



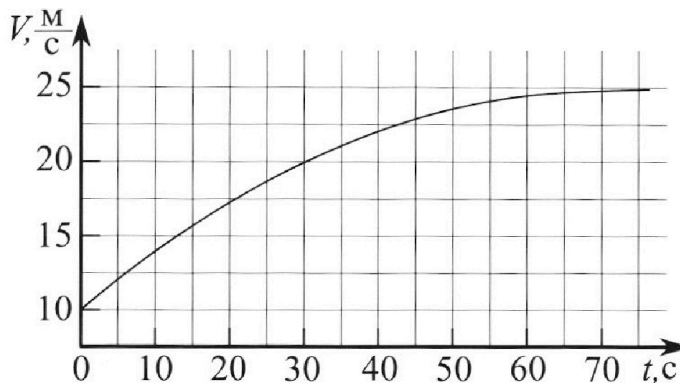
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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

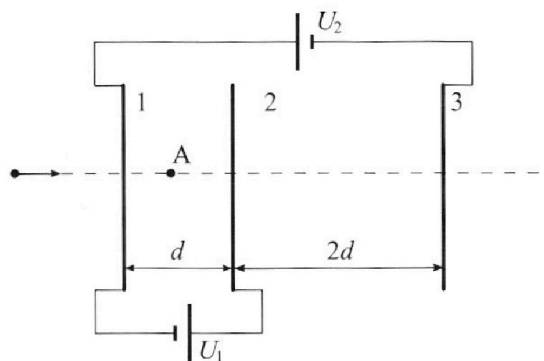
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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_{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: $\Delta v = kpw$. 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.

- 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 А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

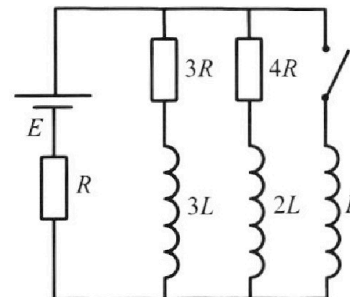
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_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.

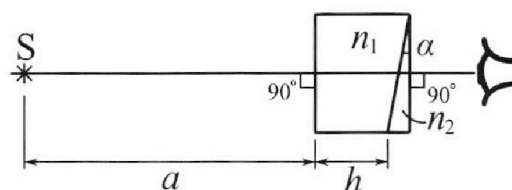


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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!



$\sqrt{1}$

$m = 1500 \text{ кг}$

$F_k = 600 \text{ Н}$

1) $a_0 = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $P_0 = ?$

1.) ~~а) $a = \frac{dv}{dt}$~~

Проведем касательную к графику в точке $t=0$

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

$a_0 = 0,5 \text{ м/с}^2$.

2.) Пусть F - сила тяги двигателя, $F_{\text{сопр.}} = kv$ - 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 $F_0 - \frac{F_k}{v_k} v_0 = ma_0$ ($v_0 = 10 \text{ м/с}$).

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

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

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

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!



$\sqrt{2}$
 $P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$
 $T = 373 \text{ K}$
 $k = 0,5 \cdot 10^3 \frac{\text{мкм}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$

В процессе нагрева азота ~~вытесним~~
 азота увеличился пара.

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

$V(\text{CO}_2)_0 = \frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$
 $V(\text{CO}_2)_1 = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11V}{20}$

~~Неверно, т.к. не учтено~~

После нагрева:

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

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

До нагрева:
 $P_0 \cdot \frac{V}{4} = J_{\text{CO}_2} RT_0 \Rightarrow \frac{J_{\text{He}}}{J_{\text{CO}_2}} = 2$
 $P_0 \cdot \frac{V}{2} = J_{\text{He}} RT_0$

1.) Решим уравнение по условию:
 $\Delta J = k P_0 \frac{V}{4}$

$\left\{ \begin{aligned} \frac{P}{P_0} \cdot \frac{11}{5} &= \frac{J_{\text{CO}_2} + \Delta J}{J_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{T}{T_0} \\ \frac{P}{P_0} \cdot \frac{2}{5} &= \frac{T}{T_0} \end{aligned} \right.$

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

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

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

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

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

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

2.) Попробуем J_{CO_2} :

~~$P_0 \frac{V}{4} = \frac{2}{17} k P_0 V RT_0$~~

~~$k RT_0 = \frac{17}{8} \cdot 18$~~

$T_0 = \frac{47}{8 k R} = \frac{47}{8 \cdot 0,5 \cdot 10^3 \cdot 8,3} \text{ K}$
 $= \frac{47000}{8,3 \cdot 4} \text{ K} = \frac{11750}{8,3} \text{ K} = \frac{117500}{83} \text{ K}$

$RT_0 = \frac{18}{0,5 \cdot 10^3} = 36000 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

$\frac{T}{T_0} = \frac{RT}{RT_0} = \frac{36000}{3000} = 12$

~~Ответ: 1) 2; 2) 12.~~

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

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!

После нагрева:

p_n - давление воздуха после нагрева. Температуры, $T = 373\text{K} \Rightarrow p_n = 100\text{kPa}$.

Тогда давление p_{CO_2} после нагрева равно $p - p_n$.

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

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

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

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

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

$$\frac{(p - p_n)}{p_0} \cdot \frac{11}{5} = \frac{\nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu}{\nu_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{p_n}{p_0} \cdot \frac{2}{5} \quad \nu_{\text{CO}_2} = \frac{p_0 V}{4RT_0}$$

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

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

$$\frac{11}{5} \left(\frac{5T}{2T_0} - 2 \right) = \left(1 + \frac{4\Delta \nu RT_0}{p_0 V} \right) \cdot \frac{T}{T_0}$$

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

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

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

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

Ответ: 1) 2; 2) $\frac{59}{45}$.

1 2 3 4 5 6 7



№3 Обозначим кармочки относительно центра верхней батареи.

d 1) Считая что поле E_1 и

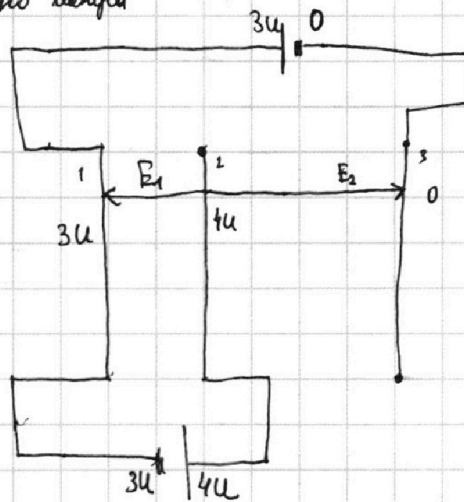
U
 m
 q
 V_0

E_2 однородны, запишем второй закон Ньютона для частицы в поле E_1 :

$$F_k = ma$$

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

$$a = \frac{E_1 q}{m} = \frac{Uq}{dm}$$



2) $K_1 = K_2 + A$ - где A - работа поля E_1 по перемещению частицы.

$$K_1 - K_2 = A$$

$$A = E_1 q d = Uq$$

$$K_1 - K_2 = Uq$$

3) Считая, что q много меньше зарядов сеток, будем предполагать взаиморейтвием сетки 1 и частицы до попадания в поле E_1 .

Закон сохранения энергии:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_A^2}{2} + E_1 q \cdot \frac{d}{4}$$

$$mV_0^2 = mV_A^2 + \frac{Uq}{4}$$

$$V_A^2 = \frac{mV_0^2 - \frac{Uq}{4}}{m} = \frac{4mV_0^2 - Uq}{4m}$$

$$V_A = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4mV_0^2 - Uq}{m}}$$

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

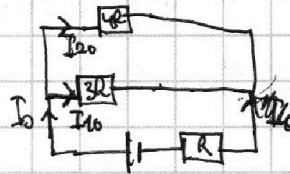
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$\sqrt{4}$

L
E
R

1) В установленном режиме катушки индуктивности аналогичны проводникам.

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



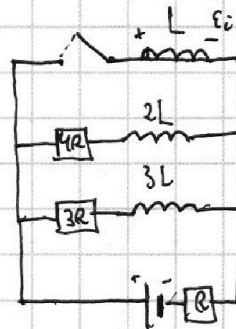
$$I_{20} = \frac{3}{4} I_{10}$$

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

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

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

2) В момент замыкания ключа ток в цепи не увеличивается (так I_0 сразу равен 0).



$$E_i - IR = 0$$

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

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

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

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

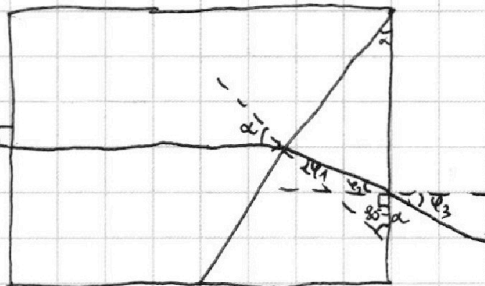
1.)

$\alpha = 0,1$

$n_1 = n_2 = 1$

$n_2 = 1,7$

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



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

$\alpha = n_2 \varphi_1$

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

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

$\alpha = \varphi_1 + \varphi_2$

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

$n_2 \sin \varphi_2 = n_3 \sin \varphi_3$

$n_2 \varphi_2 = \varphi_3$

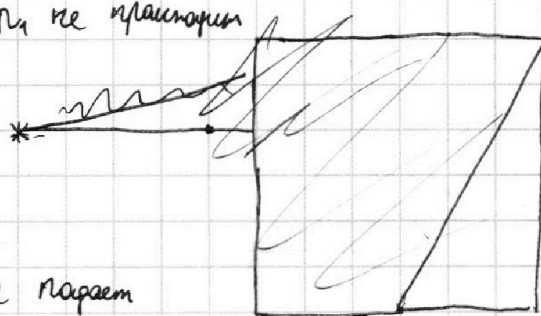
$\varphi_3 = \alpha (n_2 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07$

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 второй 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!

Точками выходящие из
го пересечения в м, к (изображение).
Введем оси Sxy , абсциссы
линии как прямые b и c .

Прямая $b: y = k_1x + c_1$
 $k_1 = -\operatorname{tg}(\alpha(n_2-1)) \approx -\alpha(n_2-1)$

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

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

$$y = k_1x - k_1(a+h) = -\alpha(n_2-1)(x + (a+h))$$

Прямая $c: y = k_2x + c_2$

$$k_2 = -\operatorname{tg}(\alpha n_2) \approx -\alpha n_2$$

$c_2 = 0$ (проходит через начало координат)

$$y = -\alpha n_2 x$$

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

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

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

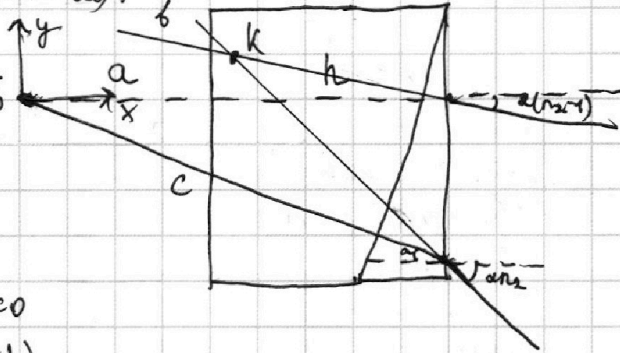
$$\alpha x = \alpha(n_2-1)(a+h)$$

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

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

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

$$= (n_2-1)(a+h) \sqrt{1 + \alpha^2 n_2^2} = 1,6 \cdot 104 \cdot \sqrt{1 + 0,01 \cdot 1,7^2} \text{ см}$$





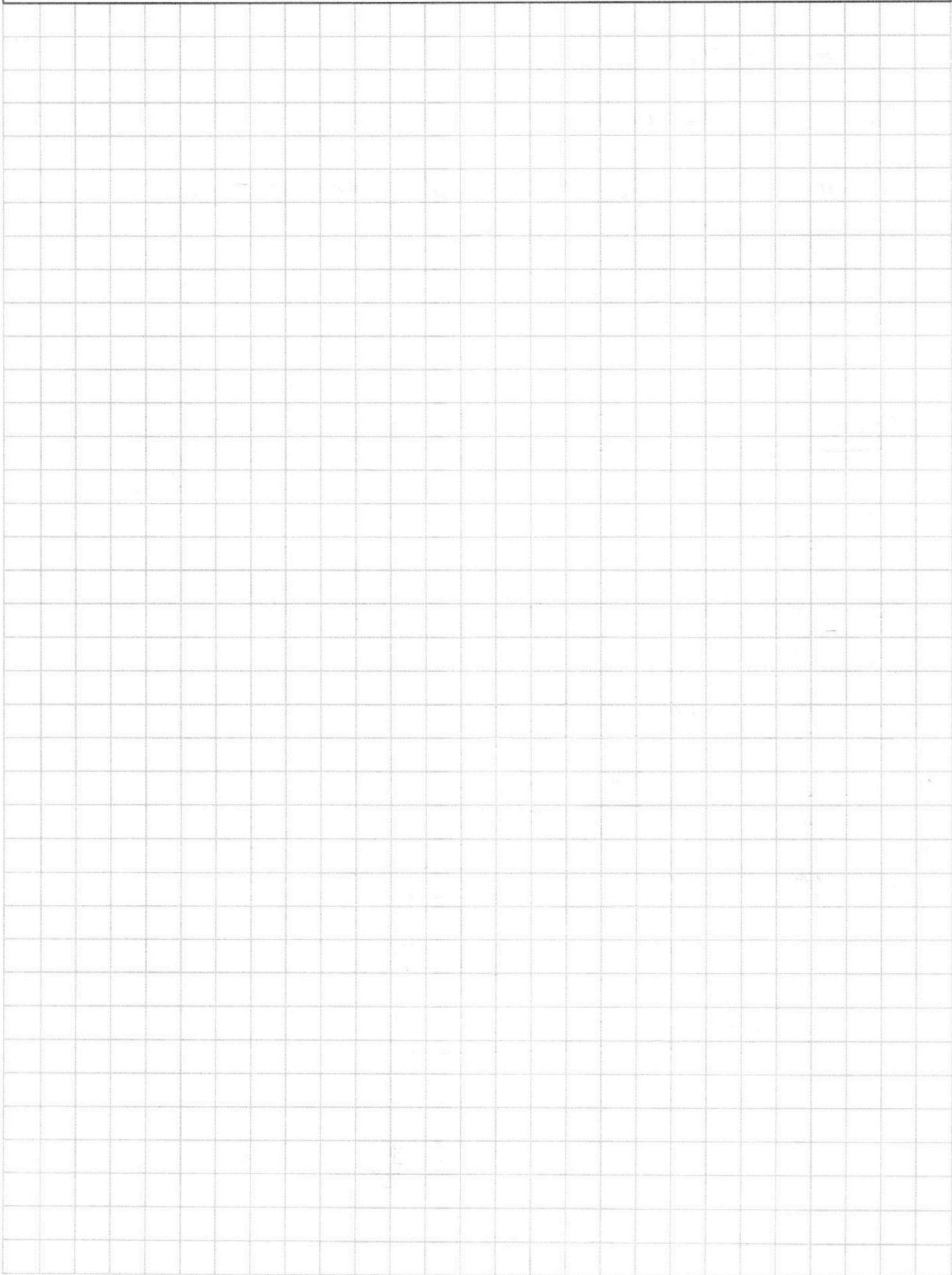
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



~~Короче~~

$$\frac{m v_0^2}{2} = 3Uq$$

4. $I_{10} = \frac{E}{R_0} = \frac{E}{\frac{4R \cdot 3R}{4R + 3R} + R} = \frac{7E}{19R}$

~~$R_0 = \frac{12}{7}R + R = \frac{19}{7}R$~~

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

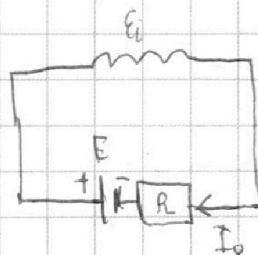
$$\frac{7}{4} I_{10} = \frac{7E}{19R}$$

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-?

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



Черновик

$$F - kx = m\ddot{x}$$

$$m\ddot{x} + kx = F$$

$$ma_0 + kv_0 = F_0$$

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

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

$$1) a_0 \approx 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$F_k = kv_k$$

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

$$v_k = 25 \text{ м/с}$$

3

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

$$2) K_1 > K_2$$

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

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

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

$$K_1 = K_2 + A$$

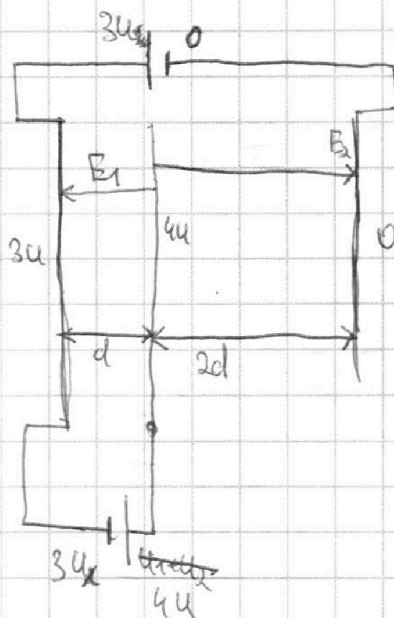
$$A = Eqd = \frac{U}{d} qd = Uq$$

$$K_1 - K_2 = Uq$$

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

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

Самая левая заряженная пластинка $\Rightarrow v_1 < v_0$



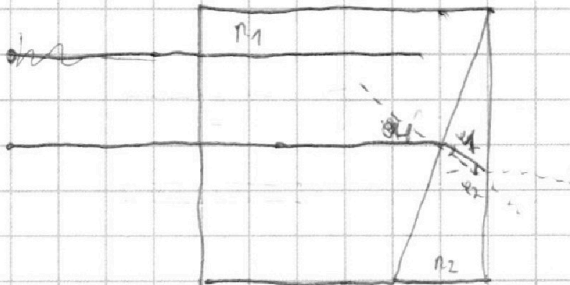
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ

- 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!



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

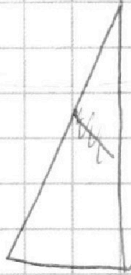
$$n_2 \sin \varphi_2 = n_1 \sin \alpha$$

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

$$\alpha = n_2 \varphi_1 \quad \varphi_2 = \frac{n_1 \alpha}{n_2}$$

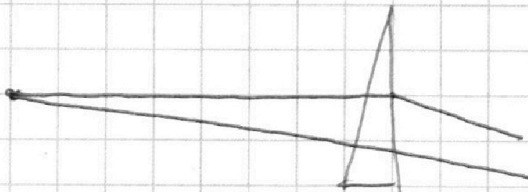
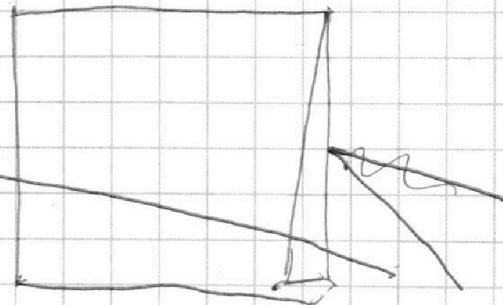
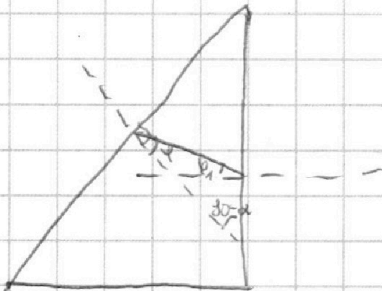
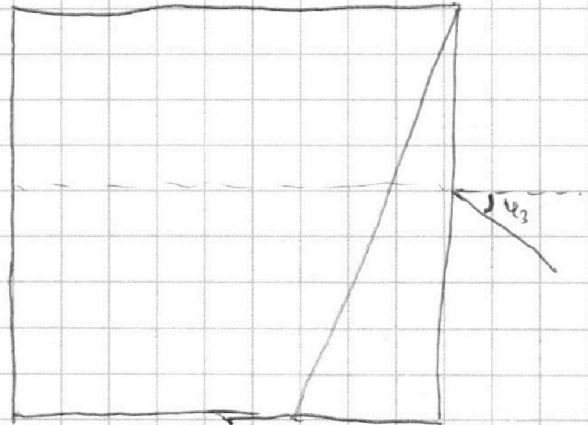
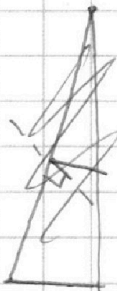
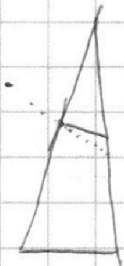
$$\varphi_1 + 90^\circ - \alpha + 90^\circ + \varphi_2 = 180^\circ$$

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



$$n_2 \varphi_2 = \varphi_3$$

$$\varphi_3 = \alpha (n_2 - 1)$$





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!

Черновик
2.

$$V_0 = \frac{V}{4} \Rightarrow V_{гр0} = \frac{V}{4}$$

Температура:
 $P_0 \frac{V}{2} = J_2 R T_0$

Скорость:
 $P_0 \frac{V}{4} = J_{ср} R T_0$

$$\frac{J_{ср}}{J_2} = 2$$

$$\Delta U = k P_1 \frac{V}{4}$$

$$P_0 \frac{V}{2} = J_2 R T_0$$

$$P_1 \frac{V}{5} = J_2 R T_1$$

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{2 P_1}{5 P_0}$$

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{5 T_1}{2 T_0}$$

$$\frac{J_2}{\frac{J_2}{2} - \Delta U} = \frac{1}{5} \cdot \frac{11}{20} = \frac{20}{55}$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

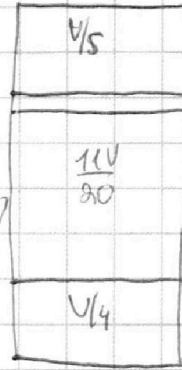
$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$

$$\frac{J_2}{2} - \Delta U$$



$$\begin{array}{r} 47000 \cdot 4 \\ \hline 11750 \\ \hline 30 \\ \hline 28 \\ \hline 20 \\ \hline 0 \\ \hline 11750083 \\ \hline 83 \quad 11 \end{array}$$

1) $P_0 \frac{V}{2} = J_2 R T_0 \Rightarrow \frac{J_2}{J_2} = 2$
 $P_0 \frac{V}{4} = J_{ср} R T_0$

$$\begin{cases} P_0 \frac{11}{20} V = (J_2 + \Delta U) R T \\ P_1 \frac{V}{5} = J_2 R T \end{cases} \Rightarrow \frac{J_2}{J_2 + \Delta U} = \frac{V \cdot 20}{5 \cdot 11} = \frac{20}{55} = \frac{4}{11}$$

2) $\frac{T_1}{T_0} = \frac{2 P_1}{5 P_0}$ $\Delta U = k P_0 \frac{V}{4}$