



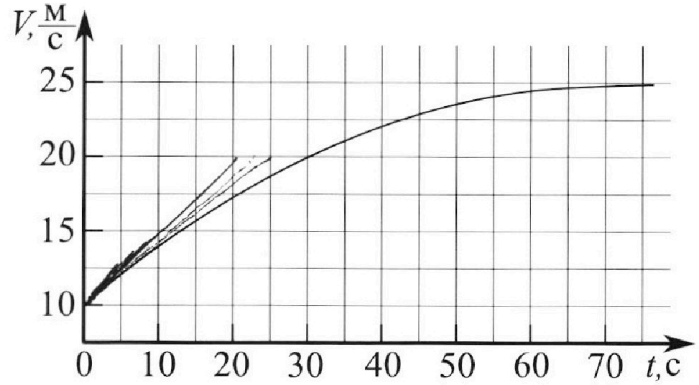
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.  $k a \epsilon$
- 2) Найти силу тяги  $F_0$  в начале разгона.  $n \cdot q - k v$
- 3) Какая мощность  $P_0$  передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

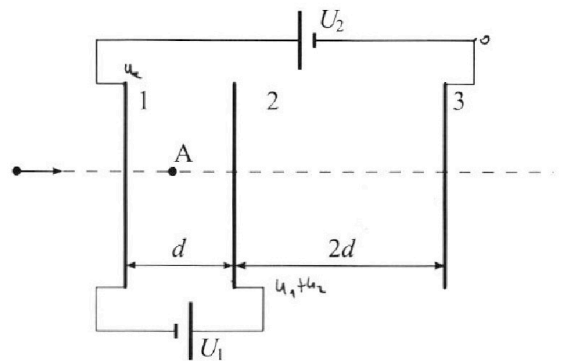
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  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  $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$  ( $P_{\text{ATM}}$  - 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  $\Delta v$  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/(м<sup>3</sup>·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.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) 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.



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



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

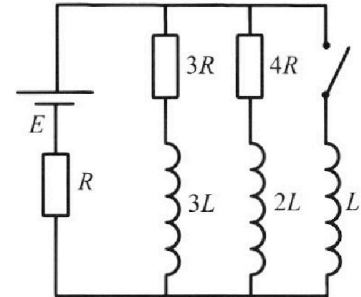


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

- 1) Найти ток  $I_{10}$  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 4 ислowymi 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.

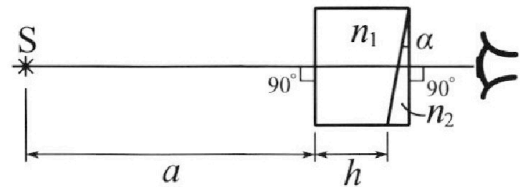


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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)

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

$$a = \frac{20 - 10}{25 - 0} = \frac{10}{25} = \frac{2}{5} \text{ м/с}^2$$

$$a = \frac{2}{5} \text{ м/с}^2$$

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:

$$m a = -k v(0) + F_0 \quad - \text{II закон Ньютона.}$$

$$F_0 = m a + k v(0)$$

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

~~$2600 \cdot 2$~~   
 ~~$\frac{240}{25}$~~

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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!



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)  $840 \text{ Н}$

3)  $8400 \text{ Вт}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

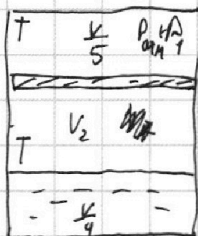
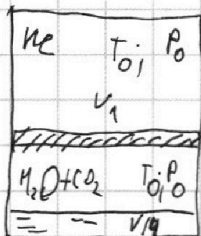
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



V



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

$$RT = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

$$\Delta U = k p V$$

Решение

Для He: уравнение Менделеева - Клапейрона:

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

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

(2)  $(P_0 + P_1) \cdot \frac{V}{5} = \int_{\text{He}} R T$  конец. ( $P_1$  - парциальное давление углекислого газа)

Для углекислого газа:

(3)  $\int_{\text{CO}_2} P_0 V_2 = k \cdot P_0 \cdot \frac{V}{4}$  - начало

Менд. - Клап.:  $P_0 (V - \frac{V}{4} - V_1) = \int_{\text{CO}_2} R T_0$

В конце:  $P_1$  - парциальное давление углекислого газа

(4)  $\int_{\text{CO}_2} P_1 V_2 = k \cdot P_1 \cdot (V - \frac{V}{5} - V_2)$

(5)  $P_1 \cdot V_2 = \int_{\text{CO}_2} R T$

Кол-во углекислого газа не изменилось, поэтому

(6)  $\int_{\text{CO}_2} P_0 V_2 + \int_{\text{CO}_2} P_1 V_2 = \int_{\text{CO}_2} P_0 V_2 + \int_{\text{CO}_2} P_1 V_2$

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:

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

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

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

Обозначу  $\frac{1}{T_0} = x$

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

$$x - \frac{11}{25} \cdot \frac{1}{x} = \frac{16 - 11 = 5}{20} + \frac{1}{10} KR T_0$$

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

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

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

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

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

$\frac{16}{25}$   
 $\frac{11}{25}$   
 $\frac{16}{25}$   
 $\frac{16}{25}$   
 $\frac{16}{25}$



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!



Чернолик для задачи

$$P_0 V_1 = \Delta_{\text{ке}} RT_0$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

$$P_0 (V - V_1 - \frac{V}{4}) = \Delta_{\text{перев}} RT_0$$

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

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

$$\Delta_{\text{ум пера в 2}} = k P_1 \cdot (V - \frac{V}{5} - \frac{11}{20} V) = k P_1 \cdot V \cdot \frac{1}{4} \quad (+)$$

$$P_1 \cdot \frac{11}{20} V = \Delta_{\text{ум пера в 2}} RT$$

$$\frac{\Delta_{\text{ке}}}{2} + \Delta_{\text{ум пера в 1}} = \Delta_{\text{ум пера в 1}} + \Delta_{\text{ум пера в 2}}$$

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

$$\frac{P_1}{P_0} = 2 \cdot \frac{\Delta_{\text{ум пера в 2}}}{\Delta_{\text{ке}}} \Rightarrow \Delta_{\text{ум пера в 2}} = \frac{\Delta_{\text{ке}}}{2} \cdot \frac{P_1}{P_0}$$

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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!

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

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

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
<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!



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

Итак, 
$$\begin{cases} p_0 \cdot \frac{V}{2} = \sum n_i R T_0 \\ p_0 \left( V - \frac{V}{4} - \frac{V}{2} \right) = \sum n_i \cdot \text{кераств}_i R T_0 \end{cases}$$

$$\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{4}} = \frac{\sum n_i}{\sum n_i \cdot \text{кераств}_i}$$

$$\frac{\sum n_i}{\sum n_i \cdot \text{кераств}_i} = 2$$

д) для земли:

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

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

В итоге черновик для задачи 2 с решением см. ниже.

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

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

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!

$$T_0 = \frac{25 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 373^2 + 45 \cdot 373}{44 + 30 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 373} =$$
$$= \frac{373 \cdot 373 \cdot 10^{-1} + 45 \cdot 373}{44 + 125 \cdot 10^{-3} \cdot 373} =$$

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

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

Думаю, я где-то ошибся в вычислениях, т.к. при такой  $T_0$  нельзя пренебрегать давлением пара

Ответ: 1) 2

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

$$\frac{125}{8,31}$$
$$12,5 \cdot 0,3 =$$
$$= 964 + 0,3 \cdot 13 =$$
$$= 100 + 45 \approx 109$$
$$15 \cdot 0,3 = 1045$$
$$\begin{array}{r} 13 \\ 125 \\ \hline 370 \\ + 8750 \\ \hline 375 \\ \hline 46250 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



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

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

$$\frac{\frac{k}{8} + \frac{1}{8RT_0}}{\frac{k}{4} + \frac{11}{20RT}} = \frac{\frac{kRT_0 + 1}{8RT_0}}{\frac{20kRT + 44}{80RT}} = \frac{(kRT_0 + 1) \cdot 80RT}{8RT_0 \cdot (20kRT + 44)} =$$

$$= \frac{(kRT_0 + 1) \cdot 10T}{T_0(20kRT + 44)}$$

$$5T = 4T_0 + T_0 \cdot \frac{(kRT_0 + 1) \cdot 10T}{T_0(20kRT + 44)} \cdot (5kRT + 11)$$

$$5T(5kRT + 11) = (kRT_0 + 1) \cdot 10T + 4T_0 \cdot (5kRT + 11)$$

$$25kRT^2 + 55T = 10kRT_0 \cdot T + 10T + 20kRTT_0 + 44T_0$$

$$= T_0(10kRT)$$

$$25kRT^2 + 55T = 30kRTT_0 + 44T_0$$

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

этот ответ больше похож  
на правду, чем предыдущий

поэтому при проверке ориентируйтесь на этот вариант

решения все то же самое с другой системой, но я ошибся  
решая систему

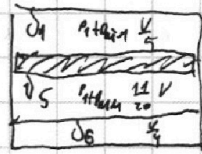
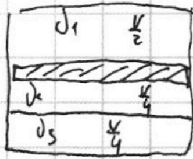
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



пере решившие  
системы:

$$J_2 + J_3 = J_5 + J_6$$

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = J_1 RT_0$$

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = J_2 RT_0$$

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

$$(P_1 + P_{\text{атм}}) \frac{V}{5} = J_1 RT$$

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

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

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

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

$$\left\{ \frac{P_{\text{атм}} V}{8 RT_0} + k \frac{P_{\text{атм}} V}{8} = \frac{k P_1 V}{4} + \frac{P_1 \cdot \frac{11V}{20}}{RT} \right\} \cdot P_{\text{атм}} V$$

$$\frac{J_1 RT}{J_2 RT_0} = \frac{(P_1 + P_{\text{атм}}) \frac{V}{5}}{\frac{P_{\text{атм}} V}{4}}$$

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

$$\left. \frac{T}{T_0} = \left( \frac{P_1}{P_{\text{атм}}} + 1 \right) \cdot \frac{4}{5} \right.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

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

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

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

$$\frac{v_2^2 - v_0^2}{2 a_{12x}} = x_0 \quad \text{— формула равно ускоренного движения.}$$

$$\frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = m a_{12x} \cdot x_0$$

$$K_1 - K_2 = -m a_{12x} x_0 = m x_0 \cdot \frac{U}{x_0} \cdot \frac{q}{m} = U \cdot q$$

3. 
$$\frac{v_A^2 - v_0^2}{2 a_{12x}} = \frac{x_0}{q} \quad \text{— ПУД}$$

$$v_A^2 = v_0^2 + \frac{a_{12x} \cdot x_0}{2} = v_0^2 - \frac{U}{x_0} \cdot \frac{q}{m} \cdot \frac{x_0}{2}$$

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

Ответ: 1.  $\frac{Uq}{d \cdot m}$

2.  $U \cdot q$

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



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

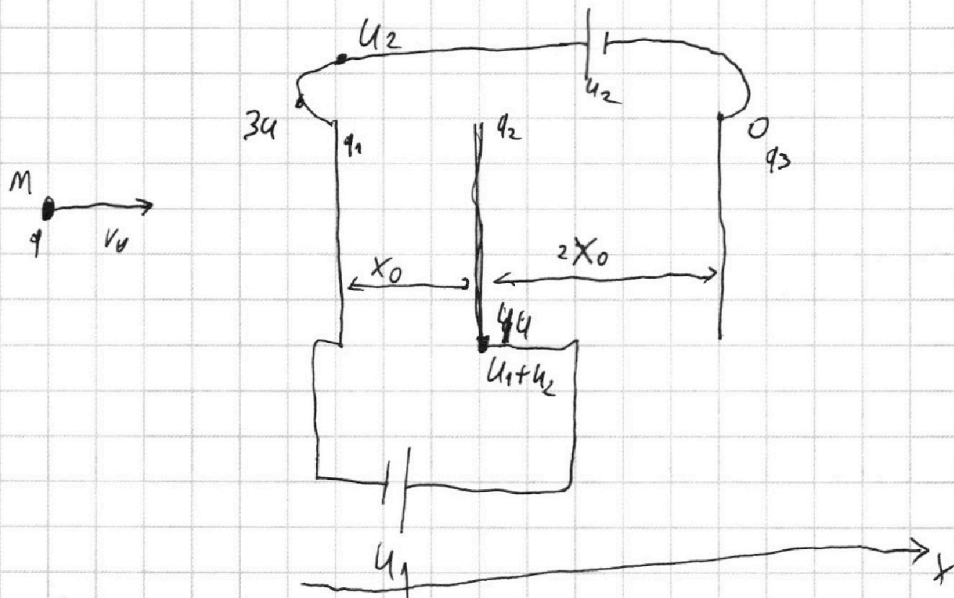
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



переобозначить на  $x_0$ , чтобы не спутать с функцией если он будет нужен.

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

ЗСЗ:  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ .

$$\left( \frac{q_1}{25\epsilon_0} - \frac{q_2}{25\epsilon_0} - \frac{q_3}{25\epsilon_0} \right) \cdot x = 3U - U_4$$

$$\left( \frac{q_1}{25\epsilon_0} + \frac{q_2}{25\epsilon_0} - \frac{q_3}{25\epsilon_0} \right) \cdot 2x = 3U - 0$$

~~$$-\frac{2q_3}{25\epsilon_0} \cdot 2x = 3U$$~~

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

$$E_{12} \cdot x = \frac{3U - U_4}{x_0} = -\frac{U}{x_0}$$

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

$$(q_1 + q_2 = -q_3 \text{ из (1)})$$

$q$ -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 изменится.

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  $\mathcal{E} + \varphi = \frac{12}{19} \mathcal{E}$

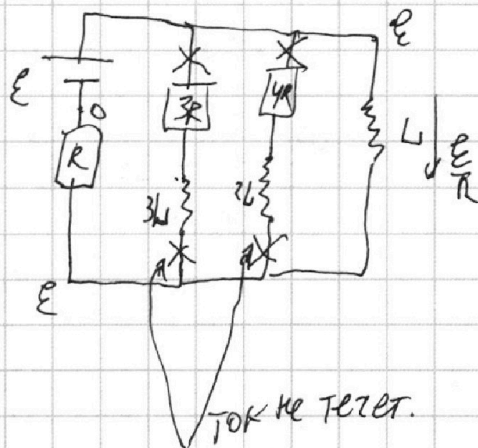
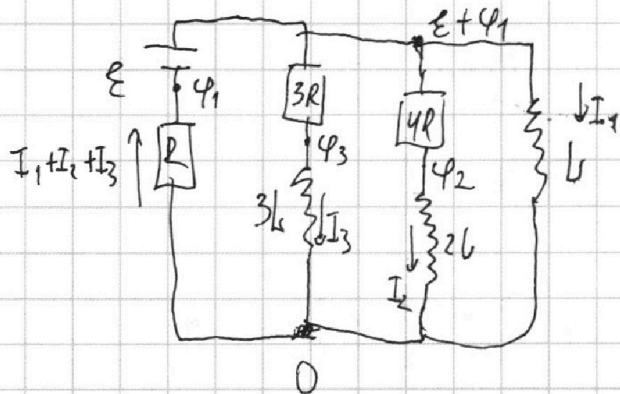
$$L \dot{I}_L = \frac{12}{19} \mathcal{E}$$

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

3.

при увеличении момента

установивш. состоянии



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

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

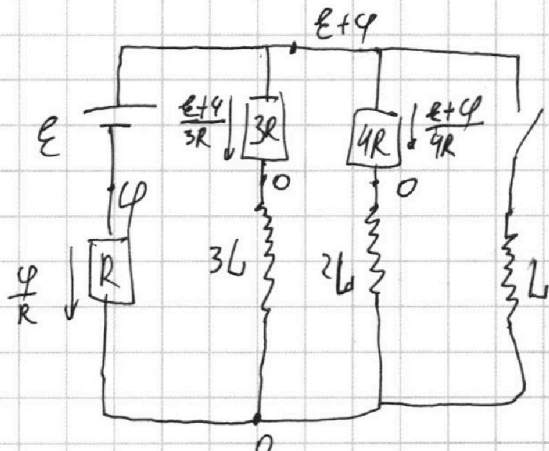
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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 течёт, поэтому на них напряжение 0.

Расставлю потенциалы

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

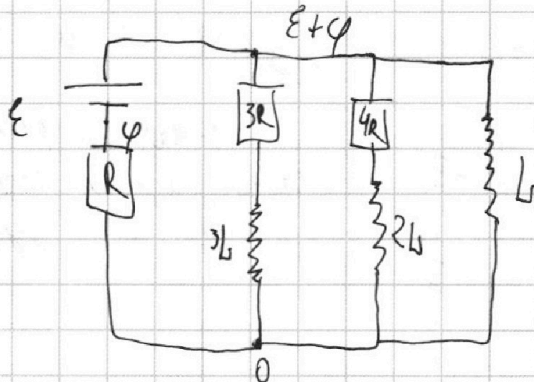
$$3\varphi + 4\varphi + 12\varphi + 4E + 3E = 0$$

~~$$\varphi = -\frac{7}{19} E$$~~

$$\varphi = -\frac{7}{19} E$$

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 мгновенно не течёт.





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!

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

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

$$3L dI_3 + 3R dq_3 = L dI_1 - \text{Суммируем от } t = \text{замкн. кнжк.}$$

$q_0 \rightarrow \infty$

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

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

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

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

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:

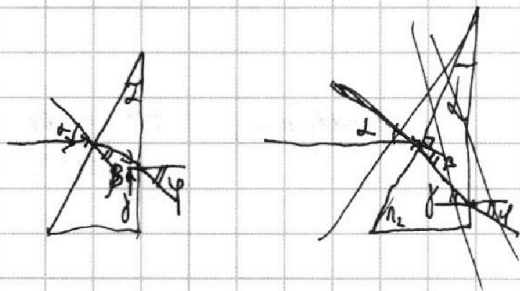
1  2  3  4  5  6  7

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 границе <sup>левой</sup> не будет.



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

$\alpha$  - мал

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

тогда  $\beta$  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

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

$$\boxed{\varphi = \alpha (n_2 + 1)} = 0,1 \cdot (1,7 + 1) = 0,27$$

2. Лучи 2 параллельный луч. он падает под углом  $\alpha + \alpha$  к нормали.

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

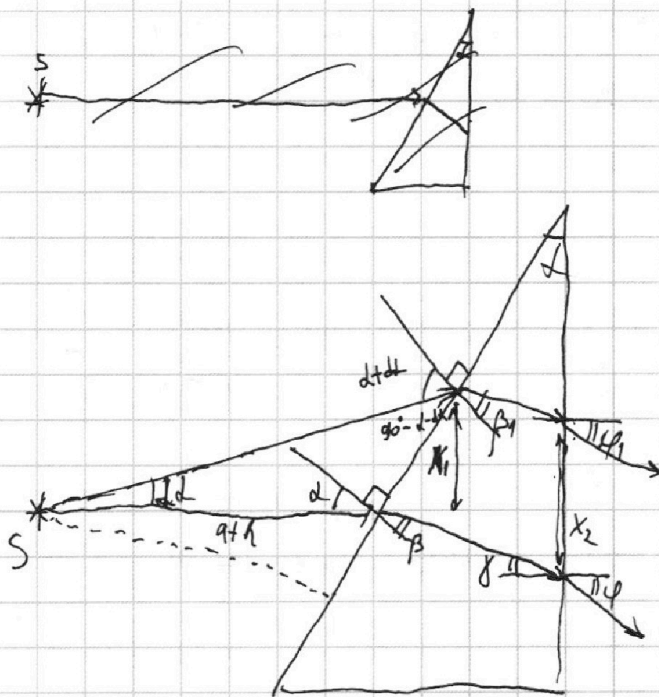
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

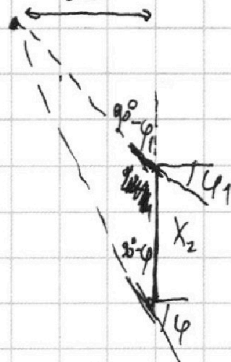


$$\beta_1 = \frac{d+d\alpha}{n_2}$$

$$\varphi_1 = (d+d\alpha)(n_2 - 1)$$

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

$x_2 \approx x_1$  т.к. малая точка



$$b \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}(90^\circ + \varphi_2)} - \frac{b}{\operatorname{tg}(90^\circ + \varphi_1)} = x_2$$

$$b \cdot \frac{\operatorname{tg}(90^\circ + \varphi_1) - \operatorname{tg}(90^\circ + \varphi_2)}{\operatorname{tg}^2(90^\circ + \varphi_1)} = (d+h) d\alpha$$

$$b \cdot \frac{\Delta \varphi_2}{\cos^2 \varphi_2 \cdot \operatorname{tg}(90^\circ + \varphi_1)} = (d+h) d\alpha$$

происхождение



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!



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

1  
φ-нал

$$b = \frac{a+h}{n_2 - 1} \cdot \text{tg}(90^\circ + \varphi) = \frac{a+h}{n_2 - 1} \cdot (-d(n_2 - 1)) =$$

=  $-d \cdot (a+h)$ , т.е. изображение будет справа, а не  
слева, как я предполагал

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

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

$$\beta = \frac{n_1}{n_2} d \quad \beta = (1 - \frac{n_1}{n_2}) d$$

$$\varphi = n_2 \cdot \frac{n_1}{n_2} d$$

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

$$b. \frac{\Delta y}{\cos^2 \varphi \cdot \text{tg}(90^\circ + \varphi)} = (a+h) \cdot d$$

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

Ответ: 1. ~~0,07~~ 0,07

2. 114,4 см

3. 114,4 см

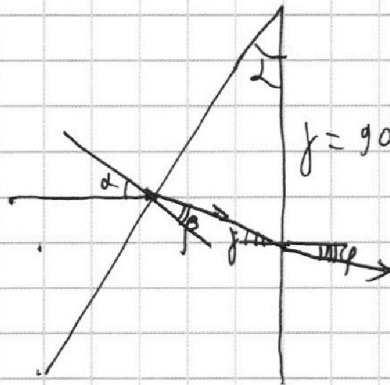
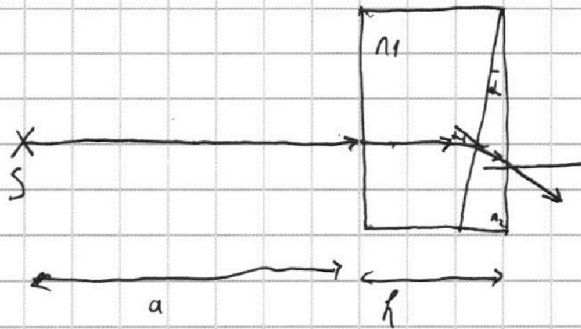
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$n_1 \cdot d = n_2 \beta$  - закон Снеллиуса

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

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

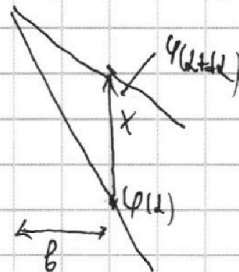
$n_2 \beta = n_1 \cdot \phi$

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

$\phi = d (n_2 - n_1)$

$\phi(x) = d (n_2 - n_1)$

$\phi(d+d) = (h+d) (n_2 - n_1)$



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

имеем  $b$ , где  $S = a+h-b$

ст. другие листы №5.



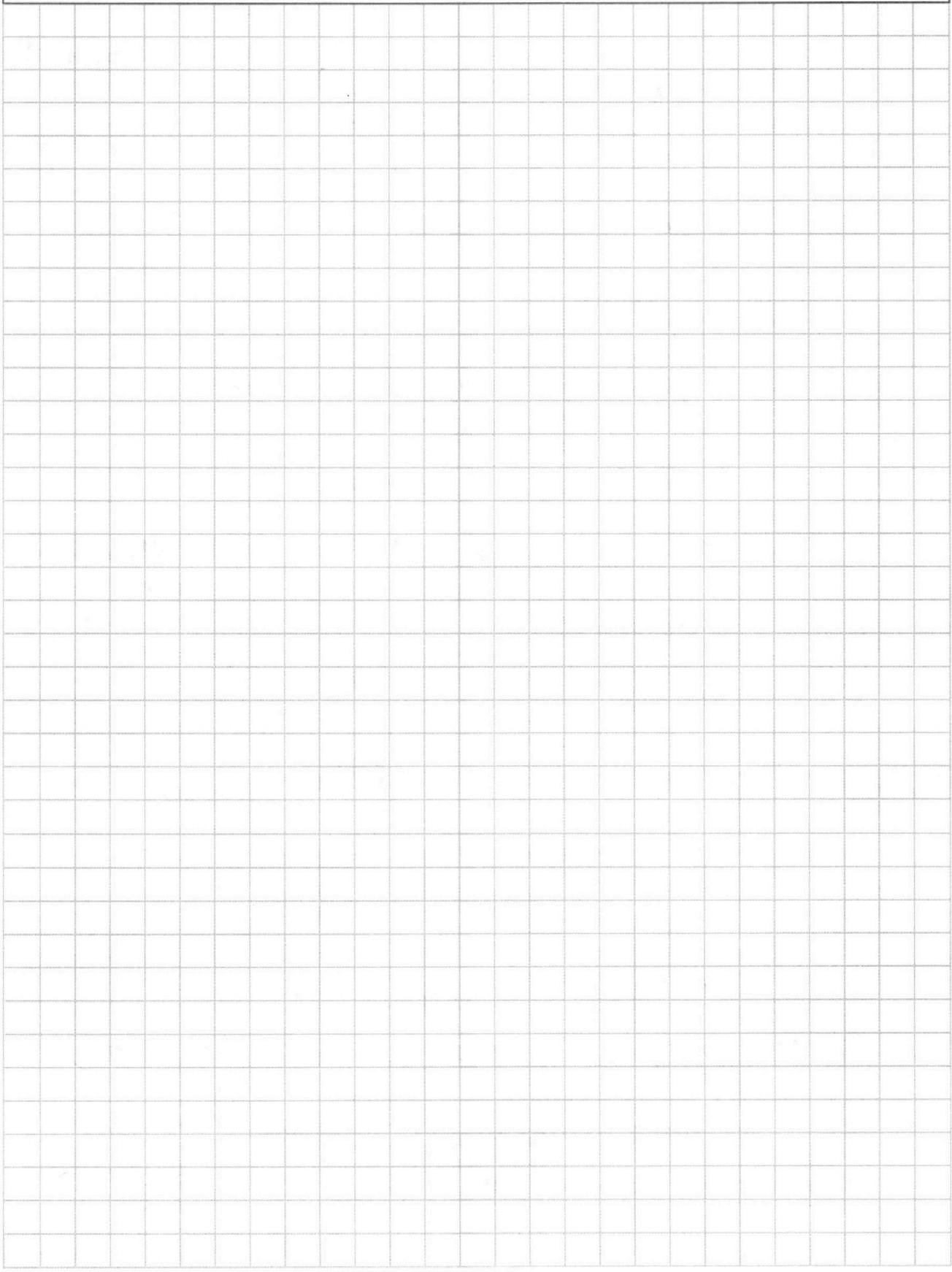
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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



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



$\frac{10}{25} = 0,4$    
 ~~2~~ ~~3~~ ~~4~~ ~~5~~   
 Черновик.

~~KD~~  $K \cdot 25 = 600$

$K = 24$

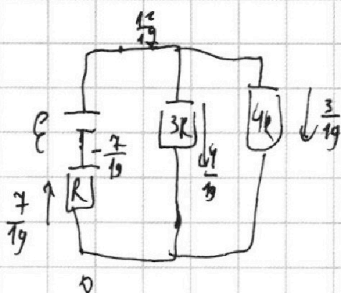
$1500 \cdot 0,4 + 24 \cdot 10 =$

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

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

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

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



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

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

$\frac{7}{19}$

