



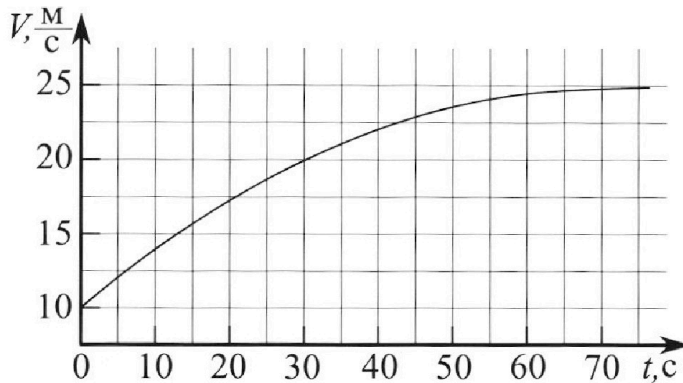
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

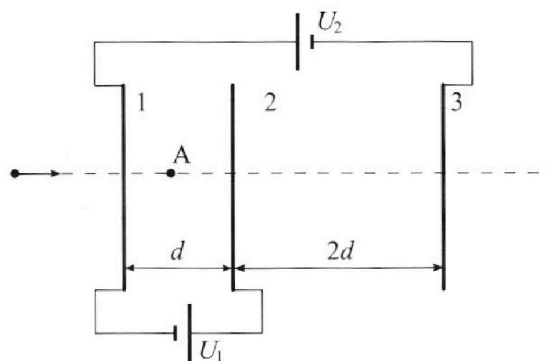
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. 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.

- 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 A на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

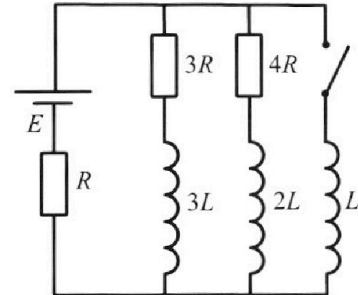
Вариант 11-03

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

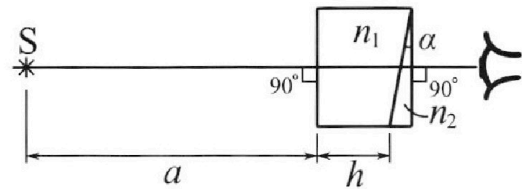
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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.



- 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.

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!



$\sqrt{1}$

$m = 1500 \text{ кг}$

$F_k = 600 \text{ Н}$

1) $a_0 = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $P_0 = ?$

1) ~~$a_0 = ?$~~ $a = \frac{dv}{dt}$

Проведем касательную к графику в точке $t = 0$

заменим, что угловой коэффициент этой прямой примерно
равен $\frac{15 \text{ м/с} - 10 \text{ м/с}}{10 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}^2$.

$a_0 \approx 0,5 \text{ м/с}^2$

2) Пусть F - сила тяги двигателя, $F_{\text{сопр.}} \approx kv$ - сила сопротивления, $k = \text{const.}$

Второй закон Ньютона:

$F - F_{\text{сопр.}} = ma$

$F - kv = ma$

Когда автомобиль перестанет разгоняться $F_k - kv_k = 0$

$v_k \approx 25 \text{ м/с}$

$k = \frac{F_k}{v_k}$

В начальный момент времени $F_0 - \frac{F_k}{v_k} v_0 = ma_0$ ($v_0 \approx 10 \text{ м/с}$).

$F_0 = \frac{F_k}{v_k} v_0 + ma_0 = \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} \cdot 10 \text{ м/с} + 1500 \text{ кг} \cdot 0,5 \text{ м/с}^2 \approx 240 \text{ Н} + 750 \text{ Н} = 990 \text{ Н}$

3) $P_0 = F_0 \cdot \frac{dx}{dt} = F_0 v_0 \approx 990 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м/с} \approx 9,9 \text{ кВт}$

Ответ: $0,5 \text{ м/с}^2$; 990 Н ; $9,9 \text{ кВт}$.

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!

$$\sqrt{2}$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

$$T = 373 \text{ K}$$

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

В процессе нагрева азота ~~вытесним~~
до увеличения пара.

$$V(\text{CO}_2)_0 = \frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$$

$$V(\text{CO}_2)_1 = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11V}{20}$$

$V/2$	$V/5 \text{ He}$
He	$\frac{11V}{20} \text{ CO}_2$
$V/4 \text{ CO}_2$	$V/4 \text{ He}$
$-V/4 \text{ He}$	

~~Неверно, т.к. не учтено~~

После нагрева:

$$\text{CO}_2: P \cdot \frac{11V}{20} = (J_{\text{CO}_2} + \Delta J) RT$$

$$\text{He}: P \cdot \frac{V}{5} = J_{\text{He}} RT$$

$$\Delta J = k P_0 \frac{V}{4}$$

1.) Решим уравнения попарно:

$$\begin{cases} \frac{P}{P_0} \cdot \frac{11}{5} = \frac{J_{\text{CO}_2} + \Delta J}{J_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{T}{T_0} \\ \frac{P}{P_0} \cdot \frac{2}{5} = \frac{T}{T_0} \end{cases}$$

$$\frac{P}{P_0} \cdot \frac{11}{5} = \frac{J_{\text{CO}_2} + \Delta J}{J_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{P}{P_0}$$

$$\frac{J_{\text{CO}_2} + \Delta J}{J_{\text{CO}_2}} = \frac{55}{8} \quad \frac{J_{\text{CO}_2} + \Delta J}{J_{\text{CO}_2}} = \frac{11}{2}$$

$$\frac{\Delta J}{J_{\text{CO}_2}} = \frac{55}{8} - \frac{11}{2} = \frac{9}{2}$$

$$\frac{\Delta J}{J_{\text{CO}_2}} = \frac{47}{8}$$

$$J_{\text{CO}_2} = \frac{8}{47} k P_0 \frac{V}{4} = \frac{2}{47} k P_0 V$$

$$J_{\text{CO}_2} = \frac{2}{9} k P_0 \frac{V}{4} = \frac{k P_0 V}{18}$$

Неверно, т.к. не учтено
вытеснение пара! См. другой лист.

До нагрева:

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = J_{\text{CO}_2} R T_0$$

$$P_0 \cdot \frac{V}{2} = J_{\text{He}} R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{J_{\text{He}}}{J_{\text{CO}_2}} = 2$$

2.) Попробуем J_{CO_2} :

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{2}{47} k P_0 V R T_0$$

$$k R T_0 = \frac{47}{8} \cdot 18$$

$$T_0 = \frac{47}{8 k R} = \frac{47}{8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3} \text{ K}$$

$$= \frac{47000}{8,3 \cdot 4} \text{ K} = \frac{11750}{8,3} \text{ K} = \frac{117500}{83} \text{ K}$$

$$R T_0 = \frac{18}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 36000 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{R T}{R T_0} = \frac{36000}{3000} = 12$$

~~Ответ: 1) 2; 2) 12.~~

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!

После нагрева:

p_n - давление водяного пара. Пар насыщенный, $T = 373K \Rightarrow p_n = 100 \text{ кПа}$.

Тогда давление $p_{\text{ср}}$ после нагрева равно $p - p_n$.

$$\text{CO}_2: (p - p_n) \cdot \frac{11}{20} V = (\nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu) RT$$

$$\text{He: } p \cdot \frac{V}{5} = \nu_{\text{He}} RT$$

$$\Delta \nu = k p_0 \frac{V}{4}$$

$$\begin{cases} \frac{p - p_n}{p_0} \cdot \frac{11}{5} = \frac{\nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu}{\nu_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{T}{T_0} \\ \frac{p}{p_0} \cdot \frac{2}{5} = \frac{T}{T_0} \end{cases}$$

$$p = \frac{p_n}{2} = 50 \text{ кПа} \Rightarrow \frac{p_n}{p_0} = 2.$$

$$\left(\frac{p}{p_0} - \frac{p_n}{p_0} \right) \cdot \frac{11}{5} = \frac{\nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu}{\nu_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{p_n}{p_0} \cdot \frac{2}{5} \quad \nu_{\text{CO}_2} = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$$

$$\frac{p}{p_0} \left(\frac{p}{p_0} - 2 \right) \cdot \frac{11}{5} = \frac{\nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu}{\nu_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$\left(\frac{5}{2} \cdot \frac{T}{T_0} - 2 \right) \cdot \frac{11}{5} = \frac{\nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu}{\nu_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{11}{5} \left(\frac{5T}{2T_0} - 2 \right) = \left(1 + \frac{4 \Delta \nu R T_0}{p_0 V} \right) \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{11}{5} \left(\frac{5T}{2T_0} - 2 \right) = \frac{T}{T_0} + \frac{4 \Delta \nu R T}{p_0 V}$$

$$\frac{11T}{2T_0} - \frac{22}{5} = \frac{T}{T_0} + \frac{4 k p_0 \frac{V}{4} T R}{p_0 V}$$

$$\frac{9T}{2T_0} = \frac{22}{5} + k R T$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{44}{45} + \frac{2 k R T}{9} = \frac{44}{45} + \frac{2}{9} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^8 = \frac{44}{45} + \frac{1}{3} = \frac{59}{45}$$

Ответ: 1) 2; 2) $\frac{59}{45}$.

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!



№ 3

Обозначим координаты относительно центра
верхней батареи.

d

U

m

q

V₀

1) Считая что поле E₁ и

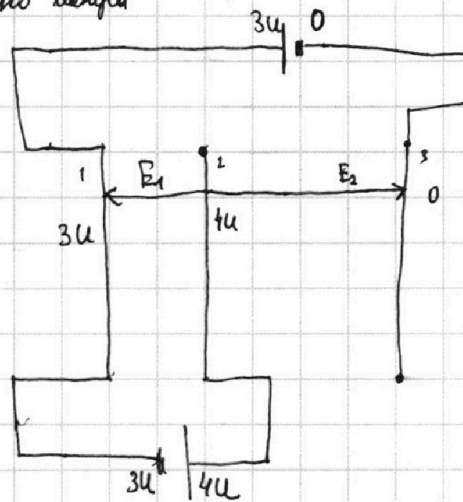
E₂ однородны, запишем второй
закон Ньютона для частицы в
поле E₁:

$$F_e = ma$$

$$E_1 q = ma$$

$$a = \frac{E_1 q}{m} = \frac{U q}{d m}$$

$$E_1 = \frac{4U - 3U}{d} = \frac{U}{d}$$



2) $K_1 = K_2 + A$ - где A - работа поля E₁ по перемещению
частицы.

$$K_1 - K_2 = A$$

$$A = E_1 q d = U q$$

$$K_1 - K_2 = U q$$

3) Считая, что q много меньше зарядов сеток, будем пренебрегать
взаимодействием сетки 1 и частицы до попадания в поле E₁.

Закон сохранения энергии:

$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_A^2}{2} + E_1 q \cdot \frac{d}{4}$$

$$m V_0^2 = m V_A^2 + \frac{U q}{4}$$

$$V_A^2 = \frac{m V_0^2 - \frac{U q}{4}}{m} = \frac{4 m V_0^2 - U q}{4 m}$$

$$V_A = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4 m V_0^2 - U q}{m}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

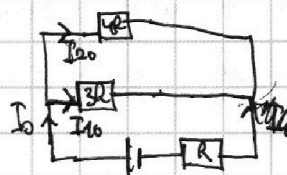
МФТИ

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

$\sqrt{4}$
L
E
R

1) В установившемся режиме катушки индуктивности аналогичны проводникам.

$$\begin{cases} I_0 = I_{10} + I_{20} \\ I_0 = \frac{E}{\frac{4R \cdot 3R}{4R + 3R} + R} = \frac{7E}{19R} \\ \frac{I_{10}}{I_{20}} = \frac{4R}{3R} = \frac{4}{3} \end{cases}$$



$$I_{20} = \frac{3}{4} I_{10}$$

$$I_0 = \frac{7}{4} I_{10}$$

$$\frac{7E}{19R} = \frac{7}{4} I_{10}$$

$$I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

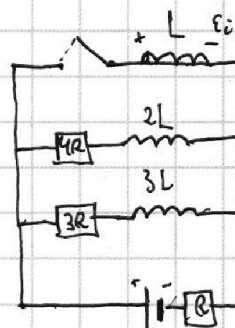
2) В момент замыкания ключа ток в цепи не изменяется (так I_{10} через L равен 0).

$$\mathcal{E}_i - IR - I_0 R = 0$$

$$\mathcal{E}_i = E - I_0 R = E - \frac{7}{19} E = \frac{12}{19} E$$

$$L \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{12}{19} E$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L}$$



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!

№5

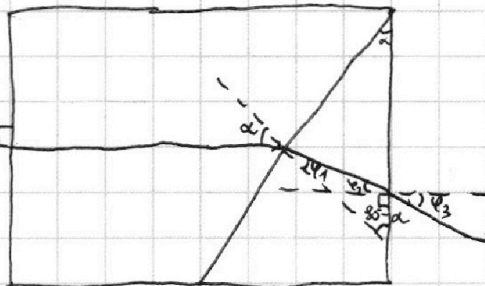
1.)

$$\alpha = 0,1$$

$$n_1 = n_2 = 1$$

$$n_2 = 1,7$$

Угол падения на
линн равен α
(лучи с взаимно
перпендикулярными
сторонами).



$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \varphi_1$$

$$\alpha = n_2 \varphi_1$$

$$\varphi_1 = \frac{\alpha}{n_2}$$

$$\varphi_1 + 90^\circ - \alpha + 90^\circ + \varphi_2 = 180^\circ$$

$$\alpha = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$\varphi_2 = \alpha - \varphi_1 = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$$

$$n_2 \sin \varphi_2 = n_2 \sin \varphi_3$$

$$n_2 \varphi_2 = \varphi_3$$

$$\varphi_3 = \alpha(n_2 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07$$

2.)

Рассмотрим луч, идущий под углом α к левой грани.

Преломления в призме n_1 не преломится

($n_1 = n_2$), на призму n_2
луч падает нормально,
т.е. не преломляется.



На правой грани луч падает
под углом α , выходит под углом
 $\varphi = n_2 \alpha$ (см. рисунок на другой стороне).

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!

Требуется вычислить угол
до пересечения в т.к. (изображение).

Введем оси Sxy , абсциссы
или как прямые b и c .

Прямая b : $y = k_1 x + c_1$

$$k_1 = -\tan(\alpha(n_2 - 1)) \approx -\alpha(n_2 - 1)$$

$$k_1(a+h) + c_1 = 0$$

$$c_1 = -k_1(a+h)$$

$$y = k_1 x - k_1(a+h) = -\alpha(n_2 - 1)(x + (a+h))$$

Прямая c : $y = k_2 x + c_2$

$$k_2 = -\tan(\alpha n_2) \approx -\alpha n_2$$

$c_2 = 0$ (проходит через начало координат)

$$y = -\alpha n_2 x$$

$$\begin{cases} y = -\alpha n_2 x \\ y = -\alpha(n_2 - 1)(x + (a+h)) \end{cases}$$

$$-\alpha n_2 x = -\alpha(n_2 - 1)(x + (a+h))$$

$$-\alpha n_2 x = \alpha x - \alpha n_2 x + \alpha(a+h) - \alpha n_2(a+h)$$

$$\alpha x = \alpha n_2(a+h) - \alpha(a+h)$$

$$x = (n_2 - 1)(a+h)$$

$$y = -\alpha n_2(n_2 - 1)(a+h)$$

$$\text{Расстояние } r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(n_2 - 1)^2(a+h)^2 + \alpha^2 n_2^2(n_2 - 1)^2(a+h)^2}$$

$$= (n_2 - 1)(a+h) \sqrt{1 + \alpha^2 n_2^2} = 1,6 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{1 + 0,01 \cdot 1,7^2} \text{ см}$$



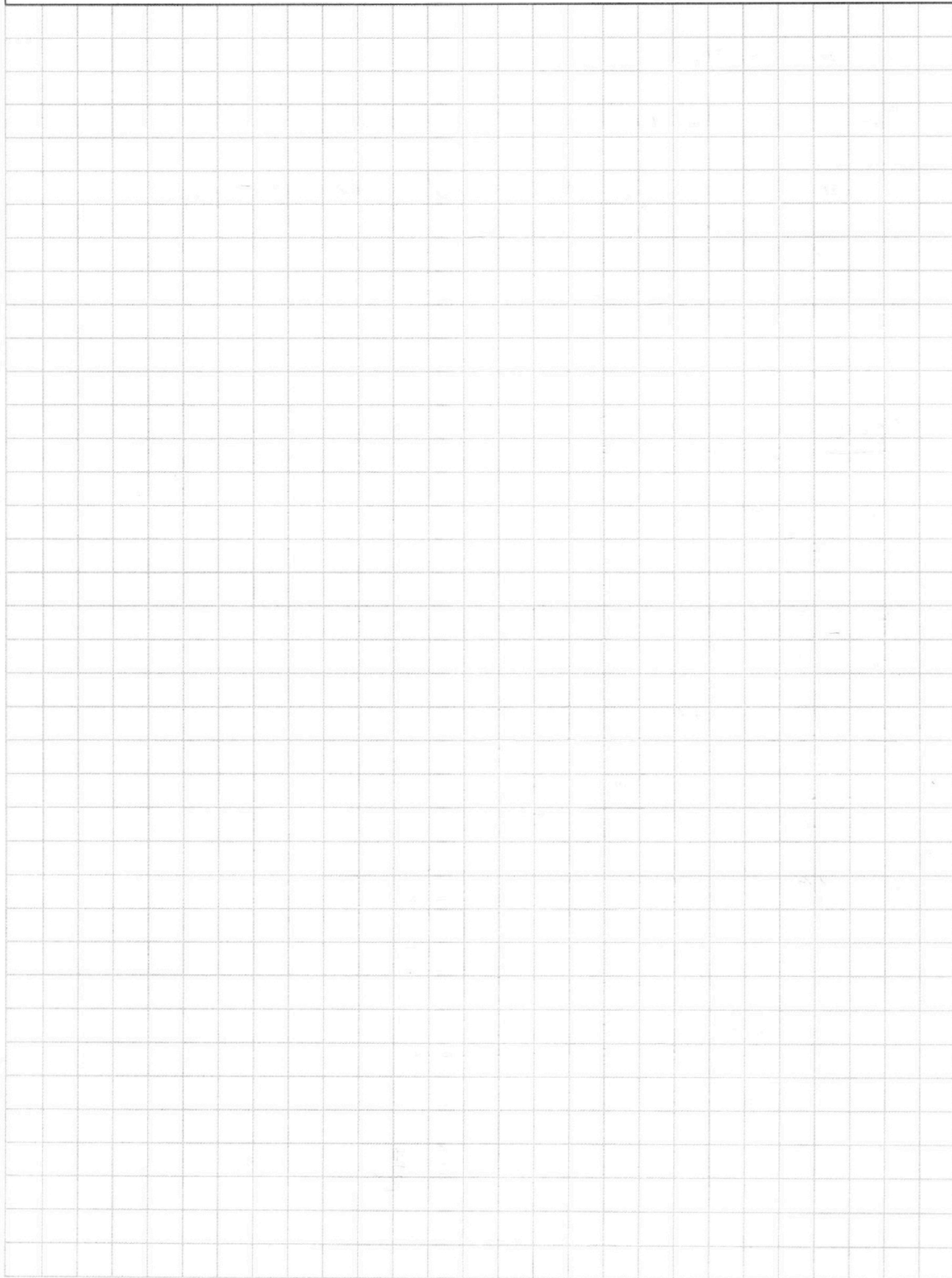
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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!



~~Черновик~~

$$\frac{mv_0^2}{2} - 3Uq$$

4. $I_{10} = \frac{E}{4R} = \frac{E}{4R}$ ~~$\frac{E}{4R}$~~ ~~$\frac{E}{5R}$~~ ~~$\frac{9E}{20R}$~~

$I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{E}{\frac{4R \cdot 3R}{4R + 3R} + R} = \frac{7E}{19R}$ ~~$R_0 = \frac{12}{7}R + R = \frac{19}{7}R$~~

$$\begin{cases} I_{10} + I_{11} = I_0 \\ \frac{I_{10}}{I_{11}} = \frac{4R}{3R} \end{cases} \Rightarrow I_{11} = \frac{3}{4} I_{10}$$

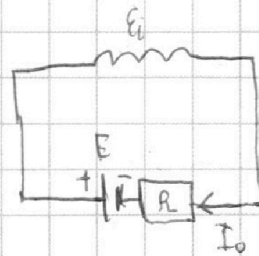
$$\frac{7}{4} I_{10} = \frac{7E}{19R}$$

1.) $I_{10} = \frac{4E}{19R}$

2.) $E - I_0 R = \mathcal{E}_i$ Знаем проверить.

$$E - I_0 R = L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E - I_0 R}{L}$$



3.) $\frac{dI}{dt}$ при $3R$ T-?

$$\frac{dq}{dt} = \int_0^T \frac{dI}{dt} dt$$

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

$$F - k\dot{x} = m\ddot{x}$$

$$m\ddot{x} + k\dot{x} = F$$

$$ma_0 + kv_0 = F_0$$

$$2) F_0 = ma_0 + \frac{F_k}{v_k} v_0$$

$$3) p_0 = F_0 \cdot \frac{dx}{dt} = F_0 v_0$$

$$1) a_0 \approx 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$F_k = kv_k$$

$$k = \frac{F_k}{v_k}$$

$$v_k = 25 \text{ м/с}$$

3

$$1) ma_1 = E_1 q \Rightarrow \frac{4U - 3U}{d} q = \frac{U}{d} q$$

$$2) K_1 > K_2$$

$$K_1 = \frac{mv_1^2}{2} \quad K_2 = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$K_1 - K_2 = \frac{m}{2} (v_1^2 - v_2^2) = \frac{m}{2} (v_1 - v_2)(v_1 + v_2)$$

$$= \frac{m}{2}$$

$$K_1 = K_2 + A$$

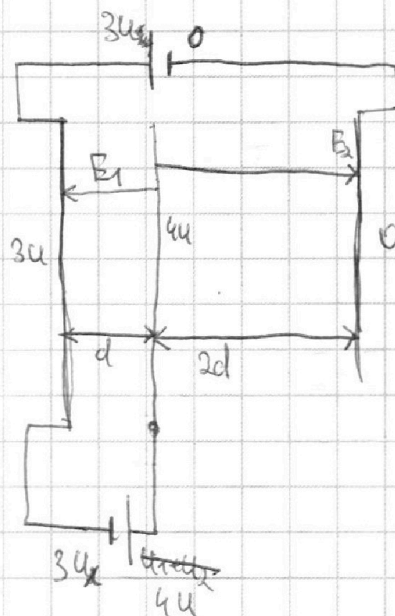
$$A = E_1 q d = \frac{U}{d} q d = Uq$$

$$K_1 - K_2 = Uq$$

$$3) \frac{mv_1^2}{2} - E_1 q \frac{d}{4} = \frac{mv_2^2}{2} \quad v_2 = ?$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{Uq}{4} = \frac{mv_2^2}{2}$$

Сила 1 заряжена положительно $\Rightarrow v_1 < v_0$



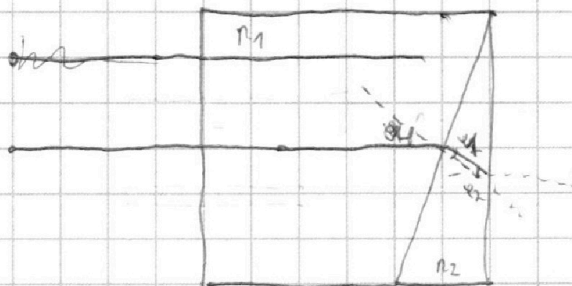
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \varphi_2$$

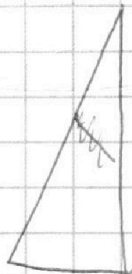
$$\varphi_2 = \alpha$$

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \varphi_1$$

$$\alpha = n_2 \varphi_1 \quad \varphi_1 = \frac{\alpha}{n_2}$$

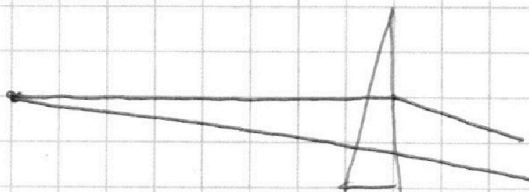
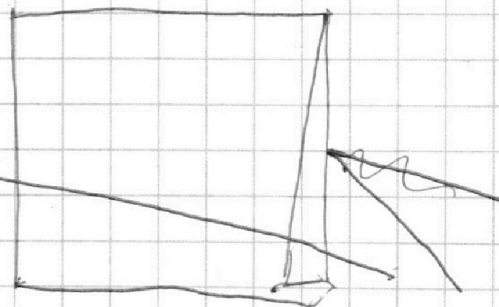
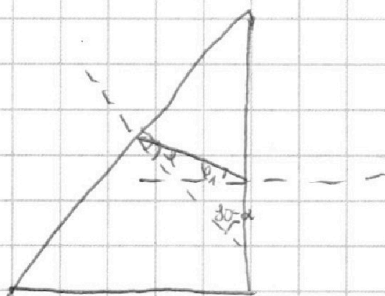
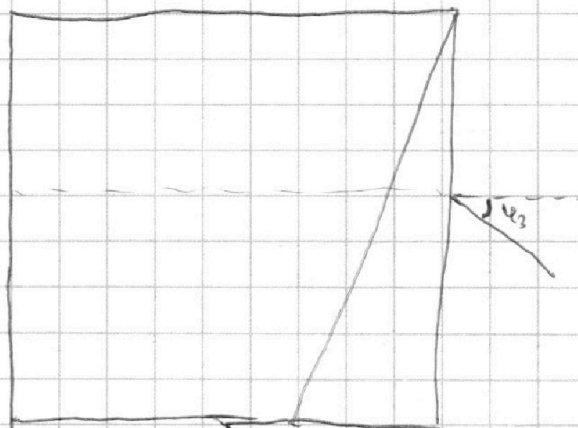
$$\varphi_1 + 90^\circ - \alpha + 90^\circ + \varphi_2 = 180^\circ$$

$$\varphi_2 = \alpha - \varphi_1 = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$$



$$n_2 \varphi_2 = \varphi_3$$

$$\varphi_3 = \alpha(n-1)$$





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!

Черновик
2.

$$V_0 = \frac{V}{4} \Rightarrow V_{p0} = \frac{V}{4}$$

Давление:

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_2 R T_0$$

Скорость:

$$p_0 \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0$$

$$\frac{\nu_2}{\nu_{p0}} = 2$$

$$\Delta U = k p_1 \frac{V}{4}$$

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_2 R T_0$$

$$p_1 \frac{V}{5} = \nu_2 R T_1$$

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{2 p_1}{5 p_0}$$

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{5 T_1}{2 T_0}$$

$$\frac{2 p_1}{5 p_0} = \frac{5 T_1}{2 T_0}$$

$$p_1 \frac{11V}{20} = (\nu_2 - \Delta \nu) R T$$

$$p_1 \frac{V}{5} = \nu_2 R T$$

$$\frac{\nu_2 - \Delta \nu}{\nu_2} = \frac{11}{5}$$

$$p_1 \frac{V}{5} = \nu_2 R T$$

$$p_1 \frac{11V}{20} = (\nu_2 - \Delta \nu) R T$$

$$\frac{\nu_2}{\nu_2 - \Delta \nu} = \frac{1}{5} \cdot \frac{11}{20} = \frac{20}{55}$$

$V/5$
$\frac{11V}{20}$
$V/4$

$$\begin{array}{r} 47000 \cdot 4 \\ 11750 \\ \hline 188000 \\ 47000 \\ \hline 235000 \\ 47000 \\ \hline 282000 \\ 47000 \\ \hline 329000 \\ 47000 \\ \hline 376000 \\ 47000 \\ \hline 423000 \end{array}$$

$$1) \begin{cases} p_0 \frac{V}{2} = \nu_2 R T_0 \\ p_0 \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu_2}{\nu_p} = 2$$

$$\begin{cases} p_0 \frac{11V}{20} = (\nu_2 + \Delta \nu) R T \\ p_1 \frac{V}{5} = \nu_2 R T \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu_2}{\nu_2 + \Delta \nu} = \frac{V \cdot 20}{5 \cdot 11} = \frac{20}{55} = \frac{4}{11}$$

$$2) \begin{cases} \frac{T_1}{T_0} = \frac{2 p_1}{5 p_0} \\ \Delta U = k p_0 \frac{V}{4} \end{cases}$$