



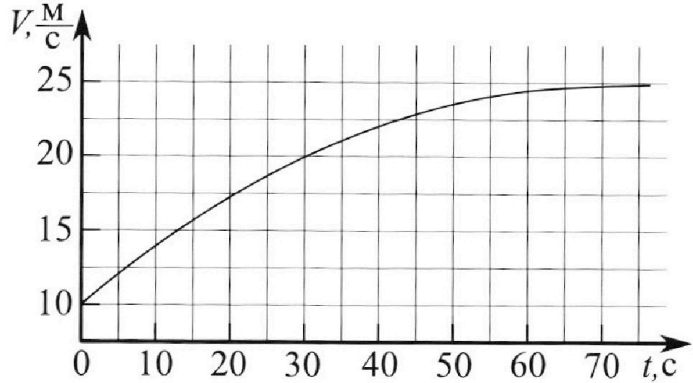
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой  $m = 1800$  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  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $v_1 = 20$  м/с.
- Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $v_1$ .
- Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $v_1$ ?

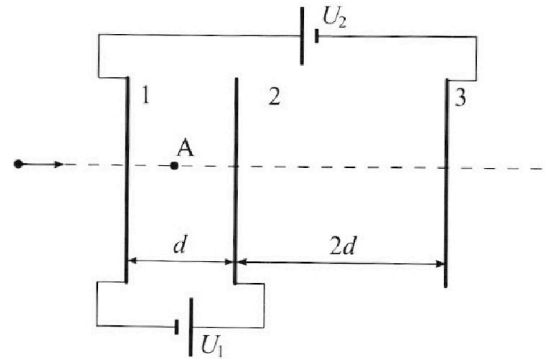
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 углекислый газ, 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  $T = 5T_0/4 = 373$  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  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите начальное давление в сосуде  $P_0$ . 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  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . 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  $d/3$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

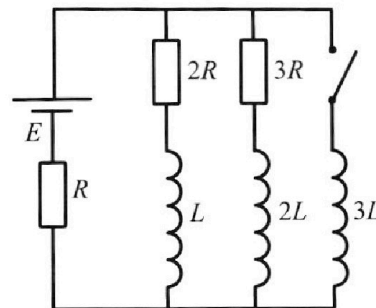
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми 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  $n_в = 1,0$ . Точечный источник света S расположен на расстоянии  $a = 194$  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  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

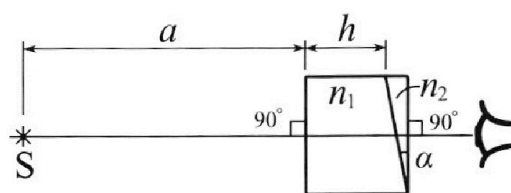


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_в = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_в = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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!

$$m = 1800 \text{ кг}$$

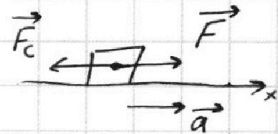
$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$V_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

1)  $a_1 = ?$

2)  $F_1 = ?$

3)  $P_1 = ?$



$$\vec{F} + \vec{F}_c = m\vec{a}$$
$$\text{оx: } F - F_c = ma$$

$F_c = \alpha V$  - при разгоне по условию.

Конец разгона:  $a \approx 0$ , т.к. скорость  $V_m = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

$$F_k - \alpha V_m = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{V_m}$$

Заметим, что с момента  $t = 20 \text{ с}$  до  $t = 30 \text{ с}$  зависимость

$V(t)$  приближается к прямолинейной  $V(t) \approx \frac{20+15}{2} = 17,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Тогда  $a_1 \approx \frac{V_1 - V(20)}{t_1 - t_2}$

$$V(20) \approx \frac{20+15}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 17,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow a_1 = \frac{V_1 - V(20)}{t_1 - t_2}, \text{ где } t_1 = 30 \text{ с}, t_2 = 20 \text{ с}$$

$$a_1 = \frac{20 - 17,5}{30 - 20} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{2,5}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2)  $F_1 - \alpha V_1 = ma_1$ , где  $F_1$  - сила тяги при скорости  $V_1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_1 = ma_1 + \alpha V_1$$

$$a_1 \approx 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \alpha = \frac{F_k}{V_m}, \text{ где } F_k = 500 \text{ Н}, V_m = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow \alpha = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м/с}}$$

$$\Rightarrow F_1 = 1800 \text{ кг} \cdot \frac{1}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{500 \text{ Н}}{25} \cdot 20 = 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н}$$

3)  $P_1 = F_1 \cdot V_1$ , т.к.  $dA = F ds \Rightarrow P = \frac{dA}{dt} = F \cdot \frac{ds}{dt} = F \cdot V$

$$P_1 \approx 850 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 17000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$$

Ответ: 1)  $\approx 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ; 2)  $\approx 850 \text{ Н}$ ; 3)  $\approx 17 \text{ кВт}$ .

- 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!

$V; T_0;$

$T = \frac{5}{4} \cdot T_0 = 373 K$

$\frac{V}{5}; \Delta V = k p \omega$

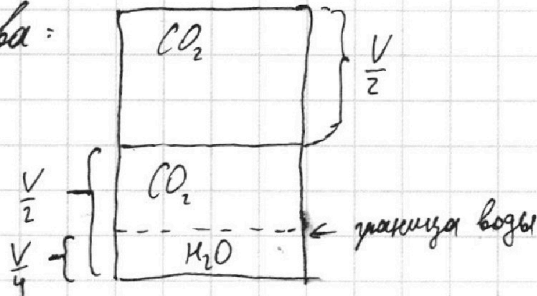
$k \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$

$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

1)  $\frac{V_1}{V_2} = ?$

2)  $P_0(P_{\text{ATM}}) = ?$

1) До нагрева:

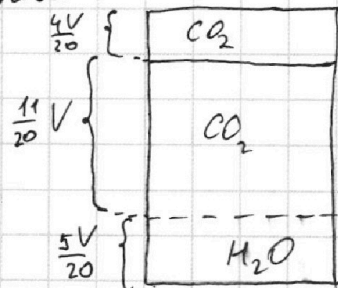


Верхняя часть:  $P_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 RT_0$   
 Нижняя часть:  $P_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 RT_0 \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$

где  $\nu_1$  - кол-во  $\text{CO}_2$  в верхней части, а

$\nu_2$  - кол-во газа  $\text{CO}_2$  в нижней части сосуда.

2) После нагрева



В верхней части:  $P \cdot \frac{4V}{20} = \nu_1' RT$

В нижней части:  $P \cdot \frac{11V}{20} = \nu_2' RT$

$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{4}{11} \Rightarrow \nu_2' = \frac{11}{4} \cdot \nu_1$

$P$  - давление в обеих частях, т.к. это условие равновесия прижима ( $P_{\text{верх.}} = P_{\text{нижн.}} = P$ ).

$\nu_2'$  - новое кол-во  $\text{CO}_2$  в нижней части сосуда.

$\nu_2' = \nu_2 + \nu_k$ , где  $\nu_k$  - изменение кол-ва  $\text{CO}_2$  в воде.

~~$\nu_2' = \Delta \nu_2' + \nu_2$ , где  $\Delta \nu_2'$  - изменение кол-ва  $\text{CO}_2$  в воде,  $\nu_2$  - кол-во  $\text{CO}_2$  в воде.~~

~~$\nu_2' = \nu_2 + \Delta \nu_2' + \Delta \nu_2$~~

~~$\Delta \nu_2 = k P_0 \cdot \frac{V}{4}; \Delta \nu_2' = k P \cdot \frac{V}{4}$~~

~~$\Rightarrow \nu_2' = \nu_2 + k \cdot \frac{V}{4} \cdot (P_0 + P)$~~

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!

$$\begin{aligned} v_2' &= v_2 + k \cdot \frac{V}{4} \cdot (\rho_0 - \rho) = \frac{11}{4} v_2 \Rightarrow v_2 + \frac{kV}{4} \cdot (\rho_0 - \rho) = \frac{11}{4} v_2 \\ \frac{v_1}{v_2} &= 2 \Rightarrow v_1 = 2v_2 \end{aligned}$$

$$v_2' = v_2 + v_k$$

При постоянной температуре  $T$  в воде почти неим  $\text{CO}_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta v = k \rho_0 \cdot \frac{V}{4} = v_k \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2' = v_2 + k \frac{\rho_0 V}{4} \Rightarrow \frac{9}{2} v_2 = k \frac{\rho_0 V}{4}$$

$$v_2' = \frac{11}{4} v_1 \Rightarrow v_2' = \frac{11}{2} v_2$$

$$v_1 = 2v_2$$

Заметим, что  $\frac{\rho_0 V}{4} = v_2 R T_0 \Rightarrow \frac{9}{2} v_2 = k \cdot v_2 R T_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$

Ответ: 1)  $\frac{v_1}{v_2} = 2$ .

2) —

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

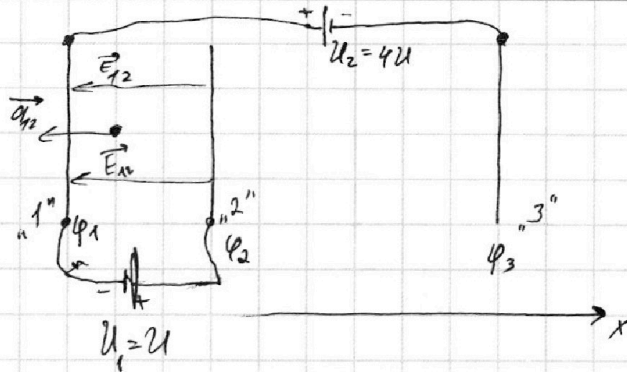
1  2  3  4  5  6  7



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



$d; 2d$   
 $U_1 = U; U_2 = 4U$   
 $m; q > 0; V_0$



- 1)  $a_{12} = ?$
- 2)  $K_1 - K_2$
- 3)  $v_A = ?$ ,  $d$  см,  $1''$

1) Пусть  $\varphi_3 = 0 \Rightarrow \varphi_1 = 4U; \Rightarrow \varphi_2 = 5U \Rightarrow$

$\Rightarrow \Pi_i$  - потенциальная энергия, в некоторой точке.  $\Rightarrow \Pi_i = q \cdot \varphi_i$   
 (заряда  $q$ )

$\Rightarrow$  1)

2-ой Закон Ньютона:  $F_{Кулона} = m\vec{a} \Rightarrow 0x: -q \cdot E_{12} = -ma_{12} \Rightarrow$

$\Rightarrow a_{12} = \frac{q}{m} \cdot E_{12}$

Считаем что поле  $E_{12}$  между "1" и "2" однородно  $\Rightarrow E_{12} = \frac{5U - 4U}{d} = \frac{U}{d}$

$a_{12} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}$

2)  $\left. \begin{aligned} \Pi_1 &= q \cdot \varphi_1 = q \cdot 4U = 4qU \\ K_1 &= W_{полн} - \Pi_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow K_1 = \frac{mV_0^2}{2} - 4qU$

$W_{полн} = K_0 = \frac{mV_0^2}{2}$ , т.к. мая поле  $\vec{E}$  отсутствует (мая  $\leftrightarrow$  на боковой грани зарядов  $\vec{E}$  пластины)

$\left. \begin{aligned} \Pi_2 &= q \cdot \varphi_2 = 5qU \\ K_2 &= W_{полн} - \Pi_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow K_2 = \frac{mV_0^2}{2} - 5qU$

$K_2 = W_{полн} - \Pi_2$

$K_1 - K_2 = \left( \frac{mV_0^2}{2} - 4qU \right) - \left( \frac{mV_0^2}{2} - 5qU \right) = qU = K_1 - K_2$

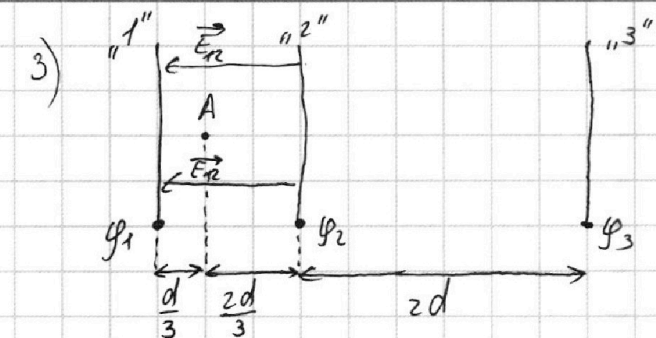
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$\vec{E}_{12}$  направлен влево  $\Rightarrow$

$\Rightarrow \varphi_A = \varphi_2 - U_{2A}$ , где

$U_{2A}$  - напряжение между

пластинкой "2" и точкой A.

$$\left. \begin{aligned} U_{2A} &= E_{12} \cdot \frac{2d}{3} \\ E_{12} &= \frac{U}{d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_{2A} = \frac{U}{d} \cdot \frac{2d}{3} = \frac{2}{3}U \Rightarrow \varphi_A = \varphi_2 - U_{2A} = 5U - \frac{2}{3}U =$$

$$= \frac{15-2}{3} \cdot U = \frac{13}{3} \cdot U = \varphi_A$$

$$\Pi_A = q \cdot \varphi_A = q \cdot \frac{13}{3}U$$

$$K_A = \frac{m v_A^2}{2}, \text{ но также } K_A = W_{\text{полн}} - \Pi_A = \frac{m v_0^2}{2} - q \cdot \frac{13}{3}U$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - q \cdot \frac{13}{3}U \Rightarrow v_A^2 = v_0^2 - \frac{q}{m} \cdot \frac{26}{3} \cdot U$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{26}{3} \cdot \frac{q}{m} \cdot U}$$

Ответ: 1)  $a_{12} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}$  ;

2)  $K_1 - K_2 = qU$  ;

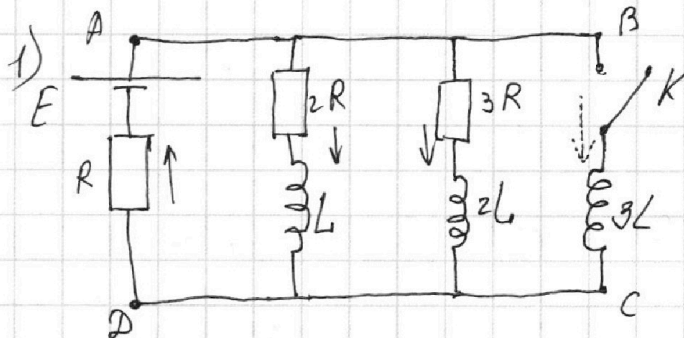
3)  $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{26}{3} \cdot \frac{q}{m} \cdot U}$  .

1  2  3  4  5  6  7

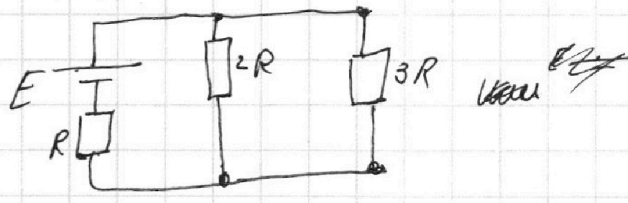
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) $y_{10} = ?$	1) $y_{10} = ?$
2) $\frac{dy_{3L}}{dt} = ?$	2) $\frac{dy_{3L}}{dt} = ?$
3) $y_{3R} = ?$	3) $y_{3R} = ?$

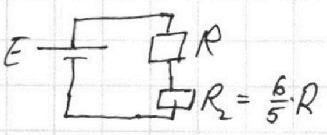


1 - ключ K разомкнут, режим установився  $\Rightarrow$  эквивалентная схема выглядит так:



$$\frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} = \frac{1}{R_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R} = \frac{6}{5} R \Rightarrow$$



$$y_{\text{общ}} = \frac{E}{\frac{11}{5}R} = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R} = y_{10} + y_{3R}, \text{ где на } y_{10} - \text{ ток через } 2R, \\ y_{3R} = \text{ток через } 3R.$$

$$U_{10} = U_{3R} \Rightarrow \begin{cases} y_{10} \cdot 2R = y_{3R} \cdot 3R \\ y_{10} + y_{3R} = y = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R} \\ y_{3R} = \frac{2}{11} \cdot \frac{E}{R} \end{cases}$$

$$\boxed{y_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}} - \text{ток через } 2R \text{ до замыкания } K \text{ в установившемся режиме.}$$

2) Ключ K замыкают: контур ABCDA:  $E - 3L \cdot \frac{dy_{3L}}{dt} = y \cdot R$   
 $y$  - ток через R в момент после замыкания K.

Магнитный поток в  $2L$  и в  $3L$  в первое мгновение ~~после~~ после



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!

замыкания сохранится таким же, как и до, индуктивности  
 $2L$  и  $3L$  постоянны, а значит ток через  $2L$  и  $3L$  в  
это индуктивное будет равен нулю. Ток в первом  
индуктивное после замыкания  $K$  через  $3L$  также сохра-  
нится и будет равен нулю  $\Rightarrow \mathcal{I} = \frac{2}{11} \cdot \frac{E}{R} + \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R} = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R} \Rightarrow$

$$\Rightarrow 3L \cdot \frac{d\mathcal{I}_{3L}}{dt} = E - \mathcal{I}R = E - \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R} \cdot R = \frac{6}{11} \cdot E$$

$$\boxed{\frac{d\mathcal{I}_{3L}}{dt} = \frac{2}{11L} \cdot E}$$

Ответ: 1)  $\mathcal{I}_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$  ;

2)  $\frac{d\mathcal{I}_{3L}}{dt} = \frac{2}{11L} \cdot \frac{E}{L}$  ;

3) —

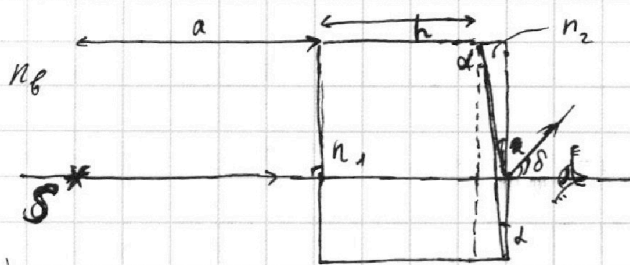
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



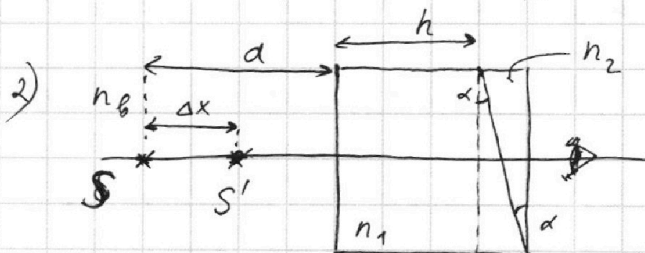
1)  $n_1 = n_2 = 1; n_2 = 1,7$

Тризмма с ~~дв~~ коэффициентом преломления  $n_2$  - клин (бл) (оптический), при этом

$\alpha = 0,1 \text{ рад}$ , то есть угол при вершине мал  $\Rightarrow$

$\Rightarrow \delta = \alpha \cdot (n_2 - 1)$ , м.к.  $\sin \alpha \approx \alpha; \sin \delta \approx \delta; n_2 = n_1 = 1;$

$n_2 = 1,7 \Rightarrow \delta = 0,1 \text{ рад} \cdot (1,7 - 1) = 0,07 \text{ рад} = \delta$



$n_1 = n_2 = 1; n_2 = 1,7$

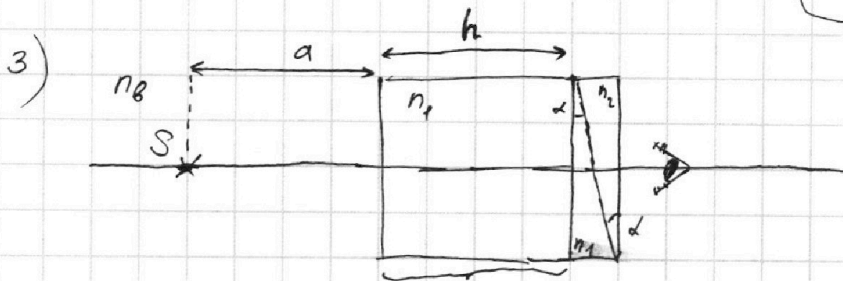
$\Delta x = \left| \frac{n_2 - n_1}{n_1} \right| \cdot (a + h) \cdot$

- расстояние от S до S', где

S' - координата источника света:  $\Delta x = \left| \frac{1,7 - 1}{1} \right| \cdot (194 + 9) =$

( $a = 194 \text{ см}; h = 9 \text{ см}$ )

$= 0,7 \cdot 203 = 142,1 \text{ (см)} = \Delta x$



Можно заметить слой с коэффициентом преломления  $n_1$  и толщиной  $h$  на отсутствие какого либо слоя, одного необходимо

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

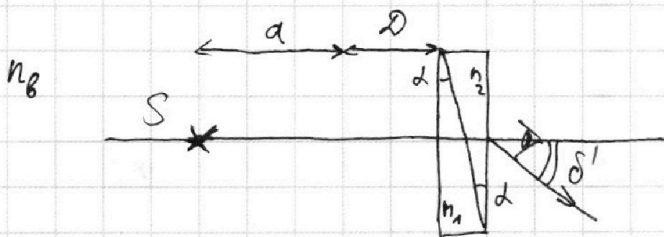
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

измерить расстояние  $h$  на  $D = \frac{h}{n_1}$ , т.е. превратить источник  
света  $S$  в к. остальной части оптической системы на расстоянии  
~~к источнику~~  $h - \frac{h}{n_1} = \frac{hn_1 - h}{n_1} = \frac{9 \cdot 1,5 - 9}{1,5} = \frac{13,5 - 9}{1,5} = \frac{4,5}{1,5} = 3 \text{ (см)}$ .  
( $D = 6 \text{ см}$ )

Замерим и построим эквивалентную схему:



Заметим, что угол отклонения  
луча  $\delta_1$  в клине  $n_1$  не

зависит от угла падения луча от источника  $S \Rightarrow$  аналогично  
для клина  $n_2 \Rightarrow$  Можно утверждать, что клин  $n_1$  ~~всегда~~  
направляет луч "по часовой стрелке" с углом  $\delta_1 = \alpha(n_1 - 1)$  к  
прямой, на которой летит источник  $S$  и глаз, а  
клин  $n_2$  направляет луч "против часовой" с углом  $\delta_2 = \alpha(n_2 - 1)$  к  
прямой источник - глаз.  $\Rightarrow$  суммарно глаз отклонится на угол

$$\delta_2 - \delta_1 = \alpha(1,7 - 1) - \alpha(1,5 - 1) = 0,2 \cdot \alpha \text{ по часовой стрелке.}$$

$$\text{Обозначим } \delta_2 - \delta_1 = \delta' = 0,2 \alpha = 0,2 \cdot 0,1 \text{ рад} = 0,02 \text{ рад.}$$

Замерим эту систему на эквивалентную. Тогда  $\delta' = \gamma \cdot (n_1 - 1)$ ,

$$\text{где } \gamma - \text{угол при входе в клин} \Rightarrow 0,5 \gamma = 0,02 \text{ рад} \Rightarrow \gamma = 0,04 \text{ рад.}$$

$$\text{Тогда } \Delta x = \left| \frac{n_1 - n_0}{n_0} \right| \cdot (a + D) \Rightarrow \Delta x = 0,5 \cdot 200 \text{ см} = 100 \text{ см.}$$

Ответ: 1) 0,02 рад ; 2) 142,1 см ; 3) 100 см .

СТР. 2.



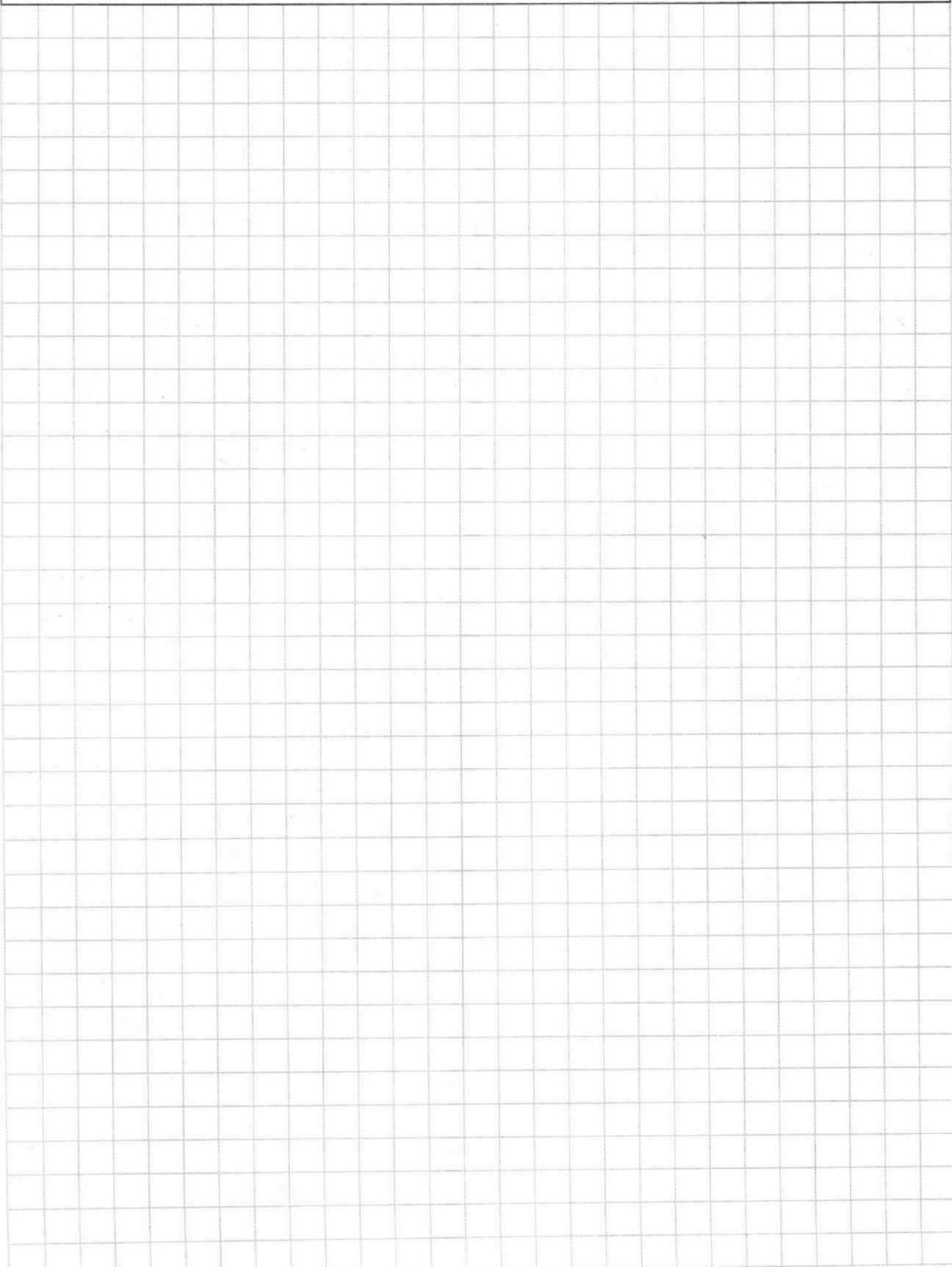
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

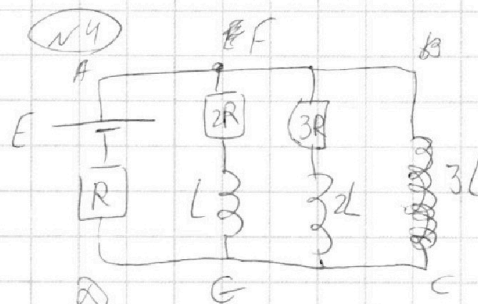
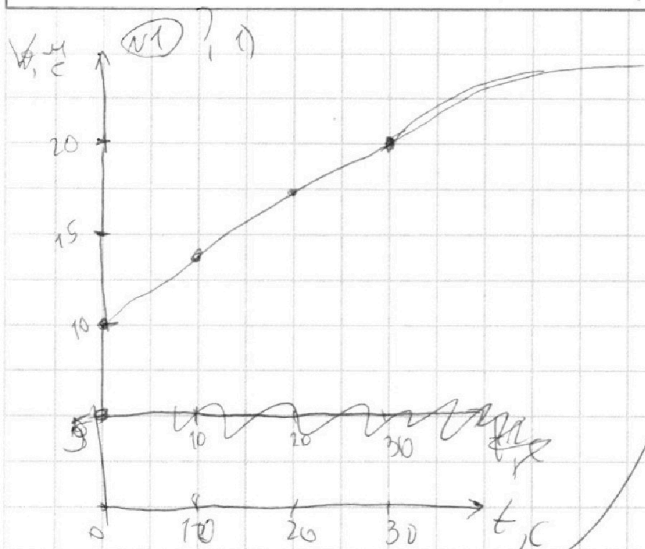
Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



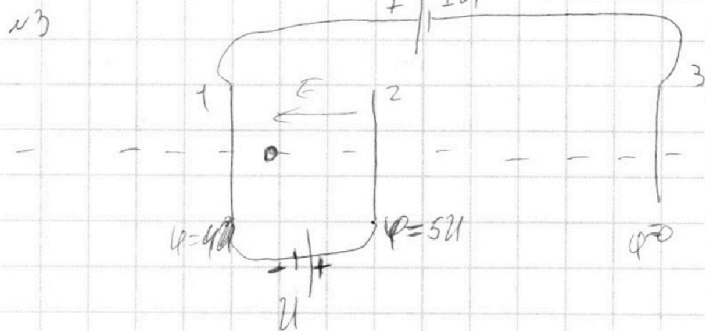
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$\oint E \cdot dl = -3L \frac{dy}{dt} - L \frac{dy}{dt} = -4L \frac{dy}{dt}$

$-4L \frac{dy}{dt} = I \cdot 2R$

$-2L \frac{dy}{dt} = I \cdot R$



$qE = ma$

$a = \frac{q}{m} \cdot E$

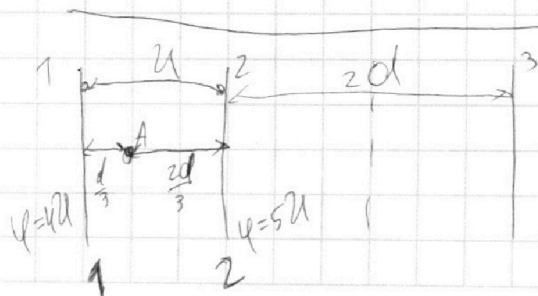
$qE \cdot d = U \Rightarrow E = \frac{U}{d}$

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

2)  $W_{K0} = \frac{mv_0^2}{2}$ ;  $P_1 = q \cdot 4U$ ;  $W_{K1} = \frac{mv_1^2}{2} - q \cdot 4U$

$P_2 = q \cdot 5U \Rightarrow W_{K2} = \frac{mv_2^2}{2} - q \cdot 5U$

$K_1 - K_2 = -4qU + 5qU = qU$



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

$E = \frac{U}{d}$ ;  $E \cdot \frac{2d}{3} = \varphi_A$   
 $\varphi_A = 5U - \frac{U}{d} \cdot \frac{2d}{3} = 5U - \frac{2}{3} \cdot U = \frac{15-2}{3} U = \frac{13}{3} U$

$P_A = q \varphi_A = q \cdot \frac{13}{3} U$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

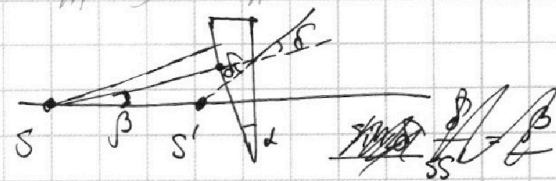
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

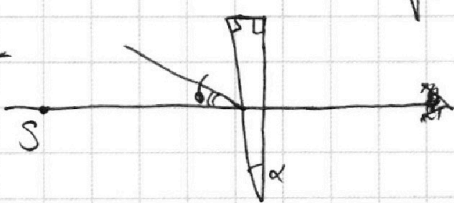
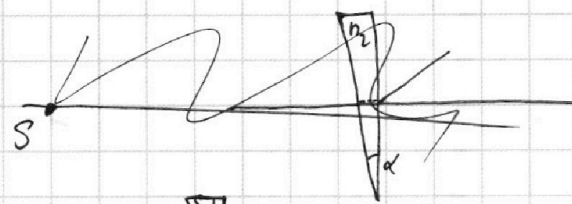
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$K_A = \frac{mv_0^2}{2} - q \cdot \frac{13}{3} U = \frac{mv_A^2}{2} \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow v_0^2 - \frac{q}{m} \cdot \frac{13}{3} U = v_A^2$$

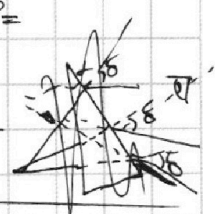
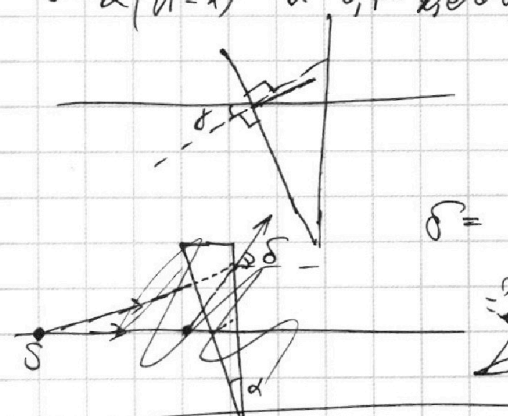
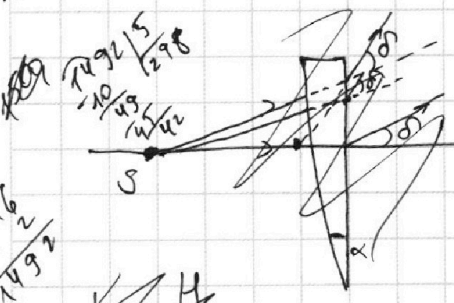
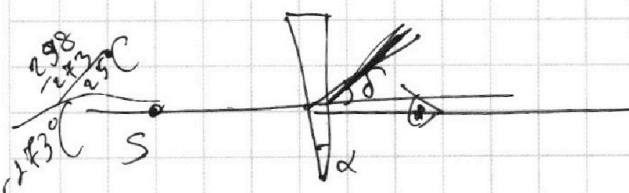
$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{q}{m} \cdot \frac{13}{3} U}$$



(15)



$$\delta = d(n-1) = d \cdot 0,7 = 2,6 \cdot 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$



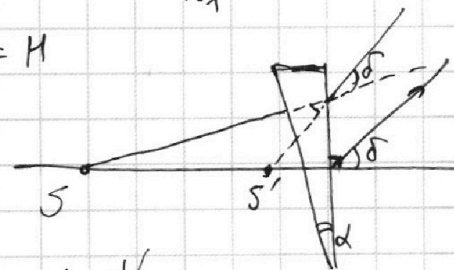
$$\frac{298}{2} = 149$$

$$\frac{149}{2} = 74,5$$

$$\frac{5}{5} = 1$$

$$k = \frac{H}{h}$$

$$\frac{h}{h_1} = H$$



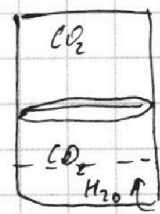
$$\frac{V}{4} = \frac{5V}{20}$$

$$\frac{V}{5} = \frac{4V}{20}$$

	T	4V
	T	11V
		5V

$$\Delta V = k p \frac{V}{4}$$

$$\Rightarrow A = B = 1$$



$$p \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 RT$$

$$p \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 RT$$

$$2 = \frac{\nu_1}{\nu_2}$$

$$\nu_2 = \frac{\nu_1}{2}$$

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

$$p \cdot \frac{4V}{20} = \nu_1' RT$$

$$p \cdot \frac{11V}{20} = \nu_2' RT$$

$$\nu_2' = \nu_2 + \Delta \nu \Rightarrow p \cdot \frac{11V}{20} = (\frac{\nu_1}{2} + \Delta \nu) RT$$

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!

$$\frac{g}{2} V_2 = \frac{p_0 V}{4RT_0} \cdot \frac{g}{2} = \frac{kV(p_0 - p)}{4}$$

$$\frac{3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3}}{\dots}$$

$$\frac{p_0}{RT_0} \cdot \left(\frac{g}{2}\right) = k(p_0 - p)$$

$$p_{20} \frac{V}{20} = \frac{5}{4} RT = \frac{5}{4} R \cdot \frac{5}{4} T_0 = \frac{5}{4} \cdot p_0 \cdot \frac{V}{2}$$

$$p \cdot \frac{V}{20} = \frac{5}{4} p \cdot \frac{V}{2} = \frac{5}{8} p_0 = \frac{p}{20} \Rightarrow p_0 = \frac{8}{5} \cdot \frac{p}{20} = \frac{2p}{100}$$

$$\frac{L \cdot y^2}{2} = \frac{3L \cdot y_{3L}^2}{2}$$

$$p \cdot \frac{V}{5} = \frac{5}{4} p_1 \cdot RT_0 = \frac{5}{4} \cdot p_0 \cdot \frac{V}{2}$$

$$p \cdot \frac{V}{5} = p_0 \cdot \frac{V}{2} \Rightarrow 2p = 5p_0 \Rightarrow p_0 = \frac{2}{5} p$$

$$p \cdot \frac{11V}{20} = \frac{11}{4} p_1 \cdot RT_0 \cdot \frac{5}{4} = \frac{55}{16} \cdot p_0 \cdot \frac{V}{2} = \frac{p_0 \cdot 55V}{32}$$

$$\frac{11p_0}{20} = \frac{11p \cdot 5}{32} = 32p = 5$$

$$\Delta x = \left| \frac{n_2 - n_1}{n_1} \right| \cdot x$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 194 \\ \hline 203 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 203 \\ \times 203 \\ \hline 7421 \end{array}$$

$$\frac{9175}{346}$$

$$a + D = 194 + 6 = 200$$

$$\alpha(n_2 - 1) = 0,7d$$

$$d(n_1 - 1) = 0,5d$$

$$D = \frac{h}{\lambda}$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 15 \\ \hline 135 \\ - 135 \\ \hline 0 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7



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

$$pV^\gamma = \text{const} \Rightarrow p = \frac{\text{const}}{V^\gamma} \Rightarrow p'(V) = \frac{dp}{dV} = \text{const} \cdot (V^{-\gamma})' =$$
$$= \text{const} \cdot (-\gamma) \cdot V^{-\gamma-1} \Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\gamma \frac{1}{V} \cdot \frac{\text{const}}{V^\gamma}$$

$$c = \sqrt{\frac{k'}{\rho}}$$
$$k = -\frac{dp}{dV} \cdot V \Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{k}{V}$$



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!



2)  $\frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{1}{3L} (E - \gamma R)$  ~~и~~  $\frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{1}{3L} \cdot \left( E - \frac{5}{11} \frac{E}{R} \right) = \frac{E}{3L} \left( 1 - \frac{5}{11} \right) = \frac{E}{3L} \cdot \frac{6}{11} = \frac{2E}{11L}$

в первом направлении  $\Delta\Phi_L = \Delta\Phi_U = 0$

3)  $N_k = \text{Король: } E = \gamma_k R; N_L = \frac{3L}{2} \gamma_k^2 = \frac{3L}{2} \frac{E^2}{R^2}$

$P = \frac{11V}{20} = \gamma_1' RT$

$\frac{11}{4} = \frac{\gamma_1'}{\gamma_2'} \Rightarrow \gamma_1' = \frac{4\gamma_2'}{11}$

$\gamma_1' = \frac{E}{R}$   $\Rightarrow \gamma_2' = \frac{11E}{4R}$

$\Delta\gamma = \Delta\gamma_k = \frac{11E}{4R} - \frac{E}{R} = \frac{7E}{4R}$

$P_0 = \frac{4E^2}{R^2}$

$\frac{1850}{17000}$

$\frac{18000}{1450}$

$\frac{16}{20} = \frac{20}{20}$

$F_k - F_c = ma; F_k - d v = ma$

$v = v_1$

В конце разгона:  $F_k = F_c = d \cdot v_{max} \Rightarrow d = \frac{F_k}{v_{max}}$

$v = v_1; F - d v_1 = m a_1$   $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 - 10}{30} = \frac{10}{30} = \frac{1}{3} \frac{m}{c^2}$

2)  $F = m a_1 + d v_1 = m a_1 + \frac{F_k}{v_{max}} \cdot v_1$

$v_{max} = 25$

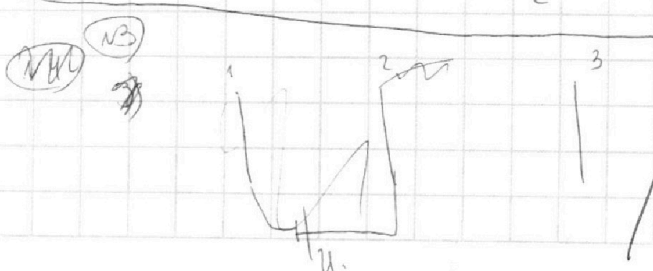
$F = 1800 \text{ кг} \cdot \frac{1}{3} \frac{m}{c^2} + \frac{500 \text{ Н}}{25 \text{ м}} \cdot e \cdot 20 \frac{m}{c} = (600 + 400) \text{ Н} = 1000 \text{ Н}$

$\frac{500 \cdot 20}{25} = \frac{10 \cdot 10^3}{25} = \frac{10^2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 8}{25} = 4 \cdot 10^2 = 400$

$\frac{18000}{18} = 1000$

$\frac{35}{2} = 17.5$

3)  $P = F v_1 = 1000 \cdot 20 \frac{m}{c} = 20 \text{ кВт}$



$a_1 = \frac{20 - 17.5}{10} = \frac{2.5}{10} = \frac{1}{4}$

$= \frac{25}{100} = \frac{1}{4}$

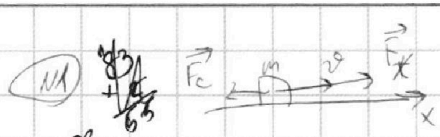
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\vec{F}_k + \vec{F}_c = m\vec{a} \quad ; \quad F_c = k v$$

$$F_k - F_c = ma$$

$$F_k - k v = m \frac{dv}{dt} \Rightarrow F_k dt - k v dt = m dv$$

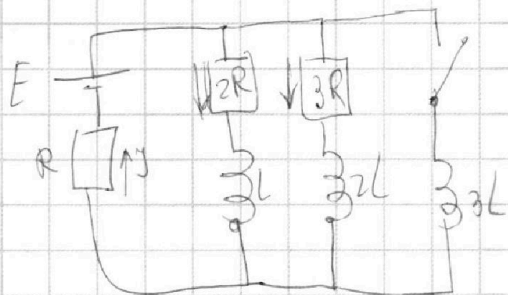
$$F_k \int_0^t dt - k \int_0^x dx = m \int_{v_0}^{v_1} dv \Rightarrow F_k t - k x = m(v_1 - v_0)$$

$$\begin{array}{r} 30000 \ 8003 \\ 849 \ 136 \\ \hline 510 \ 8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 103 \\ 2 \ 5 \\ \hline 415 \end{array}$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow p = \frac{\nu RT}{V}$$

114



$$1) \quad E = I R + I \cdot \frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R}$$

$$= I \left( R + \frac{6R^2}{5R} \right) = I \left( R + \frac{6}{5}R \right) = \frac{11}{5} I R$$

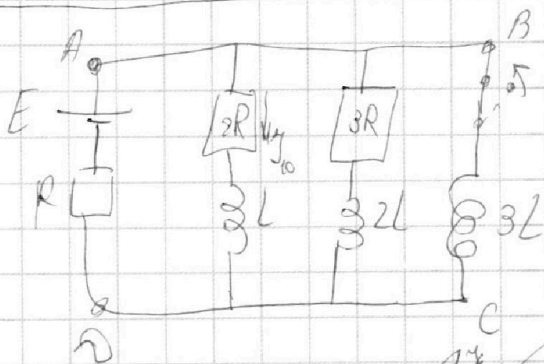
$$E = \frac{11}{5} I R \Rightarrow I = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

$$U_{2R} = E - I R = E - \frac{5}{11} E = \frac{6}{11} E \Rightarrow I_{10} = \frac{U_{2R}}{2R} =$$

$$= \frac{6}{11} \cdot \frac{E}{2R} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

$$1) \quad I_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

$$\Delta v = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}; \quad \Delta v' = \Delta v - k p \cdot \frac{V}{4} = k \frac{V}{4} (p_0 - p)$$



$$ABCA: \quad E - 3L \frac{dI}{dt} = I R \Rightarrow 3L \frac{dI}{dt} = E - I R$$

$$3L \frac{dI}{dt} = E - I R = \frac{1}{3L} (E - I R)$$

$$3L \frac{dI}{dt} = E - I R$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{1}{3L} (E - I R), \quad \text{при } I=0 \text{ получаем } \frac{dI}{dt} = \frac{E}{3L}$$

$$3L dI = E dt - I R dt$$

$$3L \int_0^I dI = E \int_0^t dt - I R \int_0^t dt \Rightarrow 3L(I - 0) = Et$$

$$I_2 = \frac{p_0 V}{4RT_0}$$

$$\frac{I_2}{2} = 2 \Rightarrow I_2 = 2I_1 = 2I_2$$

$$I_2' = \frac{11}{4L} \cdot 2I_2 = \frac{11}{2} I_2$$

$$I_2' - I_2 = \frac{9}{2} I_2 = \Delta I' = \frac{p_0 V}{4RT_0} \cdot \frac{9}{2}$$