



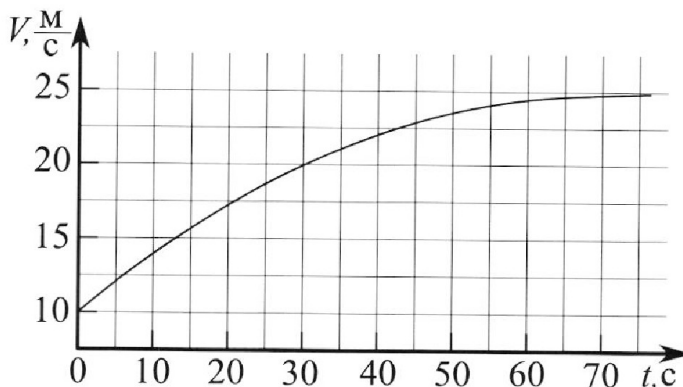
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- 2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- 3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

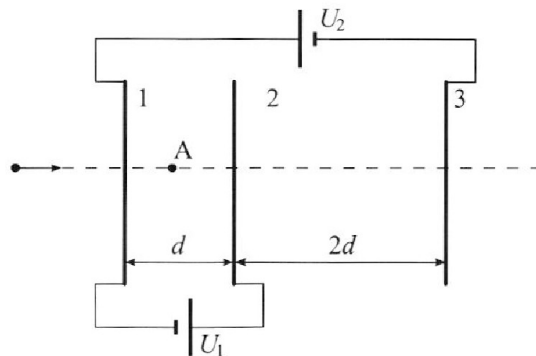
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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 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.



- 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 A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

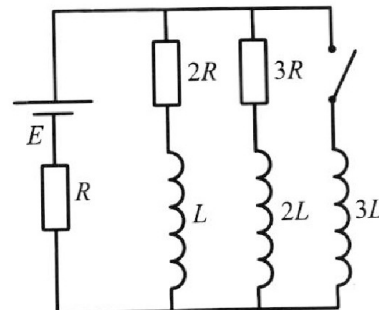
Вариант 11-01

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

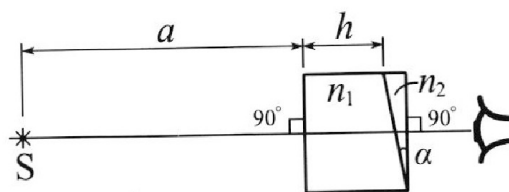
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_b = 1,0$. 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.



- 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

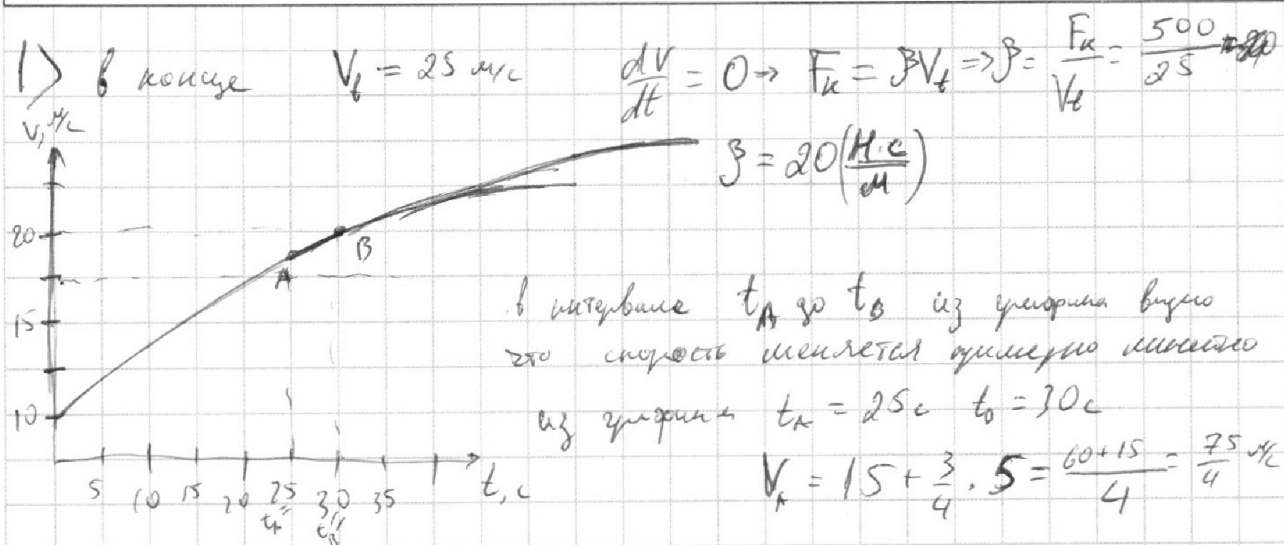
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$1) a \approx \frac{V_B - V_A}{t_B - t_A} = \frac{\frac{80}{4} - \frac{75}{4}}{5} = \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{5} = 0,25 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a = 0,25 \text{ м/с}^2$

2) F_i сила тяги при скорости $V_1 = 20 \text{ м/с}$
 F_{ci} сила сопротивления при скорости $V_1 = 20 \text{ м/с}$

$$F_{ci} = \beta V_1 = 20 \cdot 20 = 400 (\text{Н})$$

$$F_i - F_{ci} = ma \Rightarrow F_i = ma + F_{ci} = 1800 \cdot \frac{1}{4} + 400 = 450 + 400 = 850 (\text{Н})$$

Ответ: $F_i = 850 (\text{Н})$

$$3) P_i = F_i V_1 = 850 \cdot 20 = 17000 (\text{Вт})$$

Ответ: $P_i = 17000 (\text{Вт})$

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!



2

$\nu_1, P_0, V/2, T_0$
(1)
$\nu_2, P_0, V/4, T_0$
(2)
$V/4$



$\nu_1, P, V/5, T = \frac{5}{4}T_0$
(1)
$\nu_2', P, 0,55V, T$
(2)
$V/4$

$$(1) P_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$$

$$(2) P_0 \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{P_0 V}{2} \cdot \frac{4}{P_0 V} = 2$$

$\nu_2 = 0,5 \nu_1$

$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373(K) \quad RT \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$$

$$\Delta \nu = k p V$$

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

$$\text{Ответ: } \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$$

$$P \cdot \frac{V}{5} = \nu_1 R T$$

$$P_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\nu_1 R T \cdot \frac{5}{V}}{\nu_1 R T_0 \cdot \frac{2}{V}} = \frac{5}{2} \cdot \frac{5}{4} = \frac{25}{8}$$

$$P = P_0 \cdot \frac{25}{8}$$

$$P \cdot 0,55V = \nu_2' R T$$

$$\frac{\nu_2'}{\nu_1} = \frac{0,55}{\frac{1}{5}} = 2,75 = \frac{11}{4}$$

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

$$\Delta \nu_2 = k P_0 \frac{V}{4}$$

$$(1) \frac{P V}{5} = \nu_1 R T$$

$$(2) P V \cdot 0,55 = \nu_2' R T$$

$$\nu_2' = \nu_1 \cdot 5 \cdot 0,55 = \nu_1 \cdot 5 \cdot \frac{11}{20} = \nu_1 \cdot \frac{11}{4}$$

$$\Delta \nu_2 = \nu_2' - \nu_2 = \nu_1 \left(\frac{11}{4} - \frac{1}{2} \right) = \nu_1 \cdot \frac{11-2}{4} = \nu_1 \cdot \frac{9}{4} = k P_0 \frac{V}{4}$$

$$P_0 = \frac{9 \nu_1}{4 k V}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

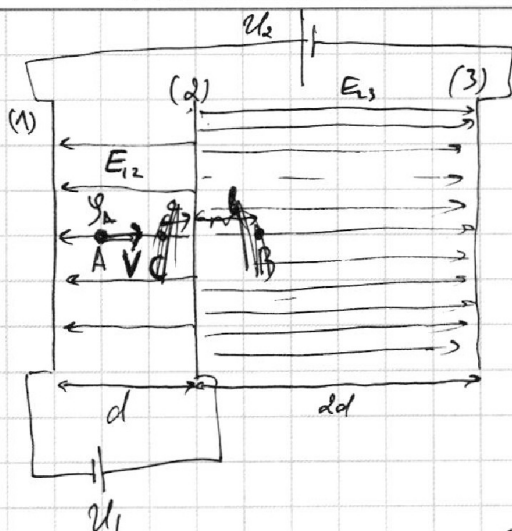
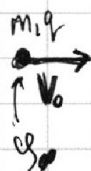
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



3)



$$U_1 = U$$

$$U_2 = 4U$$

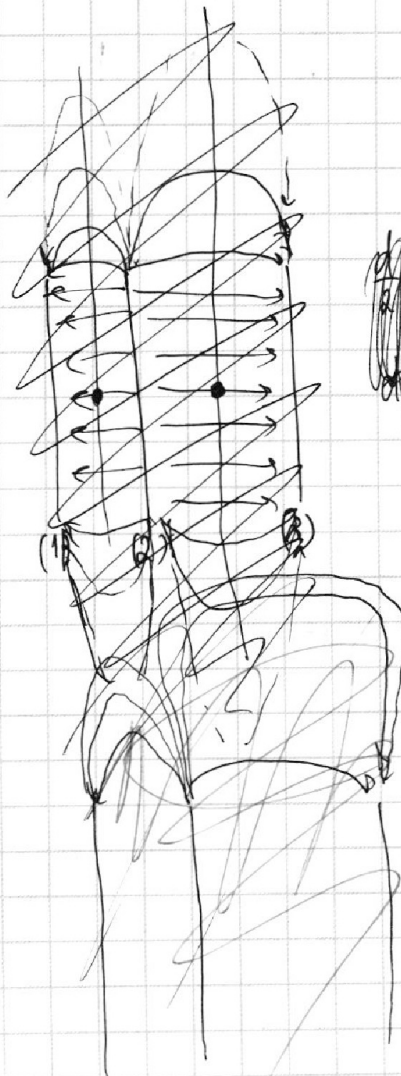
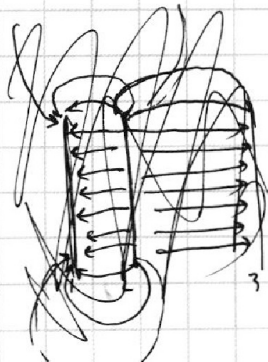
$$1) E_{12} \cdot d = U_1 = U \quad E_{12} = \frac{U}{d} \quad F = qE = \frac{qU}{d} = ma \quad a = \frac{qU}{md}$$

Ответ: $a = \frac{qU}{md}$

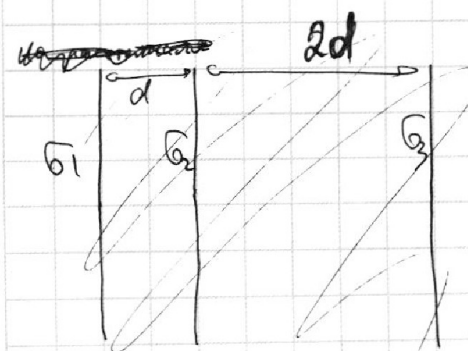
$$2) K_1 - K_2 = Fd = qU$$

Ответ: $K_1 - K_2 = qU$

3)



$$E_{23} = \frac{U_2 + U_1}{2d} = \frac{5U}{2d} = 2,5 \frac{U}{d}$$



$$\frac{1}{14} \cdot \frac{25}{80} \approx 11,35 =$$

$$= 35 + 3,5 = 38,5$$

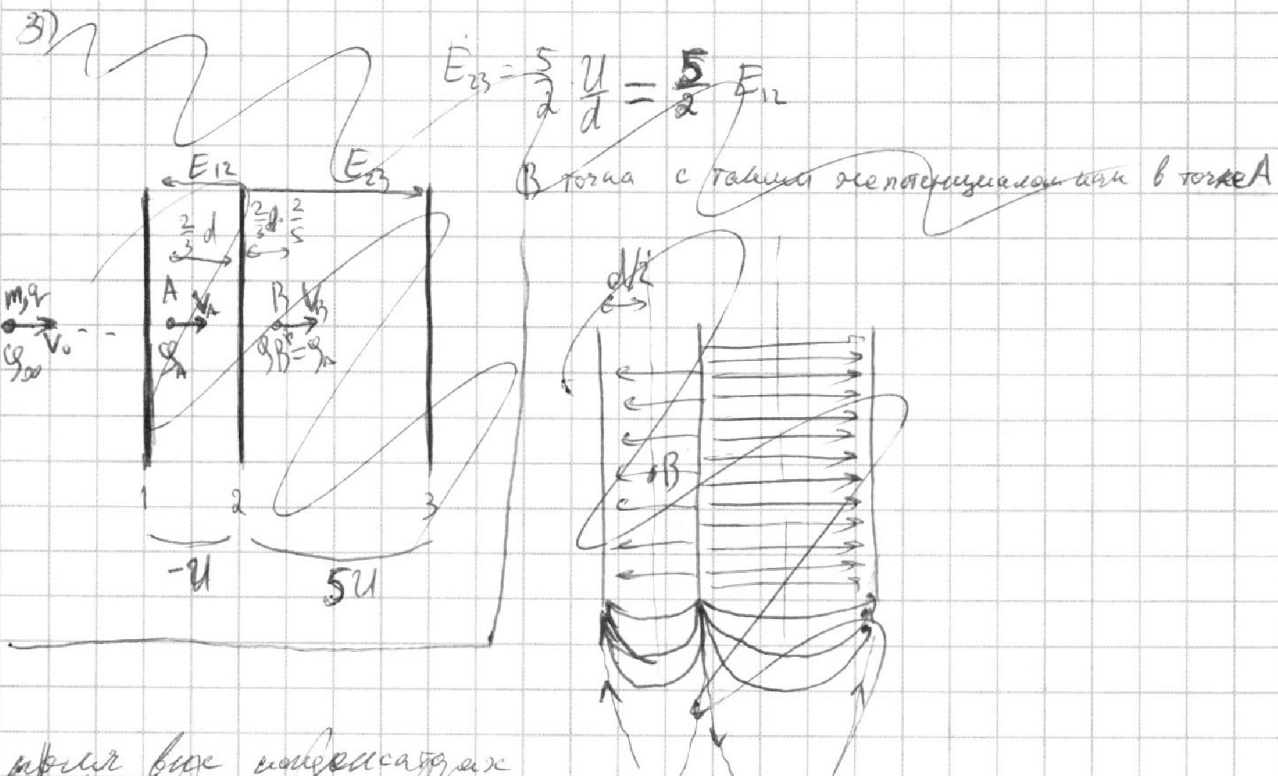
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



для всех конденсаторов
относительно, со стороны,

каждый из точек симметричен относительно средней плоскости
между конденсаторами соответствующего поля $\Rightarrow$ если мысленно
вынести заряд в точку В на $d/2$ от середины области и мысленно
удалить её на бесконечность можем записать $A_{пол} = q(\varphi_B - \varphi_{\infty}) = 0$

$$\Rightarrow \varphi_B = \varphi_{\infty} = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{mV_A^2}{2} - qE_2 \left(\frac{d}{2} - \frac{d}{3} \right) = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_A^2 = V_0^2 + \frac{2qE_2}{m} \cdot \frac{d}{6}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

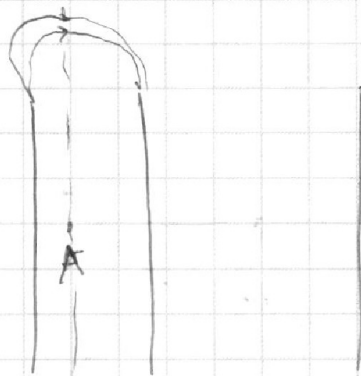
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



3) 3)



поле все обладо перпендикулярно плоскости проходящей
через А и перпендикулярно направлению движения заряда
по этой плоскости $\Rightarrow 0 \Rightarrow \varphi_A = \varphi_\infty = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ скорость в точке А будет равна скорости в бесконечности

$$V_A = V_0$$

Ответ: $V_A = V_0$

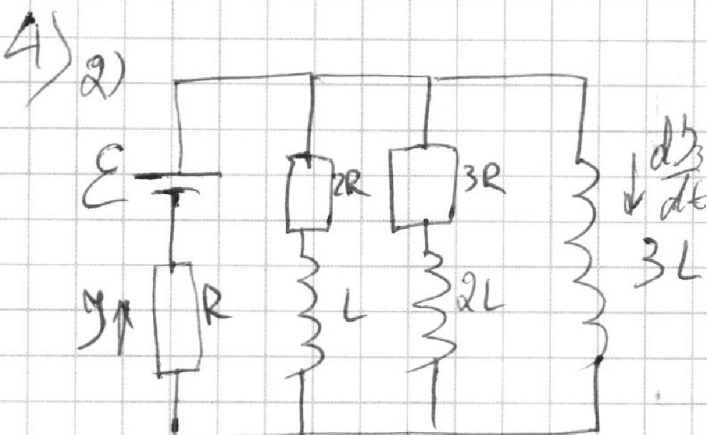
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



из уравнения Кирхгофа: $\mathcal{E} - 3L \frac{dI_3}{dt} = IR$

$I = I_1$, сразу после замыкания ключа $\rightarrow I = \frac{5}{11} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}$

$$\frac{dI_3}{dt} = \frac{1}{3L} (\mathcal{E} - IR) = \frac{1}{3L} \cdot \mathcal{E} \left(1 - \frac{5}{11}\right) = \frac{2}{11} \cdot \frac{\mathcal{E}}{L}$$

Ответ: $\frac{dI_3}{dt} = \frac{2}{11} \cdot \frac{\mathcal{E}}{L} = \frac{2\mathcal{E}}{11L}$

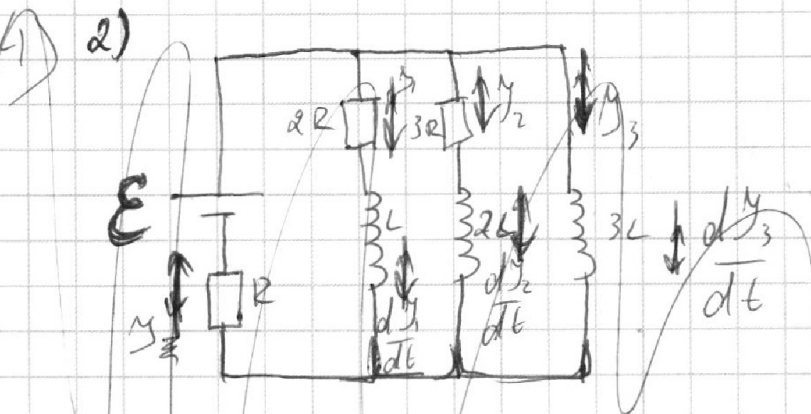
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\frac{d\psi_1}{dt} + \frac{d\psi_2}{dt} + \frac{d\psi_3}{dt} = \frac{d\psi}{dt}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

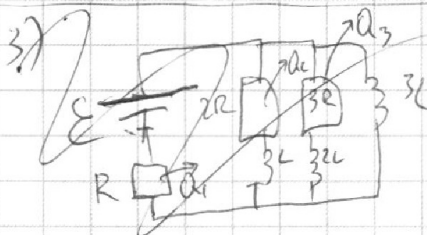
$$\varepsilon - IR - 3L \frac{dI_3}{dt} = I_1 2R + I_2 3R - L \frac{dI_1}{dt} = 2R + I_2 3R - 2L \frac{dI_2}{dt}$$

сразу после замыкания ключа: $I = I_1 = \frac{5}{11} \cdot \frac{\varepsilon}{R}$

$$\varepsilon = \frac{5}{11} \cdot \frac{\varepsilon}{R} \cdot R - 3L \frac{dI_3}{dt}$$

$$3L \frac{dI_3}{dt} = \frac{5}{11} \varepsilon - \varepsilon = -\frac{6}{11} \varepsilon$$

$$\frac{dI_3}{dt} = -\frac{2}{11} \frac{\varepsilon}{L} \quad \text{Ответ: } \frac{dI_3}{dt} = -\frac{2}{11} \frac{\varepsilon}{L}$$



$$\varepsilon \Delta q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$



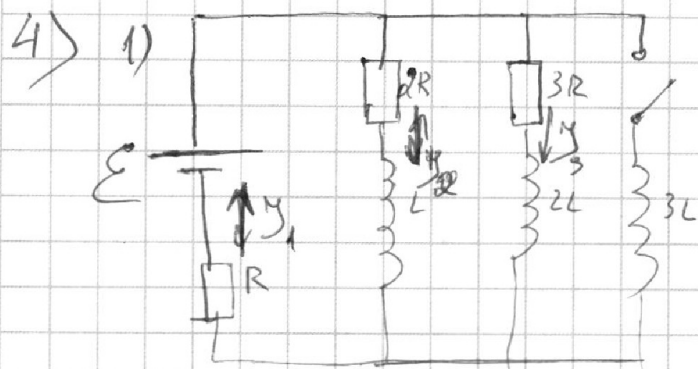
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

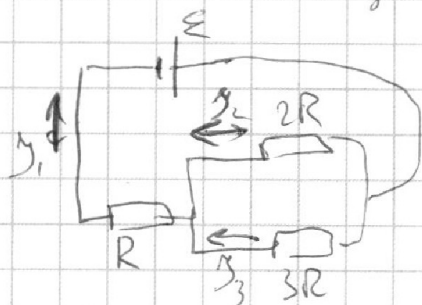
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$I_1 = I_2 + I_3$$

режим установившейся $\Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0$ для всех ветвей

эквивалентная схема установившегося режима



$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 = \frac{E}{R + \frac{2R \cdot 3R}{5R}} = \frac{E}{R + \frac{6R}{5}} = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

$$U_2 = E - I_1 R = E - \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R} \cdot R = \frac{6}{11} E$$

$$I_2 = \frac{U_2}{2R} = \frac{1}{2R} \cdot \frac{6}{11} E = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R} = I_{10} \quad \text{Ответ: } I_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$$



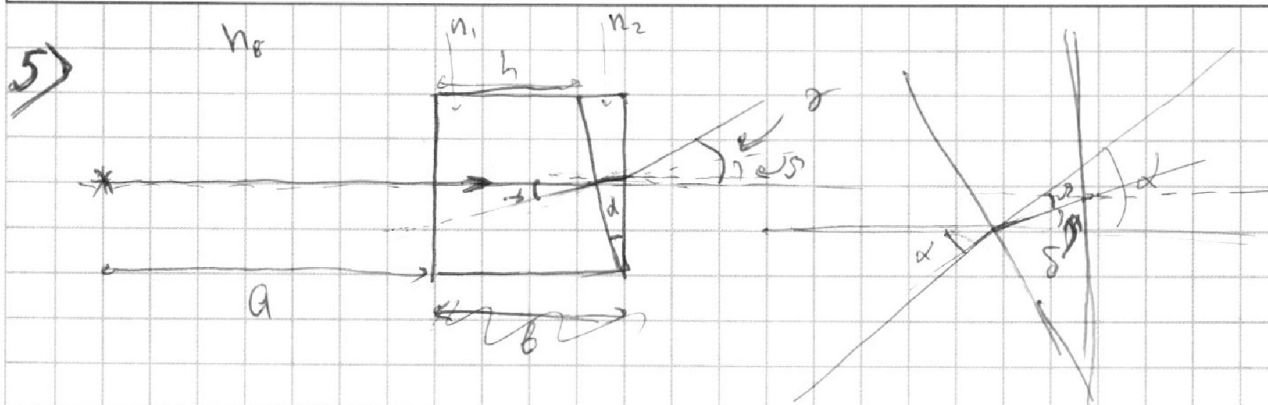
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$n_1 = n_0 = 1$
 $n_2 = 1,7$
 $\alpha = 0,1 \text{ рад.}$

$\alpha \ll 1 \Rightarrow \sin \alpha \approx \alpha \approx \tan \alpha$

$\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1} \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \sin \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} \approx \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} = 0,1 \cdot \frac{1}{1,7} \approx \beta$

$\gamma = \alpha - \beta \approx \sin \gamma$

$\frac{\sin \gamma}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$

$\gamma \approx \sin \gamma = \sin \beta \cdot \frac{n_2}{n_1} \approx \beta \cdot \frac{n_2}{n_1} = (\alpha - \beta) \cdot \frac{n_2}{n_1} = \left(\alpha - \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} \right) \cdot \frac{n_2}{n_1} =$
 $= \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = 0,1 (1,7 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад.}$

Ответ: угол отклонения $\gamma = 0,07 \text{ рад.}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

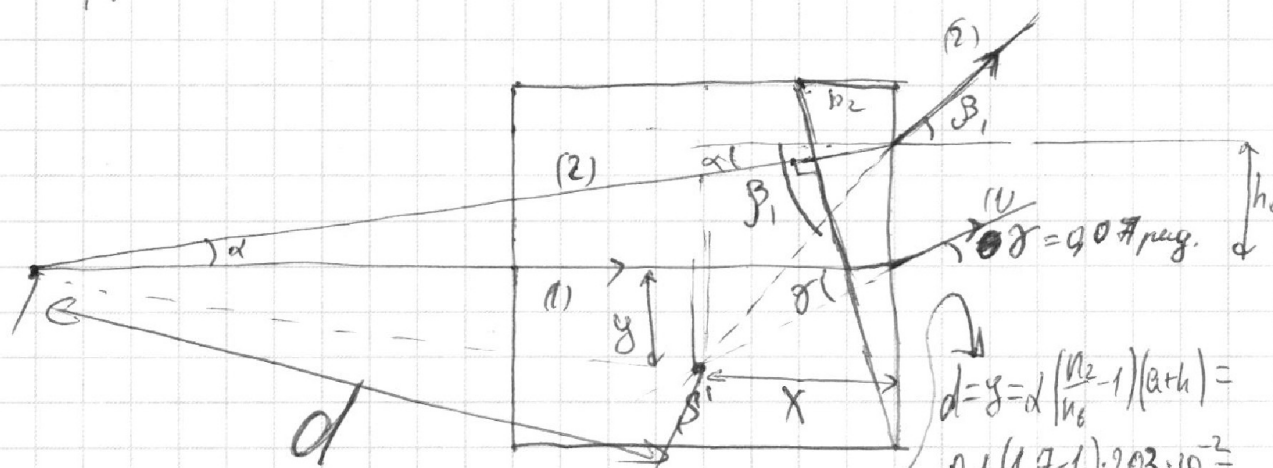
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

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

МФТИ

5)

$$1400 + 21 = 1421$$



$$\text{HR}_2 \quad \frac{\beta_1}{\alpha} = \frac{n_2}{n_f} \quad \beta_1 = \alpha \frac{n_2}{n_f}$$

$$d = g = d \left(\frac{n_2 - 1}{n_1} \right) (a + h) =$$
$$= 0,1 (1,7 - 1) \cdot 203 \cdot 10^{-2} =$$
$$= \frac{7 \cdot 203}{10000} = \frac{1421}{10000} \text{ м}$$

Ответ: $d = 0,1421 \text{ (м)}$

Наблюдатель увидит все на столе изобретение источника

$$h_0 \approx \alpha(a+h)$$

$$Y \cong \mathbb{R}^n$$

$$h_0 + g \approx \beta_1 x$$

$$y = \beta_1 x - b_0 = \beta_1 x - \alpha(a+h) = \gamma x$$

$$(S, -\gamma) X = \alpha(a+h)$$

$$X = \frac{\alpha(a+h)}{\beta_1 - \alpha} \Rightarrow y = \frac{\gamma \alpha(a+h)}{\beta_1 - \alpha} = \frac{\gamma \alpha(a+h)}{\alpha} =$$

$$= g(a+h) = \alpha \left(\frac{n_2}{n_0} - 1 \right) (a+h)$$

$x = a + h \Rightarrow$ изображение находится вертикально над источником $\Rightarrow d = y \Rightarrow$ —

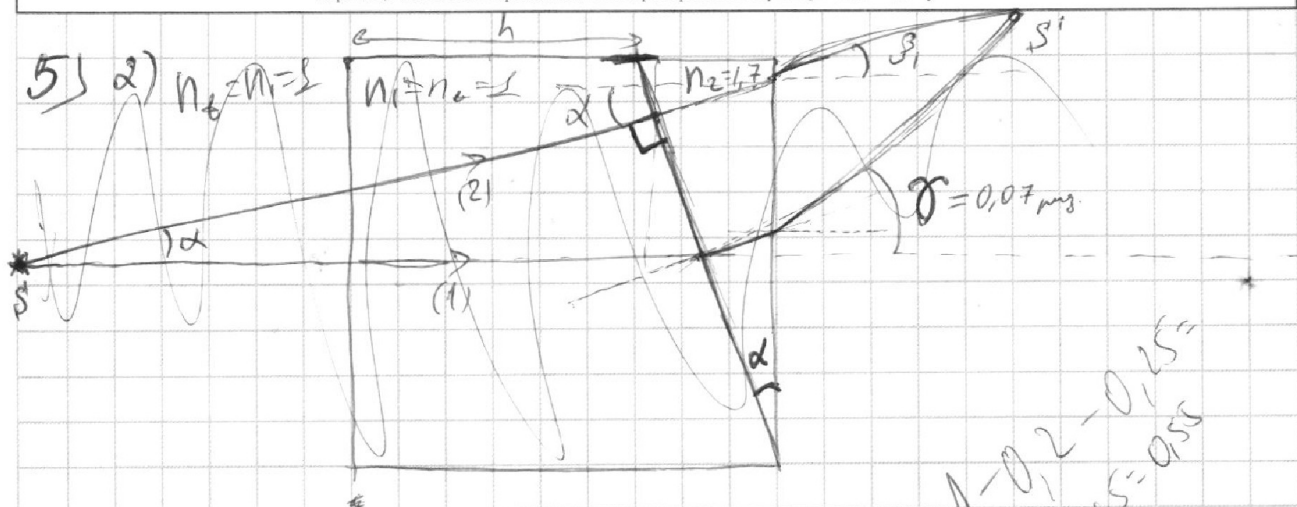
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

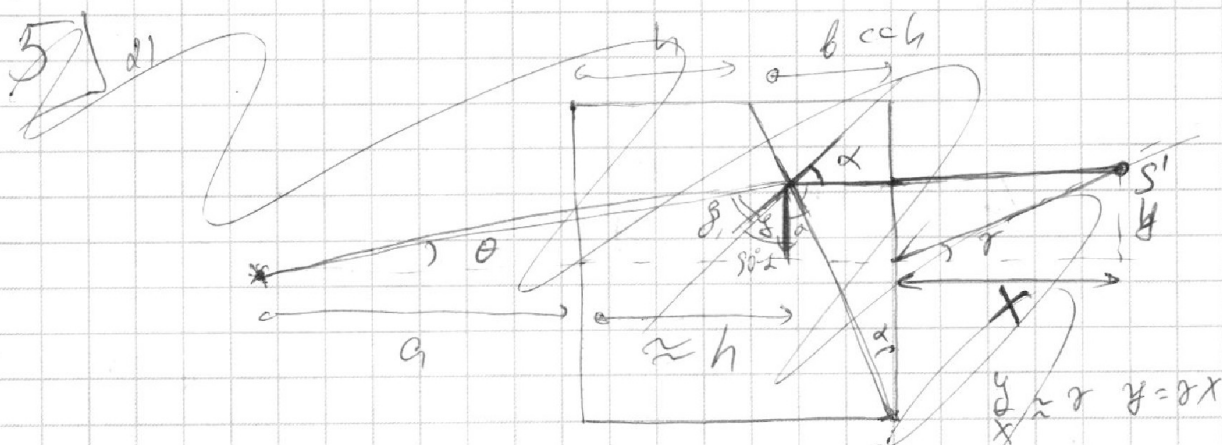
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\beta_1 \neq \alpha, \quad \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \beta_1 = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1} \text{ mm}$$

$$1 - 0.2 = 0.8$$

$$1 - 0.45 = 0.55$$



$$\frac{\beta_1}{\alpha} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \beta_1 = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$\gamma_1 = \beta_1 + \frac{\alpha}{2} - \alpha = \frac{\alpha}{2} + \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

$$y \cdot \gamma_1 = y \cdot \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \right) = a + h = \gamma x \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \right) = a + h$$

$$X = \frac{a + h}{\gamma \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \right)}$$



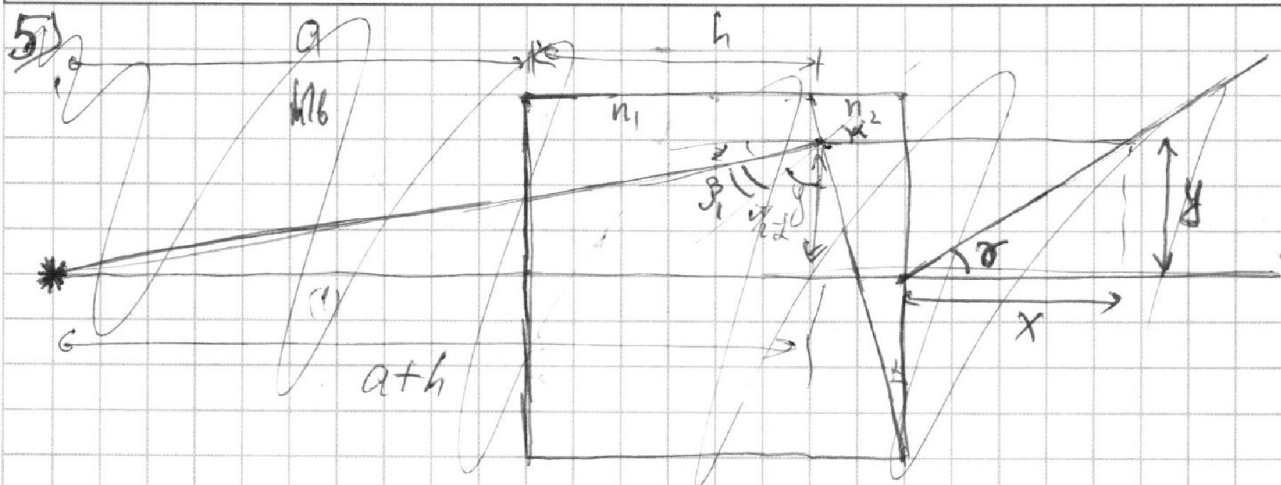
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Такая конфигурация, призмы с ~~каким~~ показ. прелом. $n_2 < n_1$ ~~с~~ $h \rightarrow$ ~~высоте~~
~~призмы~~ ~~на той~~ $\Rightarrow$ угол δ ~~будет~~ ~~призмы~~ ~~на той же~~ ~~высоте~~
на которой ~~вышел~~ в первую призму, а ~~высоте~~ ~~под углом~~ $\delta = 0,07 \text{ рад}$.

$$y = x \quad \tan\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta_1\right) = \frac{a+h}{y}$$

$$\frac{\beta_1}{\alpha} = \frac{n_2}{n_1} \quad \beta_1 = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

$$\tan\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\right) = -\frac{1}{\tan\left(\alpha\left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\right)} \approx -\frac{1}{\alpha\left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)}$$

