



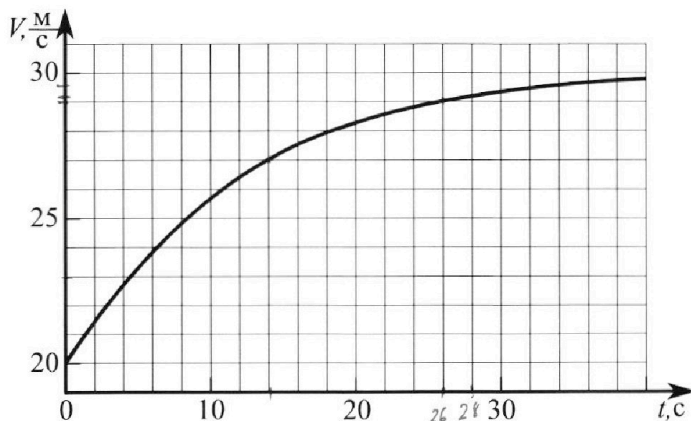
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $v_1 = 27$  м/с.

2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $v_1$ .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $v_1$ ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

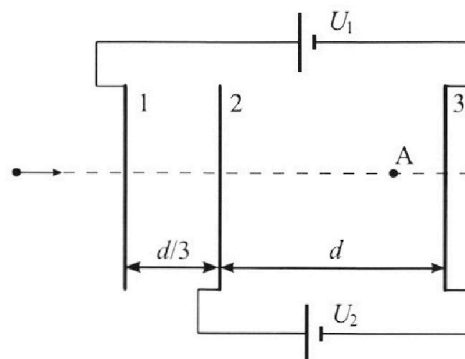
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kp v$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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 конечное давление в сосуде  $P$ . Ответ выразить через  $P_{\text{атм}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 2U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.

2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02

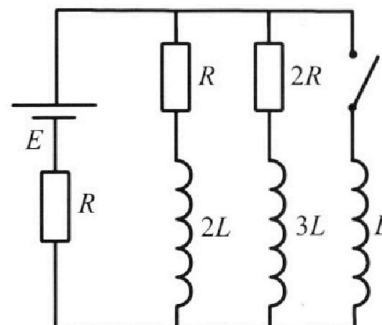


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

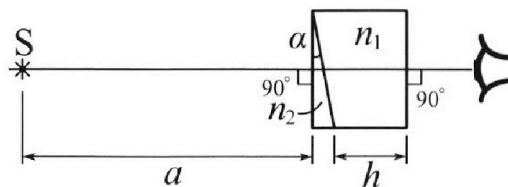
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  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  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , 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) Если провести касательную к точке  $U(14) = 27 \text{ м/с}$ , она пересекет ось в точке  $(0; 23)$  а значение  $a$  соответствует тангенсу угла наклона  $a = \frac{27-23}{14} \Rightarrow \frac{4}{14} = \frac{2}{7}$

2) В любой момент запишем закон сохранения энергии где малюто промежутка времени  $\Delta t$

$$E_k = \frac{mU(t)^2}{2} - \text{кинетич. энергия}$$

$$P_{\Delta t} = \Delta E_k + F_c(t) \cdot U(t) \Delta t \quad P - \text{мощность}$$

$$P = \frac{\Delta E_k}{\Delta t} + F_c(t) \cdot U(t) \quad \frac{\Delta E_k}{\Delta t} = E_k' = mU(t) \cdot U'(t)$$

$$P = mU'(t) \cdot U(t) + F_c(t) \cdot U(t)$$

$$F_c(t) = \frac{P}{U(t)} - \underbrace{mU'(t)}_{ma(t)}$$

в конце разгона  $a(t) = 0$ ,  $F_k = \frac{P}{U_k} \Rightarrow P = F_k \cdot U_k = 405 \cdot 29,8$

$$U_k = 29,8$$

$$F_1 = \frac{P}{27} - m \cdot \frac{2}{7} = \frac{405 \cdot 29,8}{27} - \frac{600}{7} = \frac{45 \cdot 29,8}{3} - \frac{600}{7} = 15 \cdot 29,8 - \frac{600}{7} = 447 - 85 \frac{5}{7} = 361 \frac{2}{7} \text{ Н}$$

3) ~~н~~ ~~часть~~ ~~от~~ ~~P~~ ~~которая~~ ~~тратится~~ ~~на~~ ~~преодоление~~ ~~F\_c~~

3)  $n$  - часть от  $P$ , которая тратится на преодоление  $F_c$

$$n = \frac{F_c U(t) \Delta t}{P \Delta t}$$

$$n_1 = \frac{F_1 \cdot U_1}{P} = \frac{\frac{2529}{7} \cdot 27}{405 \cdot 29,8} = \frac{2529}{7} \cdot \frac{27}{45 \cdot 29,8} = \frac{2529 \cdot 3}{7 \cdot 5 \cdot 29,8} = \frac{843}{7 \cdot 5 \cdot 29,8} = \frac{843}{1043}$$

Ответ: 1)  $\frac{2}{7}$ ; 2)  $361 \frac{2}{7}$ ; 3)  $\frac{843}{1043}$ .

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!

u2 (сравнение 2)

$$V_B = -\frac{5}{12} \cdot \frac{3}{2} \cdot V_0 = -\frac{5}{8} V_0 \Rightarrow \text{все воды испарилась}$$

$$\text{тогда } V_B = \frac{\rho_A V}{\mu} = \frac{\rho V}{\mu}$$

$$V_{\text{из пара}} = V_{\text{вод паре}} = \frac{5}{6} V$$

$$\rho_A \cdot \frac{V}{6} = 2\rho_y \cdot RT = (\rho_y + \rho_0) \cdot \frac{V}{6}$$

$$\rho_y \cdot \frac{5V}{6} = 2\rho_y (1 + kRT_0) RT$$

$$\frac{\rho_y + \rho_0}{\rho_y} \cdot \frac{V}{6} = \frac{2\rho_y}{2\rho_y (1 + kRT_0)}$$

$$kRT_0 = \frac{3}{4} kRT = \frac{3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{4} =$$
$$= \frac{9 \cdot 0,6}{4} = \frac{9 \cdot 0,3}{2} = \frac{2,7}{2} = 1,35$$

$$\left(1 + \frac{\rho_0}{\rho_y}\right) \frac{1}{6} \cdot \frac{6}{5} = \frac{2}{1+1,35}$$

$$\left(1 + \frac{\rho_0}{\rho_y}\right) = \frac{10}{2,35} = 4 + \frac{0,6}{2,35} = 4 + \frac{6}{235}$$

$$\frac{\rho_0}{\rho_y} = 3 + \frac{6}{235} = \frac{711}{235} \Rightarrow \rho_y = \frac{235}{711} \rho_0$$

$$\rho_{\text{общ}} = \rho_y + \rho_0 = \left(1 + \frac{235}{711}\right) \rho_0 = \frac{946}{711} \rho_0$$

Ответ: 1)  $\frac{\rho_A}{\rho_y} = 2$ , 2)  $\rho_{\text{общ}} = \frac{946}{711} \rho_0$

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

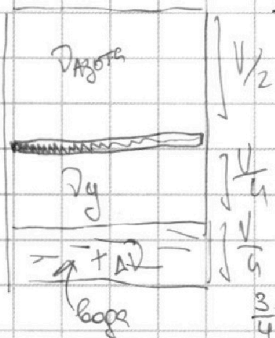
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

в) 2 (страница 1)  
реш:



1) сверху только  $D_A$  молей азота, снизу  $D_y$  молей углекислого газа; еще  $\Delta V$  растворено в воде, и вода в объеме  $V_6$ .

Уравнение Клапейрона-Менделеева для газов:

$$\begin{aligned} D_A RT_0 &= p_{D_A} \frac{V}{2} \\ D_y RT_0 &= p_{D_y} \frac{V}{4} \end{aligned} \Rightarrow D_A = 2D_y \Rightarrow \frac{D_A}{D_y} = 2$$

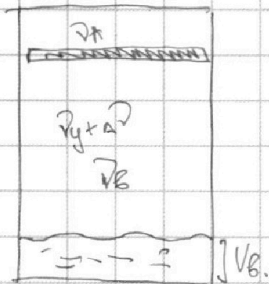
$$\Delta V = p_{D_A} \frac{V}{4} = p_{D_y} \frac{V}{4} \Rightarrow \frac{p_{D_A}}{p_{D_y}} = 1$$

$$\frac{10^5}{4} T_0 = T_0 = \frac{10^5}{4} \cdot 373 = 279,75 \text{ K} = 6,75^\circ \text{C} - \text{все вода - пар}$$

2) в конусе:

$373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$  - температура кипения воды

$\Rightarrow$  часть испарится!



$\rho \frac{V}{4} = \rho V_6 + \mu D_B$ , т.к. суммарная масса воды не меняется

$p_A = p_y + p_0$ , где  $p_0$  - давление насыщенного пара воды  
 $p_A$  - давление азота  
 $p_y$  - давление углекислого газа

$$p_A \cdot \frac{V}{6} = D_A \cdot RT \quad (1)$$

$$p_y \cdot \left(\frac{5}{6}V - V_6\right) = (D_y + \Delta V) RT \quad (2)$$

$$p_0 \left(\frac{5}{6}V - V_6\right) = D_B RT \quad (3)$$

$$(2)+(3): (p_y + p_0) \left(\frac{5}{6}V - V_6\right) = (D_y + \Delta V + D_B) RT$$

~~$$\frac{D_A RT}{V/6} = (D_y + \Delta V + D_B) RT$$~~
~~$$V_6 = \frac{\rho}{\mu} \left(\frac{V}{4} - V_6\right)$$~~

$$\frac{\rho RT}{\mu} p_0 = \frac{10^3 \cdot 10^3 \cdot 3}{18} - 10^5 = 10^5 \left(\frac{30}{18} - 1\right) = 10^5 \cdot \frac{12}{18} = \frac{2}{3} \cdot 10^5$$

$$p_0 \left(\frac{5}{6}V - V_6\right) = \frac{\rho}{\mu} \left(\frac{V}{4} - V_6\right) \cdot RT$$

$$\frac{5}{6} p_0 V - p_0 V_6 = \frac{\rho RT}{\mu} V - \frac{\rho RT}{\mu} V_6$$

$$\frac{\rho RT}{\mu} - \frac{5}{6} p_0 = \frac{\rho RT}{\mu} - \frac{5}{6} p_0$$

$$= 10^5 \left(\frac{30}{4 \cdot 18} - \frac{5}{6}\right) = 10^5 \left(\frac{5}{12} - \frac{5}{6}\right) = -\frac{5}{12} \cdot 10^5$$

$$V_6 \left(\frac{\rho RT}{\mu} - p_0\right) = \left(\frac{\rho RT}{\mu} - \frac{5}{6} p_0\right) V$$

$$V_6 = \frac{2}{3} \cdot 10^5 = -\frac{5}{12} \cdot 10^5 \cdot V$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

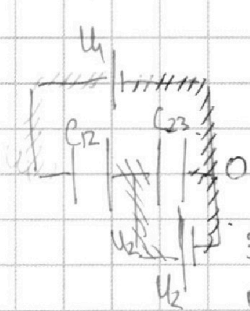


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



W3

1) Сетки проводящие  $\Rightarrow$  можно представить сетку 2 как две сетки, соединенные проводом, и таким образом получить схему из двух конденсаторов  $C_{12}$  и  $C_{23}$



$$U_{12} = U_1 - U_2 = U$$

$$U_{23} = U_2 - U_1 = -U$$

для конденсатора верно, что  $E d = U$ , причем вектор напряженности направлен от плюса к минусу:

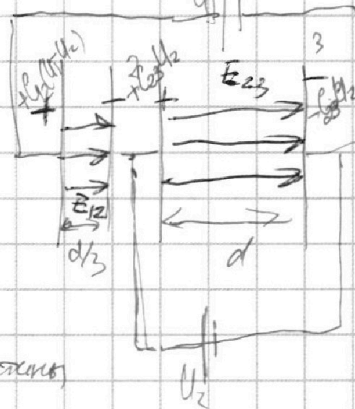
$$E_{23} = \frac{U_{23}}{d} = \frac{U_2 - U_1}{d} = \frac{U}{d}$$

Запишу второй закон Ньютона

для частицы в поле  $E_{23}$

$$m \ddot{a} = E_{23} \cdot q$$

$$\Rightarrow \dot{a} = \frac{q E_{23}}{m} = \frac{q U}{d m}$$



2) вектор  $E$  в обоих случаях сонаправлен со скоростью частицы  $\Rightarrow$  <sup>конст.</sup>  $\Rightarrow$  будет её равнодействующая

$K_2 = K_0 + q U_{12}$  - кинет. энергия после 2 пластины

$K_{23} = K_2 + q U_{23}$  - кинет. энергия после 3 пластины

$$\Rightarrow K_3 - K_2 = q U_{23} = q U$$

3) Т.к. поле однородное в обоих конденсаторах, то сила, разгоняющая частицу, постоянна

$$\Rightarrow K_A = K_0 + \underbrace{E_{12} \cdot q \cdot \frac{d}{3}}_{\substack{\text{увелич.} \\ \text{скорости} \\ \text{частицы} \\ \text{в} \\ \text{рабочей} \\ \text{части} \\ C_{12}}} + \underbrace{E_{23} \cdot q \cdot \frac{2}{3} d}_{\substack{\text{увелич.} \\ \text{кинетической} \\ \text{энергии} \\ \text{или} \\ \text{проходимости} \\ \text{части} \\ C_{23}}}$$

$$\Rightarrow \frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + U_{12} \cdot q + \frac{2}{3} q \cdot U_{23}$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + q U + \frac{2}{3} q U = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{5}{3} q U$$

$$v_A^2 = v_0^2 + \frac{5 q U \cdot 2}{3 m} = v_0^2 + \frac{10 q U}{3 m}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{10 q U}{3 m}}$$

Ответ: 1)  $\frac{q U}{d m}$ ; 2)  $q U$ ; 3)  $\sqrt{v_0^2 + \frac{10 q U}{3 m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

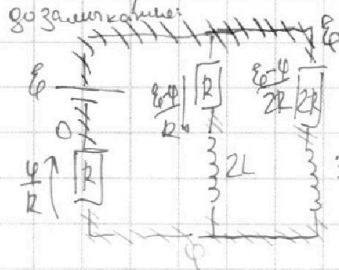
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1) Рассмотрим схему до замыкания ключа в установившемся режиме. Т.к. ток в установившемся режиме практически постоянен, то напряжение на катушках 0.



Расставлю потенциалы

$$\frac{\varphi}{R} = \frac{\varepsilon - \varphi}{2R} + \frac{\varepsilon - \varphi}{R}; \quad \frac{\varphi}{R} = \frac{3}{2} \left( \frac{\varepsilon - \varphi}{R} \right)$$

$$\varphi = \frac{2}{5} \varepsilon - \frac{3}{5} \varphi; \quad \frac{5}{2} \varphi = \frac{2}{5} \varepsilon; \quad \varphi = \frac{2}{5} \varepsilon$$

Ток через резистор  $2R: I_{2R} = \frac{\varepsilon - \frac{2}{5}\varepsilon}{2R} = \frac{2\varepsilon}{5 \cdot 2R} = \frac{\varepsilon}{5R}$

2) Ключ замыкают, т.к. токи на катушках не имеют скачков, то не меняется ток через батарею:  $I_{\Sigma} = I_L + I_{2L} + I_{3L}$ , где  $I_L, I_{2L}, I_{3L}$  — токи через катушки  $L, 2L, 3L$  соответственно.

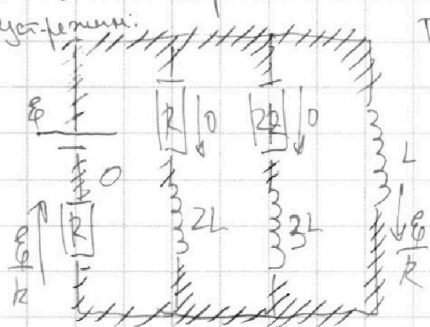


Напряжение на катушке инд.  $L: U_L = \varepsilon - R \cdot \frac{3\varepsilon}{5R}$

$$U_L = \frac{2}{5} \varepsilon = L I_L', \text{ где } I_L' \text{ — ток через катушку } L$$

$$I_L' = \frac{2\varepsilon}{5L} \text{ — скорость возрастания тока на катушке } L \text{ сразу после замыкания ключа}$$

3) Рассмотрим токи в схеме в установившемся режиме. Т.к. режим установившийся, напряжение на катушках 0.



Заметим, что через резисторы  $R$  и  $2R$  не будет течь ток  $\rightarrow$  весь ток, идущий через батарею, будет течь через  $L$ .

Рассмотрим схему в любой момент времени:

напряжение  $U_L = U_{2R} + U_{2L}$

$$\Rightarrow L I_L' = I_{2R} \cdot 2R + 3L \cdot I_{3L}$$

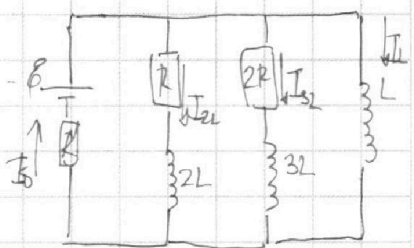
$$L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_{2R} \cdot 2R + 3L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$L \Delta I_L = I_{2R} \Delta t \cdot 2R + 3L \Delta I_{3L} \quad \text{— проинтегрируем}$$

$$L \left( \frac{\varepsilon}{R} - 0 \right) = 2R q_{2R} + 3L \left( 0 - \frac{\varepsilon}{5R} \right)$$

$$\frac{L\varepsilon}{R} = 2R q_{2R} - \frac{3\varepsilon L}{5R}; \quad 2R q_{2R} = \frac{5L\varepsilon + 3\varepsilon L}{5R} = \frac{8\varepsilon L}{5R}$$

$$q_{2R} = \frac{4\varepsilon L}{5R^2}$$



Ответ: 1)  $\frac{\varepsilon}{5R}$ ; 2)  $\frac{2\varepsilon}{5L}$ ; 3)  $\frac{4\varepsilon L}{5R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

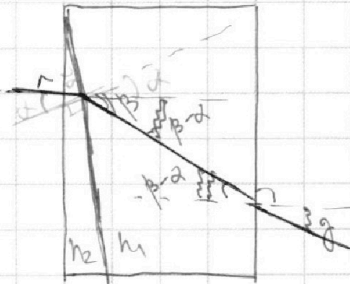
**МФТИ**

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



W5

1) рассмотрим преломление в призме с ~~коэффициентом~~ преломления  $n_1$  и  $n_2$ , а после заменим  $n_1 = 1$ . Чуть малы  $\rightarrow$  сразу заменим  $n_1$  на 1



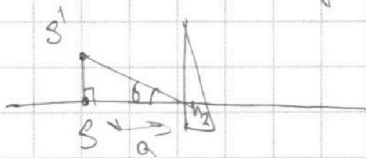
$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{n_1}{n_2} \quad \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

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

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

отклонение угла луча при  $n_1 = 1 = \delta = \alpha (n_2 - 1) = 0,05 \cdot (1,6 - 1) = 0,03 \text{ рад}$

2) т.к. все лучи отклонятся на  $\delta$ , то и источник будет казаться отклоненным на угол  $\delta$ :

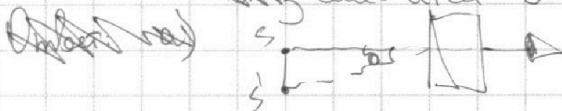


$$SS' = a \cdot \tan \delta = a \delta = a \alpha (n_2 - 1) = 200 \cdot 0,05 \cdot (1,6 - 1) = 2,5 \cdot 0,6 = 6 \text{ см}$$

3) аналогично пункту 2, все лучи отклонятся на  $\delta = \alpha (n_2 - n_1)$

$$SS' = a \cdot \tan \delta = a \delta = a \alpha (n_2 - n_1) = 200 \cdot 0,05 \cdot (1,6 - 1,8) = -2,5 \cdot 0,2 = -2 \text{ см}$$

$\Rightarrow$  ~~будет~~ сместится ~~вниз~~ на 2 см.



Ответ: 1)  $\alpha (n_2 - 1) = 0,03 \text{ рад}$ ; 2)  $a \alpha (n_2 - 1) = 6 \text{ см}$ ; 3)  $|a \alpha (n_2 - n_1)| = 2 \text{ см}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



сей комп.

в конце параграфа  $a=0$

$$v(t) = \alpha t + v_0$$

$$P_{\Delta t} = m \frac{(v+a\Delta t)^2}{2} - \frac{mv^2}{2} \quad F_i = \frac{P}{29.8} - m \cdot a$$

$$P_{\Delta t} = m v a \Delta t + \frac{m v a^2 \Delta t^2}{2}$$

$$P = m v a + \frac{m}{2} a^2 \Delta t$$

$$P = m v v' + \frac{m}{2} (v')^2 \Delta t$$

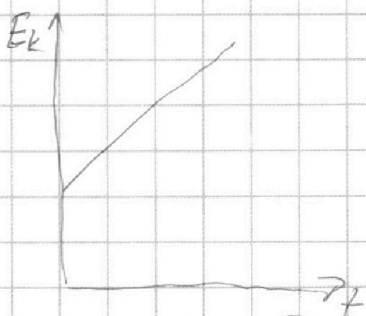
$$\Delta E_k = P \Delta t$$

$$\frac{\Delta E_k}{\Delta t} = P$$

$$E_k' = P \Rightarrow E_k(t) = Pt + E_0$$

$$E_0 = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{300 \cdot 20^2}{2} = \frac{300 \cdot 400}{2} = 6 \cdot 10^4$$

$$v \sim \sqrt{at + v_0^2}$$



$$ma = \frac{P}{v(t)} - F(v)$$

$$F(v) = \frac{P}{v(t)} - m v'(t)$$

$$\Delta E_k' = P_{\Delta t} - F_c(v) \cdot v(t) \Delta t$$

$$m v'(t) \cdot v(t) + F_c(v) \cdot v(t) = P$$

$$E_k' = P - F_c(v) v(t)$$

$$F_c(v) = m v \frac{P}{v(t)^2} -$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + \dots$$

$$\left( \frac{m(v(t))^2}{2} \right)' = P - F_c(v) v(t)$$

$$m v(t) \cdot a(t) = P - F_c(v) v(t)$$

$$v(t) \cdot (ma(t) + F_c'(v)) = P$$

$$v'(t) (ma(t) + F_c'(v)) + (a'(t) + a \cdot F_c''(v)) v = 0$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input 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!



$$\frac{2}{1 + \frac{1}{2}R} = \frac{(p_0 + p_y) \cdot \frac{1}{6}}{p_y \cdot \frac{5}{12}V}$$

$$\frac{2}{1 + 1,35} = \left(\frac{p_0}{p_y} + 1\right) \cdot \frac{12}{5 \cdot 6} \quad \frac{2}{5 \cdot 6} = \frac{2}{5}$$

$$\left(\frac{p_0}{p_y} + 1\right) = \frac{5}{2} \cdot \frac{2}{2,35} = \frac{5}{2,35} = 2 + \frac{0,3}{2,35} = 2 + \frac{30}{235} = 2 + \frac{6}{47}$$

$$\frac{p_0}{p_y} + 1 = 2 + \frac{6}{47}$$

$$\frac{p_0}{p_y} = 1 + \frac{6}{47} = \frac{53}{47}$$

$$p_y = \frac{47}{53} p_0$$

$$p_{\text{avg}} = \left(1 + \frac{47}{53}\right) p_0 = \frac{100}{53} p_0$$

$$\begin{array}{r} 2,35 \\ \times 2 \\ \hline 4,70 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 235 \overline{) 5} \\ - 20 \phantom{0} \\ \hline 35 \phantom{0} \\ - 35 \phantom{0} \\ \hline 0 \phantom{0} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 2,35 \\ \hline 235 \\ 710 \\ \hline 940 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ \times 235 \\ \hline 33 \\ 710 \\ \hline 711 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 711 \\ + 235 \\ \hline 946 \end{array}$$

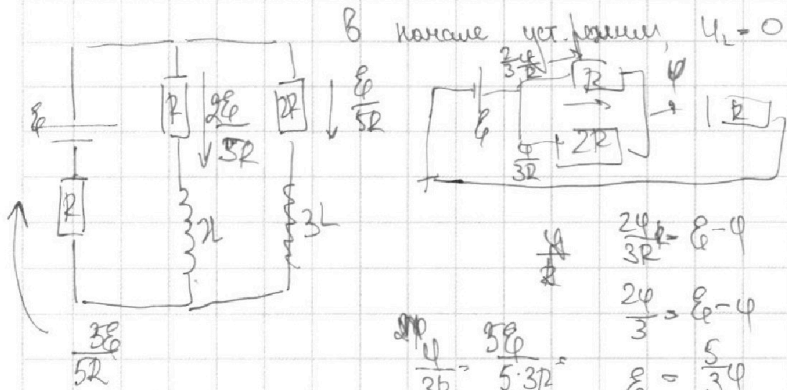
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



1)  $I_{2R} = \frac{E}{5R}$   
 2)  $\frac{2E}{5L}$

$LI' = E - \varphi = \frac{2}{5}E$   
 $I' = \frac{2E}{5L}$

$\frac{2\varphi}{3R} = E - \varphi$   
 $\frac{2\varphi}{3} = E - \varphi$   
 $E = \frac{5}{3}\varphi$   
 $\varphi = \frac{2}{5}E$

На  $3L$  не менялось напряжение, т.к. не менялось общее напр. кон + ref.

$2R \cdot I_2 \cdot 3L + 3L I_2' = LI_2'$

$2R I_{2 \text{от}} + 3L I_{2 \text{от}}' = LI_2' \Delta t$

$2R \Delta q + 3L \Delta I_2 = L \Delta I_2$

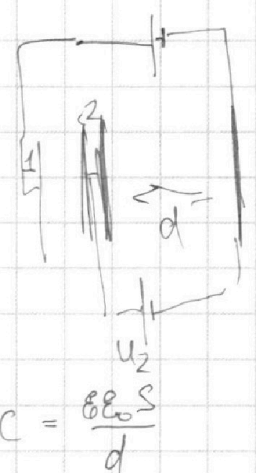
$2Rq + 3L(0 - \frac{E}{5R}) = L(\frac{E}{R} - 0)$

$2Rq = -\frac{3EL}{5R} - \frac{LE}{R}$

$2Rq = \frac{LE}{R} + \frac{3EL}{5R} = \frac{5LE + 3EL}{5R}$

$2Rq = \frac{8EL}{5R}$

$q = \frac{8EL}{2R \cdot 5R} = \frac{4EL}{5R^2}$



$C = \frac{8\epsilon_0 S}{d}$   
 $G = \frac{S\epsilon_0}{d}$   
 $\frac{S\epsilon_0}{d/3} = 3C_0$   
 3)  $ma = qE_{23}$   
 $a = \frac{qE_{23}}{m} = \frac{qU_2}{dm}$

$\frac{mU^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + qU_2 + qE_{23} \frac{2d}{3}$

$C = \frac{q}{U} = \frac{q \cdot \epsilon_0}{\sigma d} = \frac{S\epsilon_0}{d}$

$U = 2 \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0} d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d$

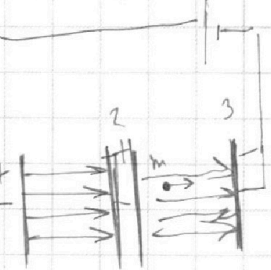
$E = \frac{U}{d}$

$E_{12} = \frac{U_1 - U_2}{d/3}$

$E_{23} = \frac{U_2}{d}$



3C7:  $k_0 + \epsilon_{12}^2 q \frac{d}{3} = k_2$   
 $k_0 k_2 + \epsilon_{23} q \cdot d = k_3$



$k_3 - k_2 = \epsilon_{23} q \cdot d = \frac{U_2}{d} q \cdot d = U_2 q$

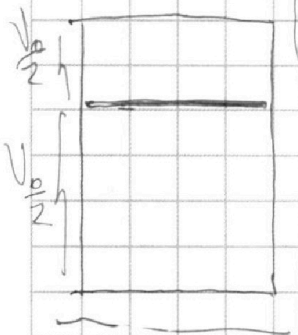
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



$$a = v'$$

на заданном участке  $t: 26-28$  график почти прямой

$\Rightarrow v = at + v_0$ , где  $a = v'(t)$  - это tg угла наклона

$$v(26) = 29 \text{ м/с} \quad v(28) = 29,2 \text{ м/с}$$

$$29 = 26a + v_0$$

$$29,2 = 28a + v_0$$

$$a = \frac{29,2 - 29}{28 - 26} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ м/с}^2$$

$$P_{\text{дт}} = F_c(t) \cdot v(t) \Delta t = \frac{m v^2(t)}{2} \quad F_{\text{сопр}} \sim v^2$$

$$\begin{array}{r} -298 \cdot 2 \\ 2 \\ \hline 596 \\ 5 \\ \hline 2980 \end{array}$$

$$\alpha = \frac{405}{29,8^2} = \frac{40500}{298} = \frac{405 \cdot 100}{199^2 \cdot 4}$$

$$\frac{F_1}{v^2} = \frac{F_k}{v_k^2}$$

$$\begin{array}{r} -405 \cdot 5 \\ 18 \\ \hline 2025 \end{array}$$

$$P_{\text{дт}} = \frac{m v^2}{2} - F_c(v) \cdot v(t) \Delta t$$

$$F_1 = F_k \cdot \frac{v_1^2}{v_k^2}$$

~~$P_{\text{дт}} = F_c(v) \cdot v(t) \Delta t$~~

$\Delta v \rightarrow$  изменение скорости

$$\Delta E = \frac{m(v(t+\Delta t))^2 - v(t)^2}{2} - \frac{m v(t)^2}{2} = \frac{m}{2} (v(t+\Delta t)^2 - 2v(t)v(t+\Delta t) + v(t)^2 - v(t)^2)$$

$$\Delta E = \frac{m(v+\Delta v)^2}{2} - \frac{m v^2}{2} = \frac{m}{2} (\Delta v^2 + 2v \Delta v)$$

$$P_{\text{дт}} = \Delta E - F_c(v) v(t) \Delta t$$

$$P = \frac{m}{2} a^2 \Delta t + m v a - F_c(v) v(t) a$$

$$F_c(v) =$$

$$m v' = \frac{P_{\text{дт}}}{v \Delta t} \quad v_0 \cdot \left(1 - \frac{8 \cdot 10^5}{18 \cdot 10^3}\right) = v \left(\frac{5}{6} - \frac{305}{4 \cdot 180}\right)$$

$$-\frac{2}{3} v_0 \quad \frac{5}{6} - \frac{5}{12} = \frac{5}{12}$$

$$\frac{5}{8} v - \frac{5}{8} v = \frac{5}{12} \cdot \frac{3}{4} = \frac{5}{8} v$$

$$-\frac{5}{2} v \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) = \frac{5}{2} \left(\frac{1}{12}\right) = \frac{5}{24} v$$

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!

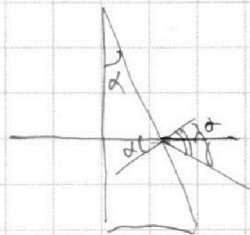


$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

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

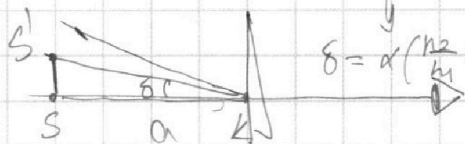
$$\frac{\alpha}{\gamma} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{или} \quad \alpha \gamma = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$



$$\gamma = n_1 \alpha$$

$$\frac{\alpha}{\gamma} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{или} \quad \alpha \gamma = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

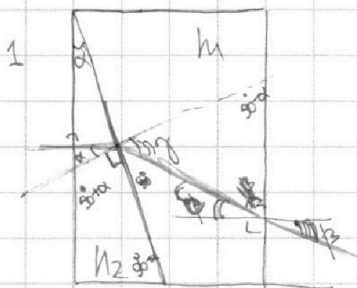
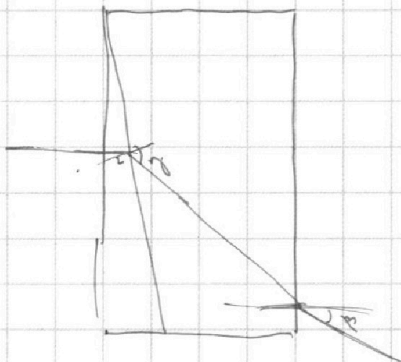
Т.к. все лучи отклоняется на  $\delta$ , то  $\delta$  будет меньше  $\delta$   $\angle S'KS = \delta$



$$\delta = \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

$$SS' = \frac{a}{\cos \delta} \cdot \sin \delta = a \tan \delta = a \delta = a \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

на



$$\frac{\delta}{\beta} = \frac{1}{n_2}$$

$$\delta n_2 = \beta$$

$$\alpha - \alpha + \beta = 90^\circ + \beta$$

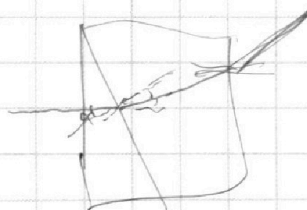
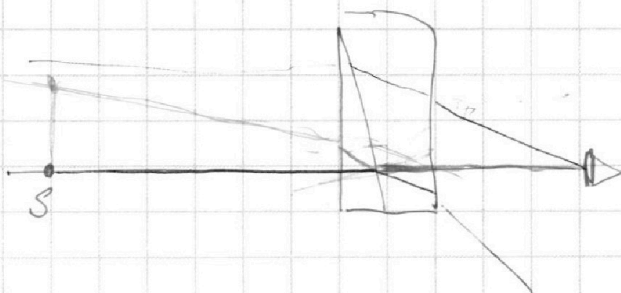
$$\beta = \gamma - \alpha = \delta$$

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

Все лучи отклоняется на  $\beta$

$$\Rightarrow \angle S'SK = \beta, \quad SS' = a \tan \beta = a \alpha (n_2 - n_1)$$

$$\begin{matrix} 0,05 \\ \times 0,6 \\ \hline 0,030 \end{matrix}$$



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!



$$T_0 = \frac{3}{4} \cdot 373 \approx 279,75 \text{ K} = 6,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{373,14}{38} \cdot \frac{13}{12} = 193,95$$

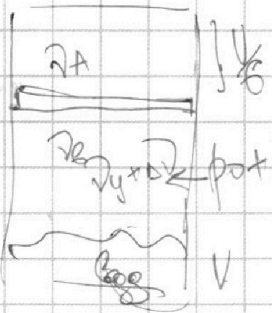
$$\frac{93,25}{3} = 279,75$$

$$\frac{279,75}{273}$$

↓ все в виде микрокан

$$p_y RT_0 = p_{g0} V_y \Rightarrow V_A = 2V_y$$

$$V_A RT_0 = p_{g0} \frac{V}{2}$$



$$\Delta V_y = k p_{g0} V_y = k p_{g0} V_A = p_y RT_0 k$$

$$\Delta V = RT_0 k \cdot V_y$$

$$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3}{4} \cdot 8 \cdot 10^3 =$$

$$= \frac{0,6 \cdot 9}{4} = \frac{0,3 \cdot 9}{2} =$$

$$= \frac{2,7}{2} = 1,35$$

$$p_y RT = p_{g0} \frac{V}{6} = (p_0 + p_y) \frac{V}{6}$$

$$(V_y + \Delta V) RT = p_y \left( \frac{5}{6} V - V_0 \right)$$

$$V_0 RT = p_0 \left( \frac{5}{6} V - V_0 \right)$$

$$\mu V_0 = p \left( \frac{V}{4} - V_0 \right)$$

$$\frac{p}{\mu} \left( \frac{V}{4} - V_0 \right) RT = p_0 \left( \frac{5}{6} V - V_0 \right)$$

$$V_y + \Delta V = V_y (1 + k RT_0)$$

$$\frac{p RT}{\mu} V - \frac{p RT}{\mu} V_0 = 2 p_y RT = (p_0 + p_y) \frac{V}{6}$$

$$= p_0 \frac{5}{6} V - p_0 V_0$$

$$2 p_y (1 + k RT_0) RT = \frac{5}{6} p_y \left( \frac{5}{6} V - V_0 \right)$$

$$V_0 \left( p_0 - \frac{p RT}{\mu} \right) = V \left( \frac{5}{6} p_0 - \frac{p RT}{4 \mu} \right)$$

$$V_0 \left( 100000 - \frac{1000 \cdot 3 \cdot 10^3}{18} \right) = V \left( \frac{5}{6} \cdot 10^5 - \frac{10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{4 \cdot 18} \right) / 10^5$$

$$V_0 \left( 1 - \frac{3 \cdot 10}{18} \right) = V \left( \frac{5}{6} - \frac{30}{4 \cdot 18} \right)$$

$$\mu_6 = 2,1 + 16 = 18$$



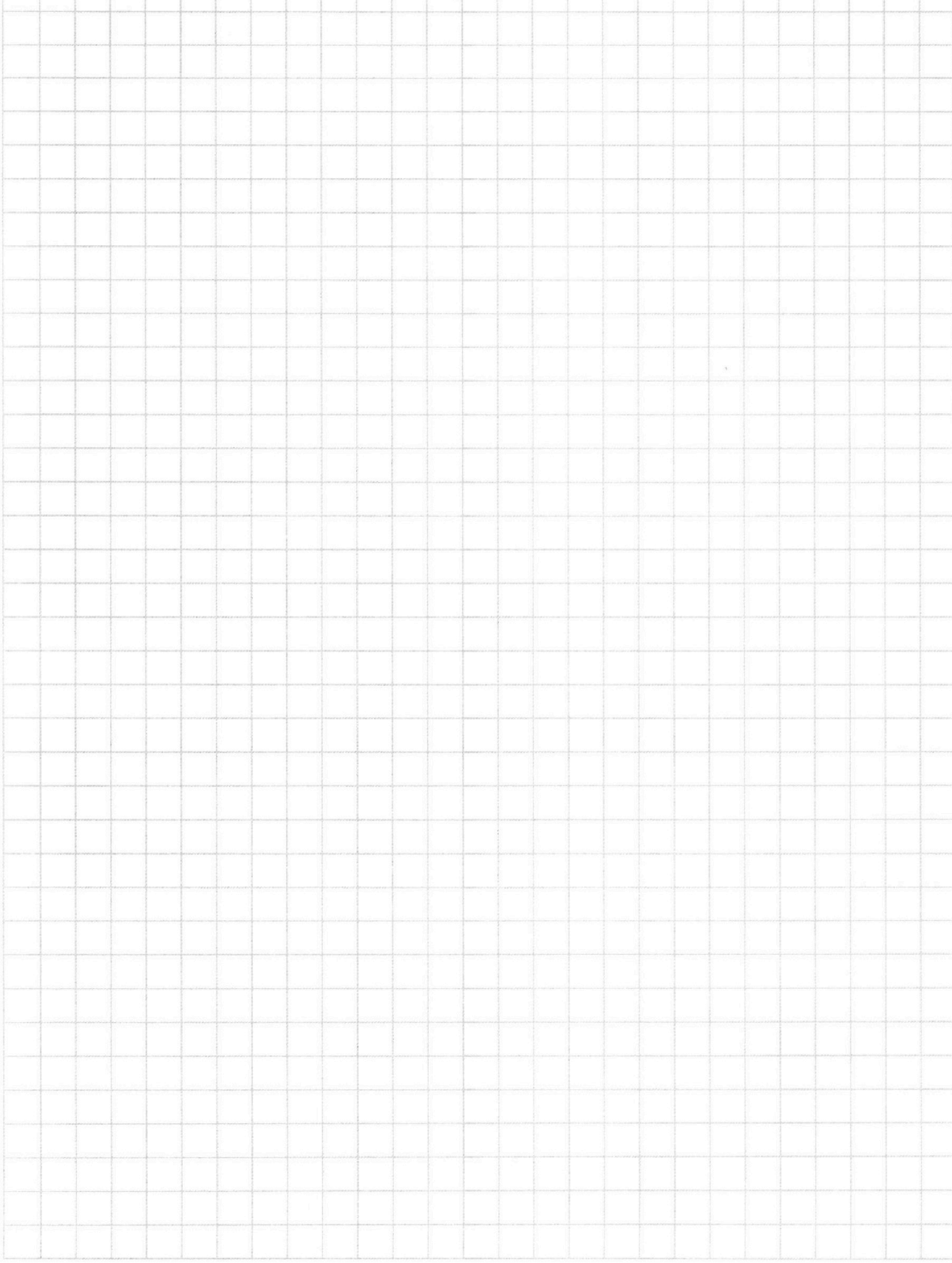
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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
<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!

u1

1) Заметим, что участок графика от  $t=26$  до  $t=28$  ~~прямой~~ ~~но~~ ~~мы~~ ~~будем~~ ~~считать~~, что на этом участке  $v(t) = v_0 + at$   
 Прямой, ~~но~~ ~~мы~~ ~~будем~~ ~~считать~~, что на этом участке  $v(t) = v_0 + at$   
~~но~~  $a = v'(t) =$  ~~ускорение~~ на данном участке  
 $v(26) = a \cdot 26 + v_0 = 29$   $\left\{ a = \frac{29,2 - 29}{28 - 26} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ м/с}^2 \right.$   
 $v(28) = a \cdot 28 + v_0 = 29,2$

2) Заметим закон сохранения энергии в любой момент времени  
 $P \Delta t = \Delta E_k + F_c \cdot v(t) \Delta t$   $E_k = \frac{m \cdot v(t)^2}{2}$   $P$  - мощность  
 $P = E_k' + F_c \cdot v(t)$   $F_c$  - сила сопротивления воздуха

$$P = \frac{2m \cdot v(t) \cdot v'(t)}{2} + F_c \cdot v(t) \Rightarrow F_c(t) = \frac{P}{v(t)} - m \cdot v'(t)$$

В момент окончания разгона  $v' = 0$ ,  $v(t) = 29,8 \text{ м/с}$  (по графику)

$$F_c = \frac{P}{v} \Rightarrow P = 29,8 \cdot 405$$

$$F_c = \frac{P}{v_1}$$

~~405~~  
~~35~~  
~~45~~

~~46~~  
~~44~~  
~~29,8~~  
~~125~~  
~~1490~~  
~~596~~  
~~745,0~~

~~843~~  
~~6~~  
~~24~~  
~~24~~  
~~3~~

~~281~~

~~405~~  
~~29,8~~  
~~27~~  
~~25~~  
~~29,8~~  
~~745~~  
~~600~~  
~~7~~  
~~745~~  
~~600~~  
~~7~~  
~~745~~  
~~85~~  
~~5~~  
~~745~~  
~~85~~  
~~5~~  
~~745~~  
~~88~~  
~~659~~  
~~447~~  
~~88~~  
~~361~~  
~~7~~  
~~25~~  
~~27~~  
~~2~~

~~300~~  
~~2~~  
~~7~~  
~~149~~  
~~13~~  
~~19~~  
~~7~~  
~~7~~  
~~19~~  
~~23~~  
~~23~~  
~~6~~  
~~2529~~  
~~24~~  
~~12~~  
~~12~~  
~~9~~  
~~81~~  
~~149~~  
~~1016~~  
~~149~~