



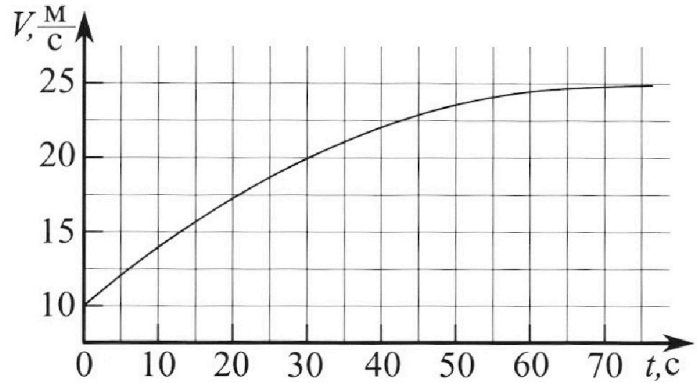
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

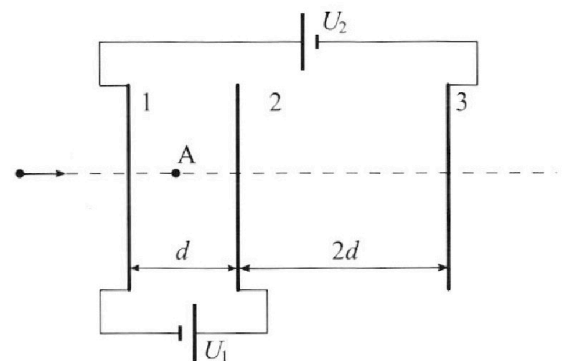
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$  ( $P_{\text{ATM}}$  - 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:  $\Delta v = kpw$ . 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

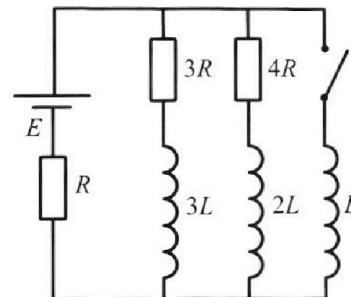
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_0$  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  $n_b = 1,0$ . 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.

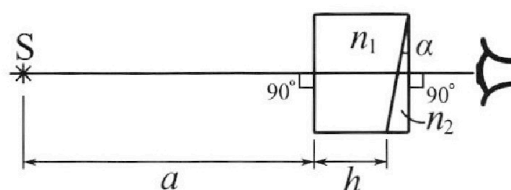


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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:  $0,5 \text{ м/с}^2$ ;  $990 \text{ Н}$ ;  $9,9 \text{ кВт}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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  $J_{\text{CO}_2}$ :

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

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

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

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

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

~~Ответ: 1) 2; 2) 12.~~

Неверно, т.к. не учтено вытеснение азота паром! См. другой метод.



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  $p_{\text{CO}_2}$  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

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



№3 Обозначим карточки относительно центра верхней батареи.

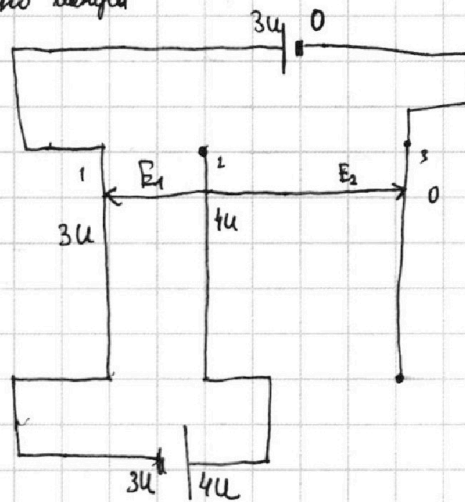
1) Считая что поле  $E_1$  и

$E_2$  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 обкладок, будем пренебрегать взаимодействием 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

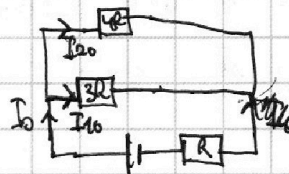
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$\sqrt{4}$   
L  
E  
R

1) В установленном режиме катушки индуктивности аналогичны проводникам.

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



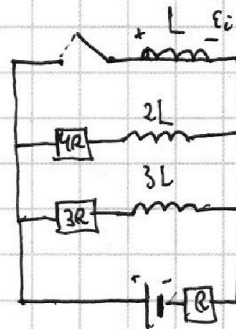
$$I_{20} = \frac{3}{4} I_{10}$$

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

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

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

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



$$E_i - IR - IR = 0$$

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

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

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

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

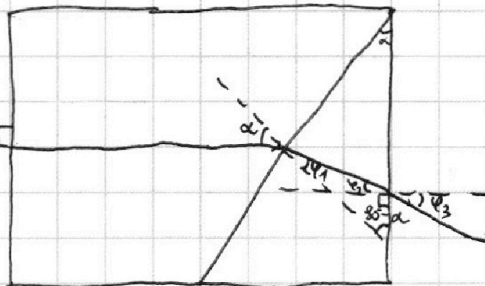
1.)

$\alpha = 0,1$

$n_1 = n_2 = 1$

$n_2 = 1,7$

Угол падения на  
линн равен  $\alpha$   
(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  $\alpha$  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  $\alpha$ , 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!

Прямые выходящие из  
го пересечения в м,к (изображение).  
Введем оси  $Sxy$ , ось  $xy$   
или 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)

$y = -\alpha n_2 x$

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

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

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

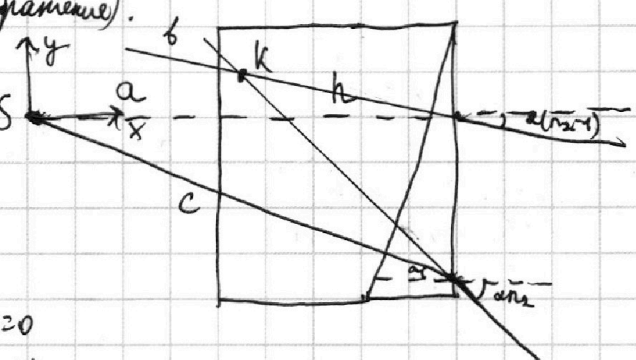
$\alpha x = \alpha n_2(a+h) - \alpha(a+h)$

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

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

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

$= (n_2-1)(a+h) \sqrt{1 + \alpha^2 n_2^2} = 1,6 \cdot 104 \cdot \sqrt{1 + 0,01 \cdot 17^2}$  см





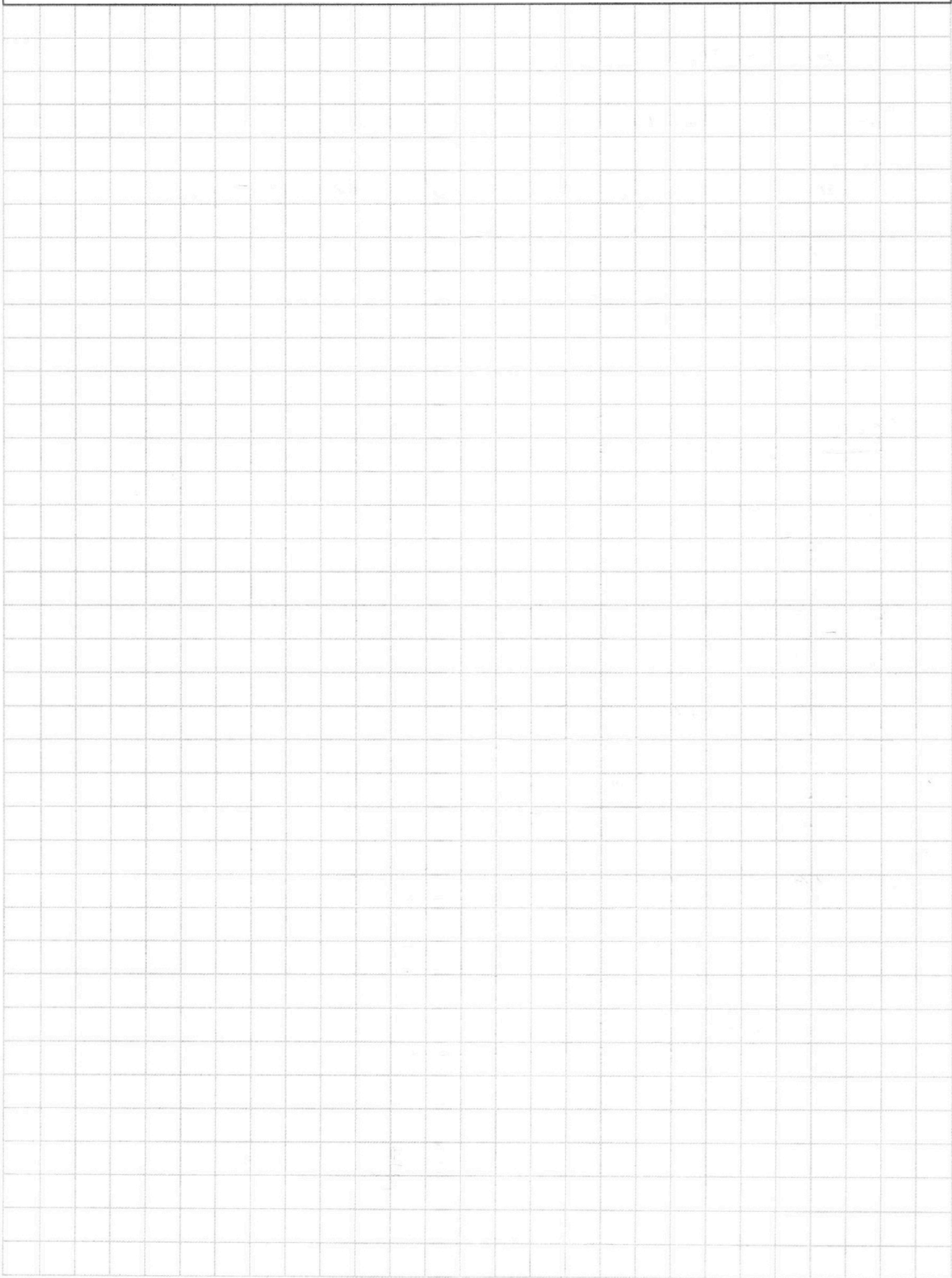
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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



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



~~Короче~~

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

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

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

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

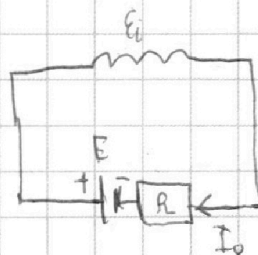
$$\frac{7}{4} I_{10} = \frac{7E}{19R}$$

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  $3R$      $T = ?$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



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

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

$$2) K_1 > K_2$$

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

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

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

$$K_1 = K_2 + A$$

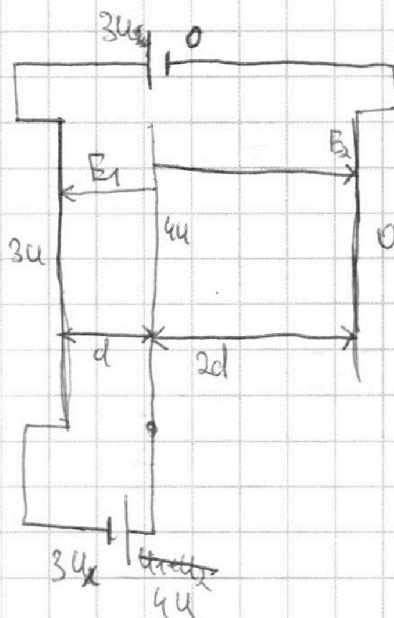
$$A = Eqd = \frac{U}{d} qd = Uq$$

$$K_1 - K_2 = Uq$$

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

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

Самая 1 зарядная несокращенно  $\Rightarrow v_1 < v_0$





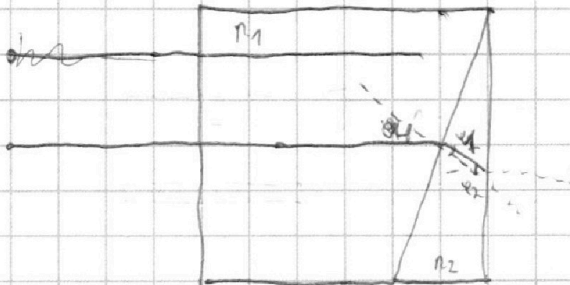
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

$$\varphi_2 = \alpha$$

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

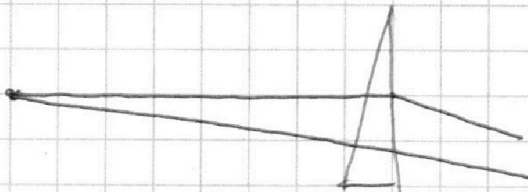
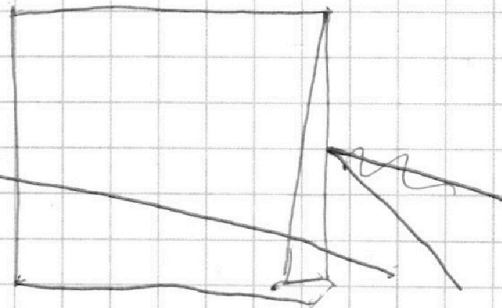
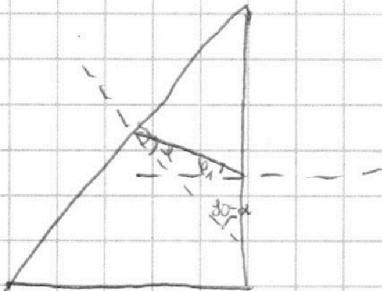
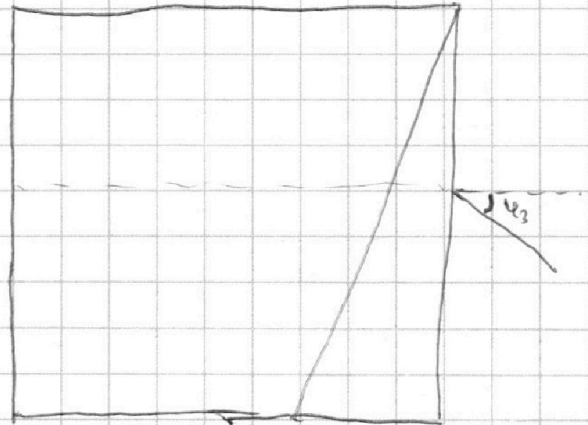
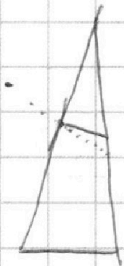
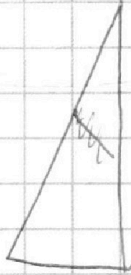
$$\alpha = n_2 \varphi_1 \quad \varphi_2 = \frac{n_1 \alpha}{n_2}$$

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

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

$$n_2 \varphi_2 = \varphi_3$$

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





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

$C_{p2}$ :  
 $P_0 \frac{V}{4} = J_{ср2} R T_0$

$$\frac{J_{ср2}}{J_{ср0}} = 2$$

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{1}{5} \cdot \frac{11}{20} = \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

$$= \frac{20}{55}$$

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

$$\frac{47000}{83} = 566 \frac{14}{83}$$

1)  $P_0 \frac{V}{2} = J_2 R T_0 \Rightarrow \frac{J_2}{J_{ср}} = 2$   
 $P_0 \frac{V}{4} = J_{ср2} R T_0$

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

2)  $\frac{T_1}{T_0} = \frac{2 P_1}{5 P_0}$       $\Delta U = k p_0 \frac{V}{4}$