U \cdot q$$

$$3. \quad \frac{v_A^2 - v_0^2}{2 a_{1x}} = \frac{x_0}{q} \quad \text{— путь}$$

$$v_A^2 = v_0^2 + \frac{a_{1x} \cdot x_0}{2} = v_0^2 - \frac{U}{x_0} \cdot \frac{q}{m} \cdot \frac{x_0}{2}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{2m}}$$

Ответ: 1. $\frac{Uq}{2 \cdot m}$

2. $U \cdot q$

3. $\sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{2m}}$

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

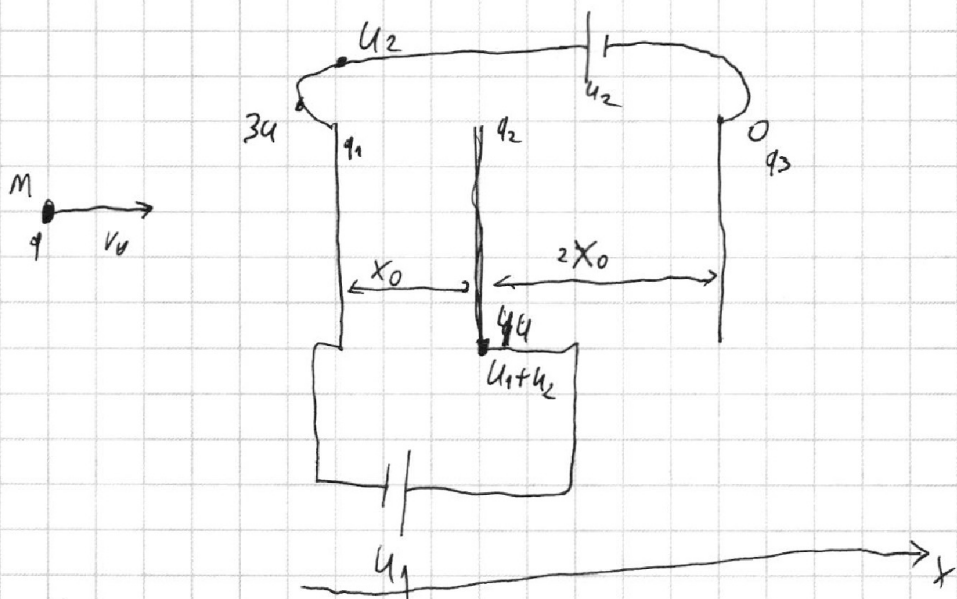
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



переобозначу на x_0 , чтобы не спутать с диффом если он будет нужен.

Расставлю потенциалы. см. рис. Пусть заряды стоек q_1, q_2, q_3

ЗСЗ: $q_1 + q_2 + q_3 = 0$.

$$\left(\frac{q_1}{2\epsilon_0} - \frac{q_2}{2\epsilon_0} - \frac{q_3}{2\epsilon_0} \right) \cdot x = 3U - U$$

$$\left(\frac{q_1}{2\epsilon_0} + \frac{q_2}{2\epsilon_0} - \frac{q_3}{2\epsilon_0} \right) \cdot 2x = 3U - 0$$

$$-\frac{2q_3}{2\epsilon_0} \cdot 2x = 3U$$

$$q_3 = -\frac{3}{2} \frac{U}{x} \epsilon_0$$

$$E_{12} x = \frac{3U - U}{x_0} = -\frac{U}{x_0}$$

$$M q_{12} x = E_{12} x \cdot q$$

$$(q_1 + q_2 = -q_3 \text{ из (1)})$$

q -мал по сравнению с зарядом стоек, поэтому перераспределение зарядов не будет.

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!

п.к. ток через L , $3L$, $2L$ не изменится моментально,
то и через R ток мгновенно не поменяется.

до замыкания

$$I_R = -\frac{7}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} \quad I_{3R} = \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} \quad I_{4R} = \frac{\mathcal{E} - \frac{7}{19}\mathcal{E}}{4R} = \frac{3}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

тогда напряжение на катушке сразу после
замыкания $\mathcal{E} + \varphi = \frac{12}{19} \mathcal{E}$

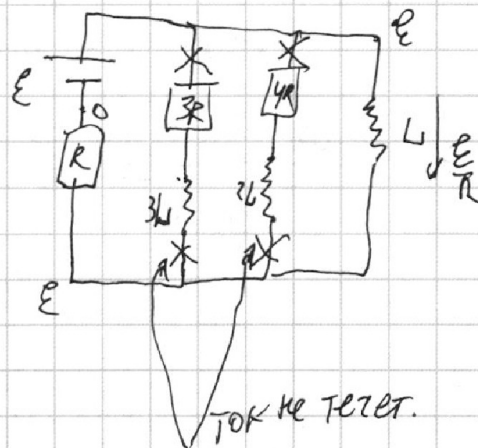
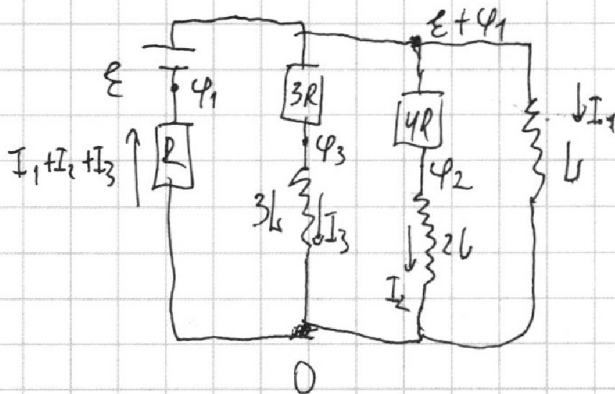
$$L \dot{I}_L = \frac{12}{19} \mathcal{E}$$

$$\dot{I}_L = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$$

3.

про избыток момент

уравновеш. состояние



$$\begin{cases} 3L \dot{I}_3 + 3R \cdot I_3 = \mathcal{E} + \varphi_1 \\ L \dot{I}_1 = \mathcal{E} + \varphi_1 \\ 2L \dot{I}_2 + 4R \cdot I_2 = \mathcal{E} + \varphi_1 \\ 0 - \varphi_1 = (I_1 + I_2 + I_3) R \end{cases}$$

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

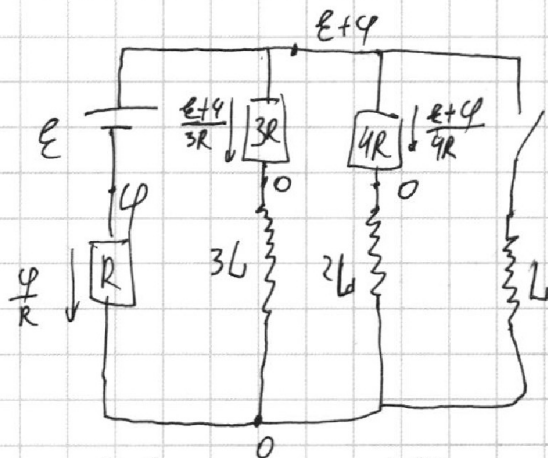
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

1.



В установившемся состоянии ток на катушках не течет,
поэтому на них напряжение 0.

Расставлю потенциалы

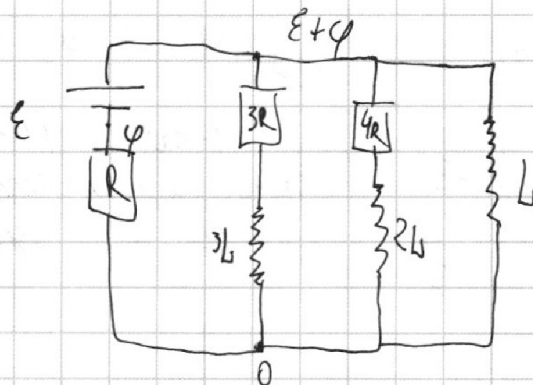
$$\frac{\varphi}{R} + \frac{E+\varphi}{3R} + \frac{E+\varphi}{4R} = 0 \quad | \cdot 12R$$

$$3\varphi + 4\varphi + 12\varphi + 4E + 3E = 0$$

$$\cancel{\frac{\varphi}{R}} \quad \varphi = -\frac{7}{19} E$$

Ток через $3R$: $\frac{E+\varphi}{3R} = \frac{E - \frac{7}{19}E}{3R} = \frac{12}{19 \cdot 3} \frac{E}{R} = \boxed{\frac{4}{19} \frac{E}{R}}$

2. Сразу после замыкания ключа. Ток на катушках равномерно
растет.



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!

$$3L \cdot \dot{I}_3 + 3R I_3 = L \dot{I}_1 \quad - \text{приравняв 1 и 2 уравн.}$$

$$3L \frac{dI_3}{dt} + 3R \cdot \frac{dq_3}{dt} = L \cdot \frac{dI_1}{dt}$$

$$3L dI_3 + 3R dq_3 = L dI_1 \quad - \text{Суммируем от } t = \text{замкн. кн.} \\ \text{до } t \rightarrow \infty$$

$$3L \left(\frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right) + 3R (q_3 - 0) = L \left(\frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right)$$

$$3L \cdot \left(0 - \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} \right) + 3R (q_3 - 0) = L \cdot \left(\frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right)$$

$$3R q_3 = \frac{\mathcal{E} L}{R} \left(\frac{12}{19} + 1 \right)$$

$$q_3 = \frac{\mathcal{E} L}{R} \cdot \frac{12+19}{19 \cdot 3R} = \frac{\mathcal{E} L}{R^2} \cdot \frac{31}{57}$$

Ответ:

1. $\frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$
2. $\frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}$
3. $\frac{31}{57} \frac{\mathcal{E} L}{R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

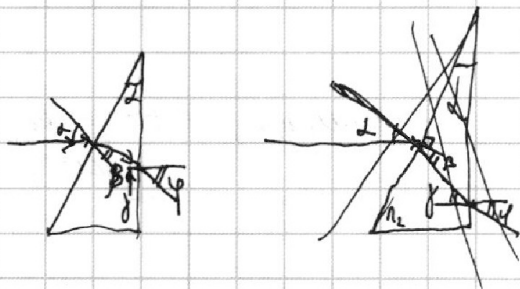
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



1. Учитывая, что $n_1 = n_2$ преломления на ^{левой} грани не будет.



$$1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

α - мал

$$\alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

тогда β мал

$$\beta = \frac{\alpha}{n_2}$$

$$\gamma = 90^\circ - (180^\circ - \alpha - (90^\circ - \beta)) = \alpha + \beta \text{ - мал}$$

$$n_2 \cdot \sin \gamma = 1 \cdot \sin \varphi$$

$$n_2 \cdot \left(\alpha + \frac{\alpha}{n_2} \right) = 1 \cdot \sin \varphi$$

мало $\Rightarrow \varphi$ - мало

$$n_2 \cdot \alpha + \alpha = \varphi$$

$$\boxed{\varphi = \alpha (n_2 + 1)} = 0,1 \cdot (1,75 + 1) = 0,275 \approx 0,28$$

2. Лучу 2 перпендикулярный луч. он падает под углом $\alpha + \alpha$ к нормали.

$$\text{тогда } \varphi(\alpha + \alpha) = (\alpha + \alpha) (n_2 + 1)$$

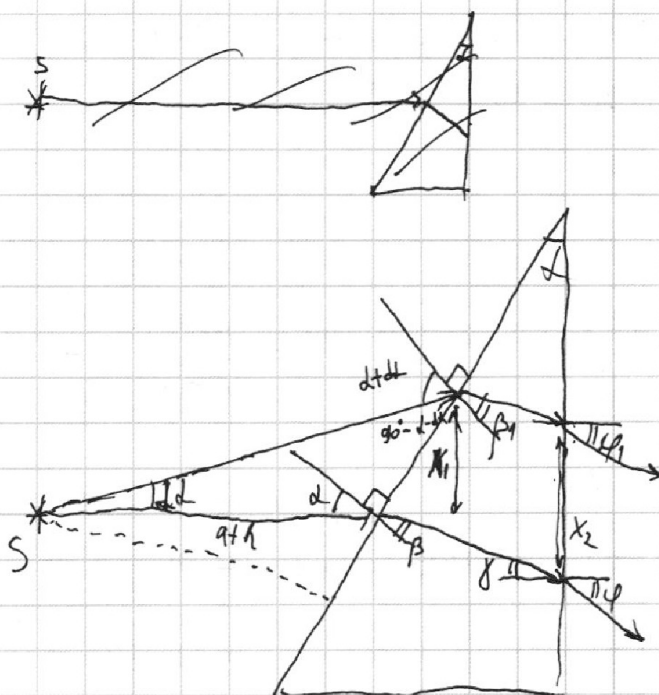
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

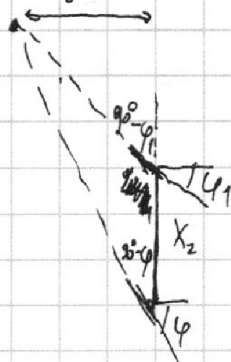


$$\beta_1 = \frac{d + dd}{n_2}$$

$$\varphi_1 = (d + dd)(n_2 + 1)$$

$$x_1 = (d + h) \cdot dd$$

$$x_2 \approx x_1 \text{ т.к. малая точка}$$



$$\frac{b \cdot}{\tan(90^\circ + \varphi_2)} - \frac{b \cdot}{\tan(90^\circ + \varphi_1)} = x_2$$

$$b \cdot \frac{\tan(90^\circ + \varphi_2) - \tan(90^\circ + \varphi_1)}{\tan^2(90^\circ + \varphi)} = (d + h) dd$$

$$b \cdot \frac{\Delta \varphi}{\cos^2 \varphi \cdot \tan(90^\circ + \varphi)} = (d + h) dd$$

производная

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!



$$b. \frac{\cancel{\lambda} (n_2 - 1)}{\cos^2(\cancel{\gamma}) \cdot \tan(90^\circ + \varphi)} = (a+h) \cdot \cancel{\lambda}$$

$\swarrow$
 $\varphi = \text{max}$

$$b = \frac{a+h}{n_2 - 1} \cdot \tan(90^\circ + \varphi) = \frac{a+h}{n_2 - 1} \cdot (-\cancel{\lambda} (n_2 - 1)) =$$

$$= -\lambda \cdot (a+h), \text{ т.е. изображение будет справа, а не}$$

~~слева, как я предполагал~~

$$S = a + h + |b| = 104 + 0,1 \cdot (104) = 104 + 10,4 = 114,4 \text{ см}$$

3. Все тоже самое, только $n_1 \lambda = n_2 \beta$

$$\cancel{\gamma = \left(\frac{n_1 - 1}{n_2 - 1} \right) \lambda} \quad \gamma = \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) \lambda$$

$$\cancel{\varphi = n_2 \cdot \left(\frac{n_1 - 1}{n_2 - 1} \right) \lambda} \quad \varphi = (n_2 - n_1) \lambda$$

$$\cancel{\varphi = (n_1 - n_2) \lambda} \quad \varphi = (n_2 - n_1) \lambda$$

$$b. \frac{\lambda \gamma}{\cos^2 \gamma \cdot \tan(90^\circ + \gamma)} = (a+h) \cdot \lambda$$

$$b. \frac{\lambda (n_1 + n_2)}{-(\lambda + \lambda) (n_1 + n_2)} = (a+h) \lambda \Rightarrow b = -\lambda (a+h)$$

Ответ: 1. ~~0,07~~ 0,07

2. 114,4 см

3. 114,4 см

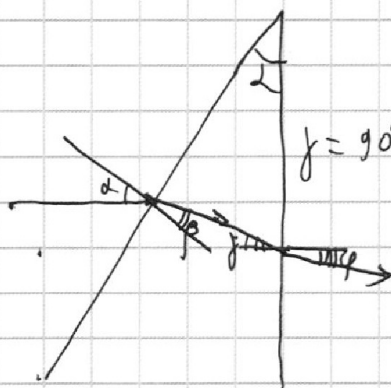
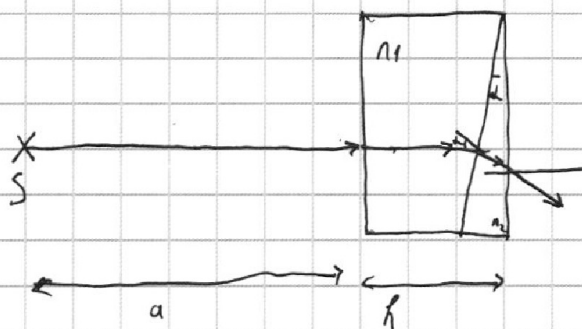
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$n_1 \cdot d = n_2 \beta - \text{закон синусуса}$$

$$\gamma = 90^\circ - \cancel{90^\circ} (d + (90^\circ - \beta)) =$$

$$= 90^\circ - (90^\circ + \beta - d) = d - \beta - \text{из геометрии}$$

$$\gamma = d \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$$

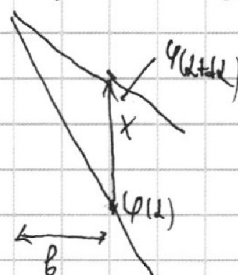
$$n_2 \gamma = n_1 \cdot \varphi$$

$$\varphi \cdot 1 = n_2 \cdot d \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$$

$$\varphi = d (n_2 - n_1)$$

$$\varphi(d) = d (n_2 - n_1)$$

$$\varphi(d+dd) = (d+dd) (n_2 - n_1)$$



$$x = d \cdot (h+a)$$

$$\text{имеем } b, \text{ где } S = a + h - b$$

сч. другие нити №5.



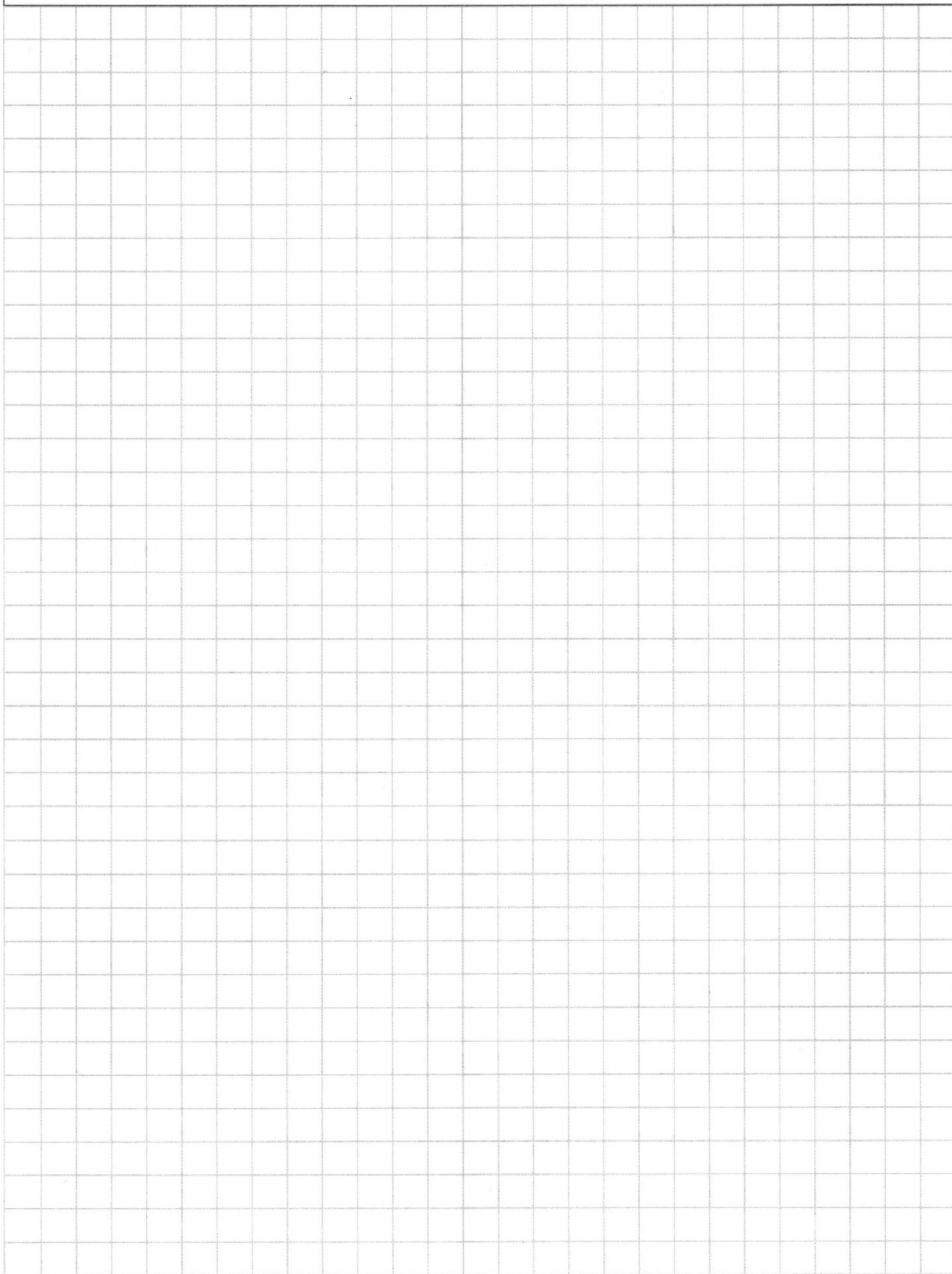
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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

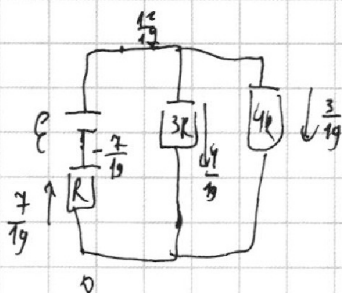
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{10}{35} = 0,4$$

$$K \cdot 25 = 600$$

$$K = 24$$

$$1500 \cdot 0,4 + 24 \cdot 10 =$$



$$\frac{7}{19} + \frac{12}{19}$$

$$\frac{12}{19} \frac{E}{R}$$

$$\frac{7}{19}$$

Черновик.

$$-\frac{4}{d} \frac{q}{m}$$

$$\frac{v^2 - v_0^2}{-2 \cdot \frac{4}{d} \frac{q}{m}} = \frac{\Delta}{4}$$

$$v^2 - v_0^2 = -\frac{2}{\cancel{4}} \frac{4}{\cancel{2}} \frac{q}{m}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{4q}{2m}}$$



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!