



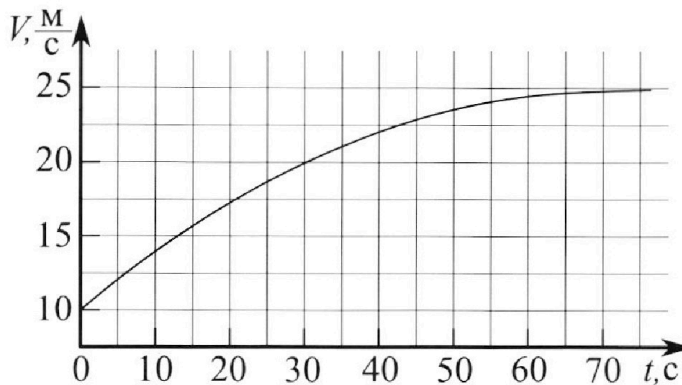
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

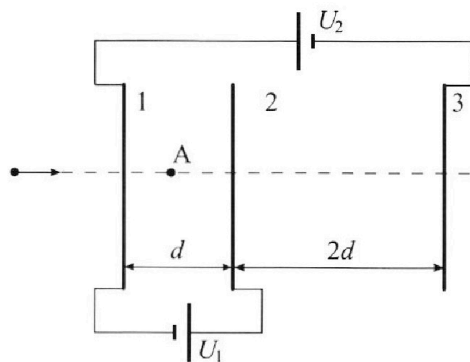
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$ ($P_{\text{АТМ}}$ - 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.

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

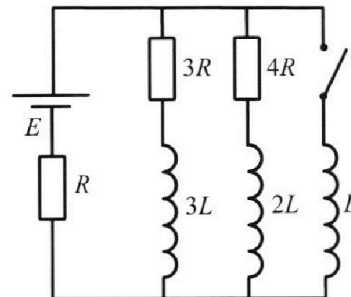
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



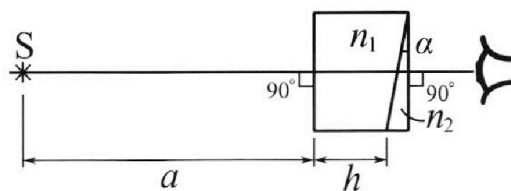
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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 $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



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

Предположим, что в первые 5 сек. с начала разгона автомобиль ускорился

линейно, тогда $\Delta v(\frac{t}{s}) = a_0 t \approx \frac{5}{8} \cdot \frac{1}{4} v_0 \approx \frac{25}{12} \frac{m}{c}$.

1) $a_0 \approx \frac{5}{12} \frac{m}{c^2}$,

L - коэффициент пропорциональности $F_{уп}$ и v , тогда запишем БЗН для конкретного момента:

$F_k = L v_k \quad \frac{F_k}{v_k} = L$

БЗН:

$F_0 - L v_0 = m a_0$

2) $F_0 = 865 \text{ Н}$,

3) $P_0 = F_0 \cdot v_0 = 8650 \frac{J}{c} \text{ Вт}$

Ответ: 1) $a_0 \approx \frac{5}{12} \frac{m}{c^2}$, 2) $F_0 = 865 \text{ Н}$, 3) $P_0 = 8650 \text{ Вт}$

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!



$\sqrt{2}$ *по условию задачи*

$p_0, T_0, \frac{V}{4}, \nu_1$
$p_0, T_0, \frac{V}{4}, \nu_2$
$\frac{V}{4}$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_1 R T_0$$

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

$$\Delta \nu = k p_0 \cdot \frac{V}{4}, \quad R = \frac{8.314}{2}$$

$$1) \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{4}{2} \cdot \frac{R T_0}{R T_0} \cdot \frac{V}{V} = 2$$

$$\nu_2 = 2 \nu_1$$

$p_1, T, \frac{V}{4}, \nu_2$
$p_1, T, \frac{11}{20} V, (\nu_1 + \Delta \nu)$
$\frac{V}{4}$

$$2) \nu_1 = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$$

$$p_1 \cdot \frac{V}{4} = 2 \nu_1 \cdot R T$$

$$p_1 \cdot \frac{11}{20} V = (\nu_1 + \Delta \nu) \cdot R T$$

$$\frac{\nu_1 + \Delta \nu}{2 \nu_1} = \frac{11}{2} =$$

$$= \frac{\frac{p_0 V}{4 R T_0} + \frac{k p_0 V}{4}}{\frac{p_0 V}{4 R T_0}} = 1 + k R T_0 =$$

$$= 1 + \frac{k T_0}{T} \cdot 5 \cdot 10^3 = \frac{11}{2}$$

$$\frac{9}{2} = \frac{k T_0}{T} \cdot 5 \cdot 10^3$$

$$\frac{2 \cdot 10^3 \cdot k}{9} = \frac{T}{T_0} = \frac{1}{3}$$

Ответ: 1) $\frac{\nu_2}{\nu_1} = 2$, 2) $\frac{T}{T_0} = \frac{1}{3}$

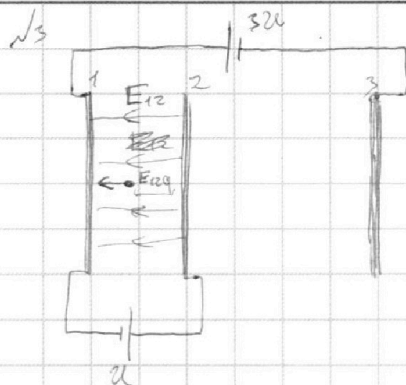
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\mathcal{U}_1 = \mathcal{U} = E_{12}d \quad E_{12} = \frac{\mathcal{U}}{d}$$

1) БЗН: $ma_{12} = E_{12} \cdot q \Rightarrow a_{12} = \frac{\mathcal{U}q}{md}$

2) $\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = ? \quad v_1 = v_0 \quad v_2 = ?$

$$\mathcal{L} = \frac{v_0^2 - v_2^2}{-2a_{12}} \Rightarrow v_2^2 = v_0^2 - \frac{2\mathcal{U}q}{m}$$

v_A — скорость в точке А

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{m(v_0^2 - \frac{2\mathcal{U}q}{m})}{2} = \mathcal{U}q$$

3) $\frac{d}{q} = \frac{v_A^2 - v_0^2}{-2a}$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{\mathcal{U}q}{2m}}$$

Ответ: 1) $a_{12} = \frac{\mathcal{U}q}{md}$, 2) $K_1 - K_2 = \mathcal{U}q$, 3) $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{\mathcal{U}q}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

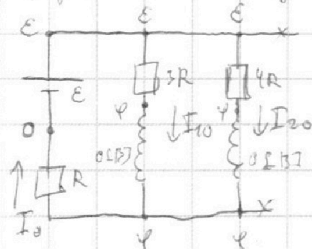
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐



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

№4

1) до замык. ключа (ген. пере.)



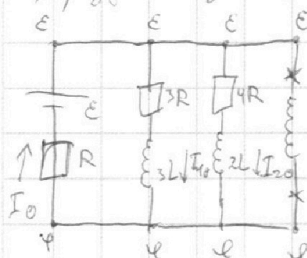
$$I_0 = I_{10} + I_{20}$$

$$\frac{\varepsilon - \varphi}{3R} + \frac{\varepsilon - \varphi}{4R} = \frac{\varphi}{R} \times 12$$

$$4\varepsilon - 4\varphi + 3\varepsilon - 3\varphi = 12\varphi$$

$$\frac{7}{19} \varepsilon = \varphi \Rightarrow I_{10} = \frac{4}{19} \frac{\varepsilon}{R}$$

2) сразу после замык. ключа



$$\varepsilon - \varphi = L \cdot I_L'$$

$$2) \frac{12}{19} \frac{\varepsilon}{L} = I_L'$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{4}{19} \frac{\varepsilon}{R}$, 2) $\frac{12}{19} \frac{\varepsilon}{L} = I_L'$

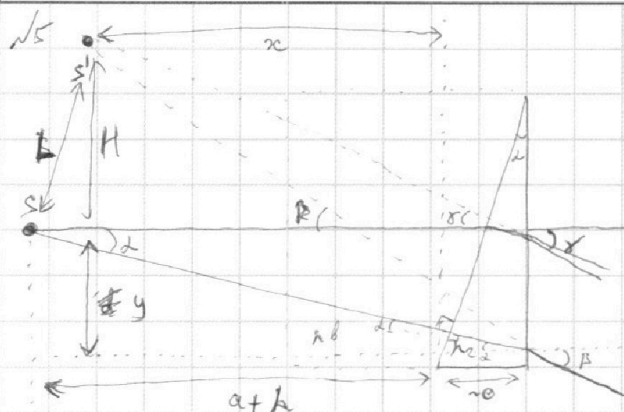
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

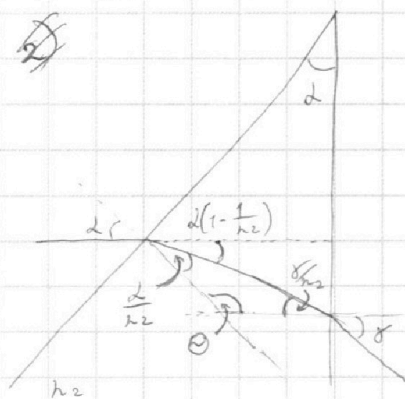


Будем считать, что углы β, γ и α равны,
тогда:

$$L n_2 = P \cdot n_2$$

$$1) \beta = L n_2,$$

$$y = L \cdot (a + h)$$



$$\theta = \pi - \alpha, \quad \frac{L}{n_2} + \theta + \frac{P}{n_2} = \pi$$

$$\frac{L}{n_2} + \pi - \alpha + \frac{P}{n_2} = \pi$$

$$P = L(n_2 - 1),$$

$$P x = L x - L(a + h) = H$$

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

$x = a + h$, значит изображение ~~находится~~ находится на расстоянии x от горизонтальной оси,
то и источник света, и H будет расположен от источника света до изображения.

$$2) H = L(n_2 - 1)(a + h) = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 10^4 = 7,28 \text{ см} = 8$$

Ответ: 1) $\beta = 0,17 \text{ рад.}$, 2) $H = L = 7,28 \text{ см}$



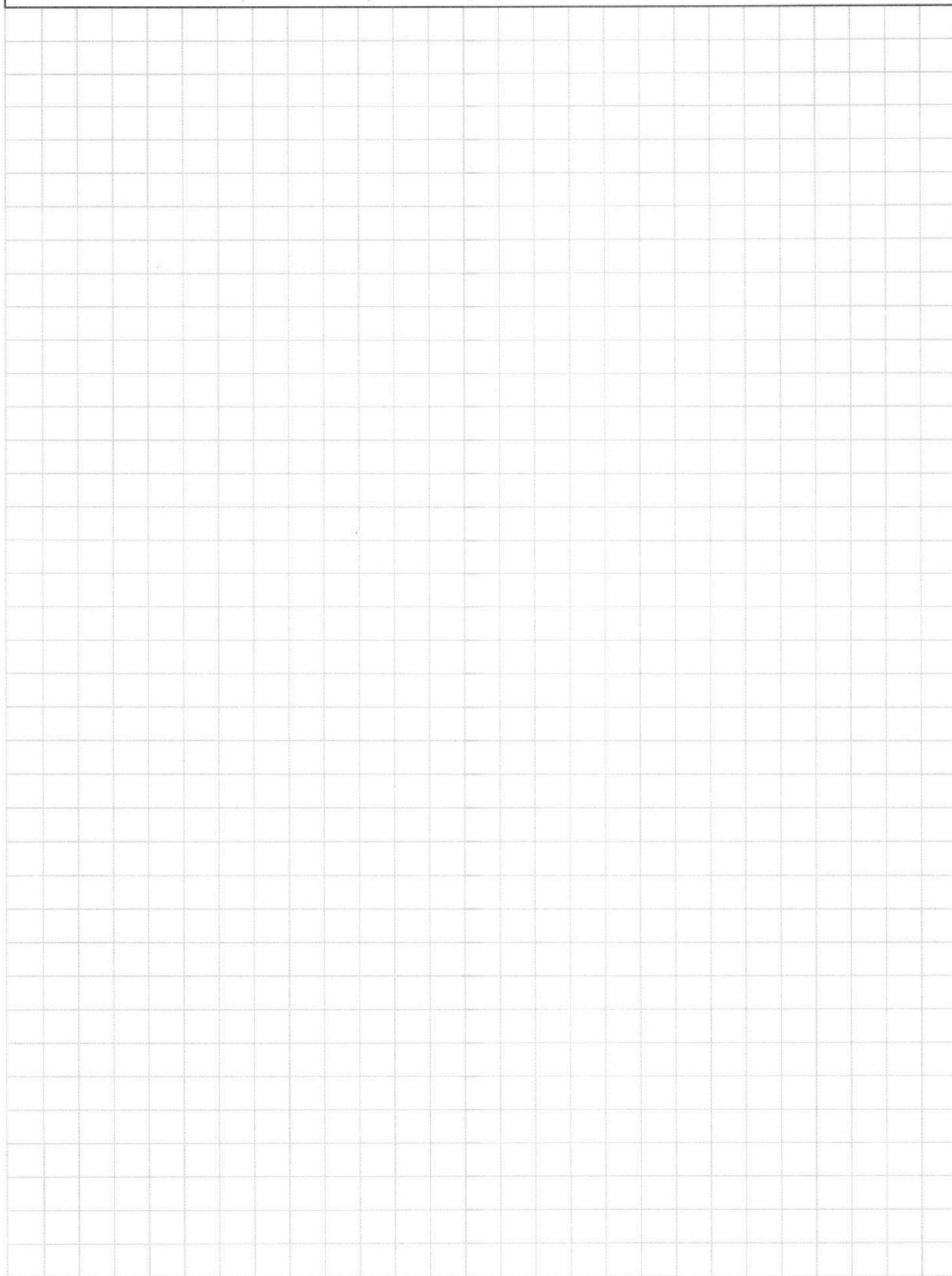
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



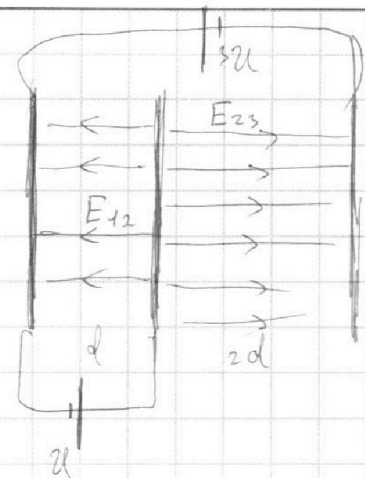
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



$$U = E_{12}d$$

$$E_{12} = \frac{U}{d} \quad \text{и} \quad E_{23} = E_{23} \cdot 2d - E_{12} \cdot d$$

$$ma = E_{12} \cdot q$$

$$1) a = \frac{Uq}{md} \quad v_2 = v_0 - \frac{Uq}{md}$$

$$2) \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_1 = v_0$$

$$d = \frac{v_1^2 - v_2^2}{-2a}$$

$$v_2^2 = \frac{2Uq}{m} + v_0^2$$

$$v_2^2 = v_0^2 - \frac{2Uq}{m}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(v_0^2 - \frac{2Uq}{m})}{2} = \frac{2Uq}{2} = Uq$$

$$3) \frac{d}{q} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{-2a} =$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{1}{2} \frac{2Uq}{m}} = \sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{m}}$$

Криволинейно

$$\frac{1.95}{6.2} = 0.3145$$

$$\left(\frac{2d}{R^2} - \frac{2 \cdot 1.95}{2.3 \cdot 10^{-2}} + \frac{2 \cdot 1.95}{2.3 \cdot 10^{-2}} \right) \cdot \frac{1}{2} =$$

$$\left(\frac{R^2}{2} - \frac{8.8}{(2.3 \cdot 10^{-2})^2} + \frac{2 \cdot 1.95}{2.3 \cdot 10^{-2}} \right) \cdot \frac{1}{2} = 1.95 = 3.62$$

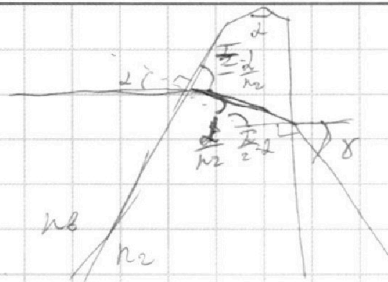
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

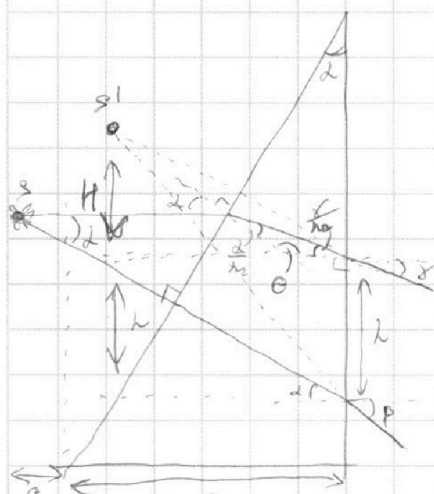


$$\frac{\lambda}{n_1} - \lambda + \frac{\lambda}{n_2} + \frac{\lambda}{n_2} = \lambda$$

$$\frac{\sin \gamma}{n_2} = \lambda \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) \times \frac{104}{0,07} = \frac{104}{0,28}$$

$$\sin \gamma = \lambda (n_2 - 1)$$

$$\sin \gamma = \beta x$$



$$\theta = \pi - \alpha \quad \frac{\lambda}{n_2} + (\pi - \alpha) + \frac{\lambda}{n_2} = \lambda$$

$$\gamma = \lambda (n_2 - 1)$$

$$h = \lambda a \sin \theta$$

$$\beta = \lambda n_2$$

$$\gamma x = \beta x - h$$

$$\lambda (n_2 - 1) x = \lambda n_2 x - \lambda a$$

$$x = a$$

$$\lambda (n_2 - 1) \cdot a = \lambda n_2 x$$

$$\frac{11}{2} = \frac{\frac{p_0 V}{4RT_0} + \frac{k p_0 V}{4}}{\frac{p_0 V}{4RT_0}}$$

$$\frac{1 + kRT_0}{4RT_0} = \frac{1}{4RT_0}$$

$$1 + kRT_0 = \frac{11}{2}$$

$$RT_0 = \frac{9}{2kR} =$$

$$R = \frac{3 \cdot 10^3}{T}$$

$$\frac{3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3 \cdot k} = T_0$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{k \cdot 2000}{9}$$

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!

МФТИ



№1

$p_0, T_0, \frac{V}{2}, j_2$
$p_0, T_0, \frac{V}{4}, j_1$
$\frac{V}{4}$
$p_1, T_1, \frac{V}{5}, j_2$
$p_1, \frac{11}{20}V, j_1 + \Delta j$
$\frac{V}{4}$

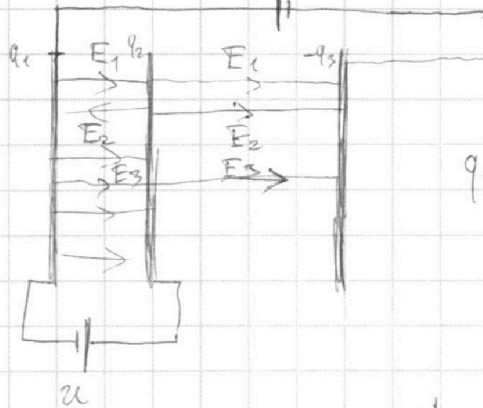
$$\Delta j = k p_0 \cdot \frac{V}{4}$$

$$p_0 \frac{V}{2} = j_2 R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{4} = j_1 R T_0$$

$$2 = \frac{j_2}{j_1}$$

$$\frac{3}{4}V - \frac{1}{5}V = \frac{11}{20}V$$



$$j_3 = j_1 + j_2$$

$$2U = (E_{23} + E_{12})l$$

$$I_{10} + I_{20} = I_0 \quad u) = E_{12}d + E_{23}2d = 2U$$

$$\frac{E-U}{3R} + \frac{E-U}{4R} = \frac{U}{R} \quad \times 12$$

$$E_{12} = \frac{U}{d}$$

$$4E - 4U + 3E - 3U = 12U$$

$$7E = 19U$$

$$\frac{7}{19}E = U$$

$$Q = 2qR + q_3R + q_4R$$

$$\Delta W_L = \frac{1}{2}L \left(\frac{E-U}{3R} \right)^2 -$$

$$- \frac{1}{2}2L \left(\frac{E-U}{4R} \right)^2 + \frac{1}{2}L \left(\frac{E}{R} \right)^2$$

$$A_{\text{max}} = 2qE$$

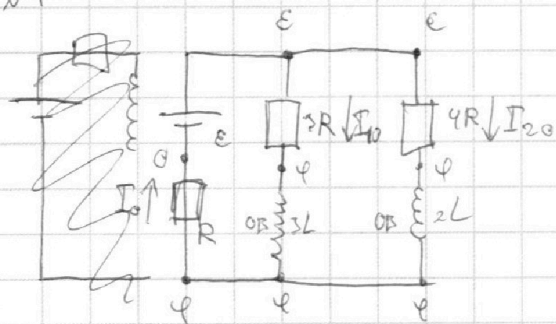
$$p_1 \cdot \frac{V}{5} = 2j_1 R T \quad \frac{11}{20} = \frac{j_1 + \Delta j}{2j_1}$$

$$p_1 \cdot \frac{11}{20}V = (j_1 + \Delta j) R T$$

$$\boxed{p_0 \cdot \frac{V}{2} = j_2 R T_0}$$

$$\boxed{p_0 \cdot \frac{V}{4} = j_1 R T_0}$$

№4



$$E - U = L \cdot I_1'$$

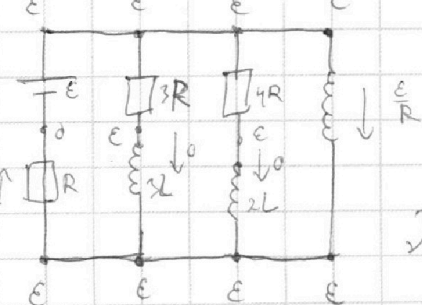
$$\frac{E-U}{L} = I_1'$$

$$2) \frac{12}{19} \frac{E}{L} = I_1'$$

$$1) I_{10} = \frac{E - \frac{7}{19}E}{3R} = \frac{4}{19} \frac{E}{R}$$

2)

$\frac{E}{R}$



$$j_1 = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$$

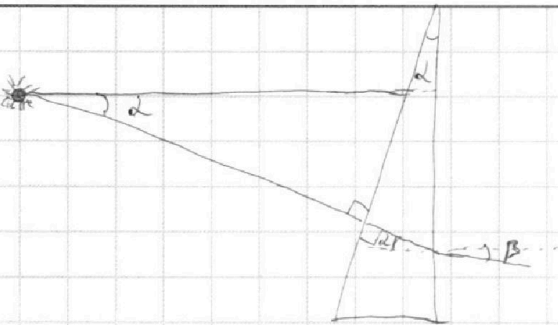
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

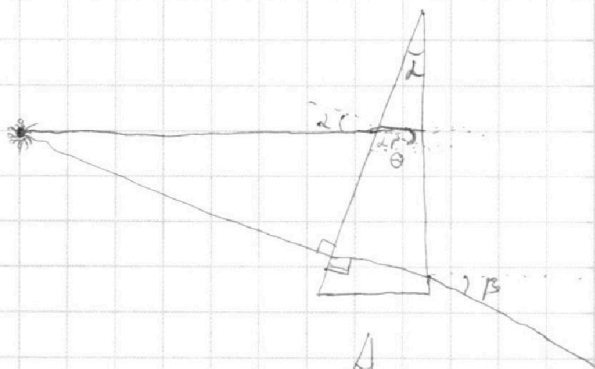


$$\sin \alpha \cdot n_2 = \sin \beta \cdot n_2$$

$$\sin \alpha = \sin \beta$$

если и угол β считать малым, то $\alpha \approx \beta$

$$\theta = \frac{\alpha}{n_2} = \frac{1}{10} \cdot \frac{17}{12} \cdot \frac{10}{17} = \frac{1}{12} \text{ рад.} \quad (= 0,17 \text{ рад.})$$



$$\begin{array}{r} 1500 \overline{) 12} \\ 12 \overline{) 125} \\ \underline{30} \\ 24 \\ \underline{60} \\ 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 125 \\ \times 125 \\ \hline 625 \end{array} \quad \begin{array}{r} 600 \overline{) 25} \\ 50 \overline{) 24} \\ \underline{100} \end{array}$$

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha + \alpha - \frac{\alpha}{n_2} = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{n_2}$$

$$\omega = \alpha + \gamma = \frac{\pi}{2} + \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) = \frac{\pi}{2} + x$$

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

$$x \cdot n_2 = \alpha (n_2 - 1)$$

$$F_k = \alpha v_k \quad F_0 - \alpha v_0 = m a_0$$

$$\frac{F_k}{v_k} = \alpha = 24 \frac{\text{Нс}}{\text{м}} \quad F_0 = m a_0 \cdot \alpha v_0$$

Можно предположить, что скорость
в кривой ~~маленькая~~ ^{5 сек.} времени изменилась не-
много, тогда

$$2) F_0 = 625 + 240 = 865 \text{ Н} \quad v_0 \approx a_0 t \approx \frac{1}{4} v_0 = \frac{25}{12} v_0 \approx \frac{1}{5} v_0 \approx 2 \text{ м/с}$$

$$3) P_0 = F_0 v_0 = 8650 \text{ Вт} \quad a_0 \approx \frac{5}{12} \text{ м/с}^2$$