



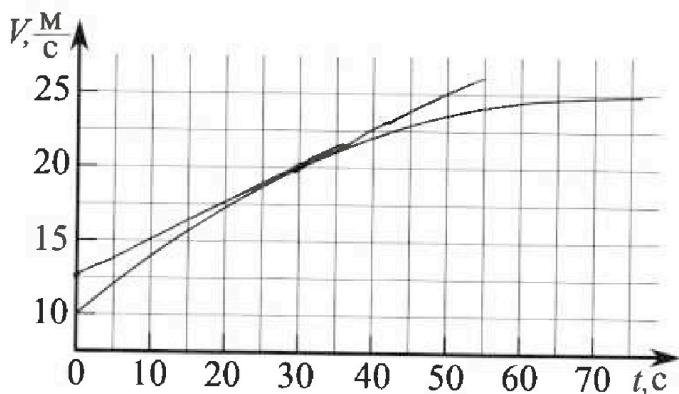
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

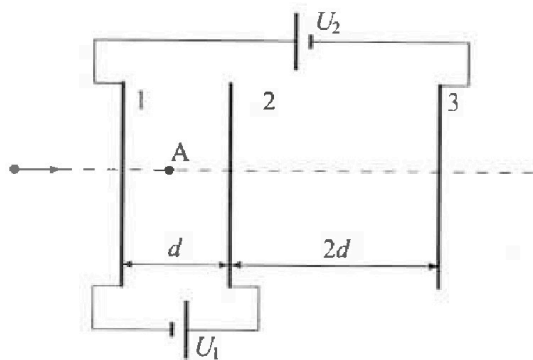
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 ω пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = k p \omega$. 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) О предлите 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

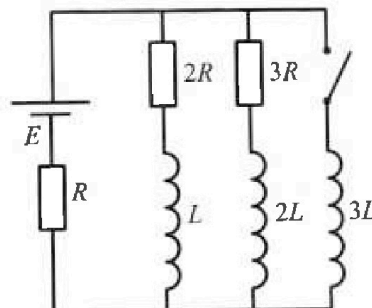
Вариант 11-01

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

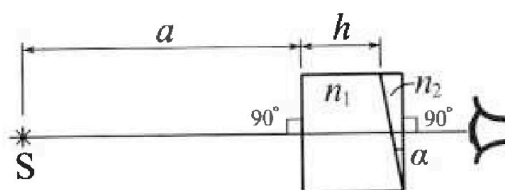
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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) К 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 $n_a = 1,0$. 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 $n_1 = n_a = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_a = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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) Допустим, кривая ~~равно~~ график скорости движения автомобиля представляем собой гиперболой вида $V = \frac{-a}{t+b} + c$,

где a, b и c — некоторые величины. В паспорте машины найдем их, подставив известные точки на графике:

$$\begin{cases} 10 = \frac{-a}{b} + c \\ 25 = c \\ 20 = \frac{-a}{b+30} + c \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} c = 25 \\ \frac{a}{b} = 15 \\ \frac{a}{b+30} = 5 \end{cases} \Rightarrow \frac{b}{a} + \frac{30}{a} = \frac{1}{5}$$

Т.к. $b \rightarrow \infty$ при $t \rightarrow \infty$ скорость автомобиля равна 25 м/с

$$\text{Из последнего следует } \frac{1}{15} + \frac{30}{a} = \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{a}{b} = 15$$

$$\text{Получим уравнение } V = 25 - \frac{225}{b+15}$$

Однако, подставив численные значения найдем, что график плохо описывает эти же данные и не является гиперболой.

Ускорение автомобиля при $V_1 = 20$ м/с равно тангенсу наклона касательной к графику в этой точке.

С помощью метода касательных проведем касательную в этой точке, тогда

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{20 - 12,5}{30} = \frac{7,5}{30} = 0,25$$

$$\text{Отсюда получим ускорение } a = \operatorname{tg} \alpha = 0,25 \text{ м/с}^2$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

- 2) ~~Сила тяги~~ Тяговая сила автомобиля
при резком разгоне a , когда
 $a_m = F_k - V_k$, где k — k -ая
пропорция, равная $k = \frac{F_k}{V_2}$, $V_2 = 25 \text{ м/с}$

При скорости V_1 сила тяги равна

$$F_k = a_m + V_k = 0,25 \cdot 1800 + 20 \cdot \frac{500}{25} =$$
$$= 450 + 400 = 850 \text{ Н}$$

- 3) Мощность, развиваемая автомобилем,
равна

$$P_1 = F_1 V_1 = 850 \cdot 20 = 17000 \text{ Вт}$$

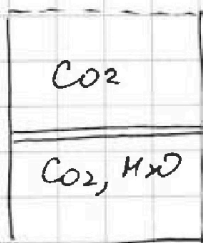
Ответ:

- 1) $a = 0,25 \text{ м/с}^2$
- 2) $F_1 = 850 \text{ Н}$
- 3) $P_1 = 17000 \text{ Вт}$



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) До напревления в верхней части - только углекислый газ. Пусть его количество ν_1 , а кол-во углекислого газа в состоянии свободного углекислого газа в нижней части - ν_2 , тогда равнение

$$p_0 = \frac{\nu_1 R T_0}{V_1},$$

такое же равнение и кол-во молекул кислорода в нижней части $p_0 = \frac{\nu_2 R T_0}{V_2} = \frac{\nu_2 R T_0}{\frac{3}{4}V - V_1}$

причем $V_1 + V_2 = \frac{3}{4}V$. В воде при равнении p_1 растворено кол-во углекислого газа такое

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

Поскольку в воде можно считать равнение не для равнения части, то $V_1 = \frac{V}{2}$, тогда

$$\frac{\nu_1}{V_1} = \frac{\nu_2}{(\frac{3}{4} - \frac{1}{2})V} \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{V_1}{\frac{3}{4}V - V_1} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{4} - \frac{1}{2}} = 2$$

2) При напревлении до T все углекислый газ в нижней части находится в свободном состоянии. Для верхней части составим равнение: $p_1 V_1 = R T \nu_1$, для нижней

$$p_1 V_1 = R T (\nu_2 + \Delta \nu + \nu_3) \text{ где } \nu_3 - \text{кол-во}$$

испарившейся воды. При $T = 373 \text{ K}$ равнение насыщенных паров воды равно $p_{\text{атм}}$

$$\text{значит } \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{4}\right) V p_{\text{атм}} = R T \nu \Rightarrow \nu = \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{4}\right) \frac{V p_{\text{атм}}}{R T}$$

$$\text{тогда } \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{4}\right) p_1 V_1 = (\nu_2 + \Delta \nu) R T + \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{4}\right) V p_{\text{атм}}$$

$$\frac{11}{20} p_1 V_1 = \left(\nu_2 + \frac{k p_0 V}{4}\right) R T + \frac{11}{20} V p_{\text{атм}}$$

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. Печать QR-кода недоступна!

$$\frac{11}{20} p_1 V_1 = \frac{11}{4} \cdot \frac{p_1 V}{5} = \frac{11}{4} RT \bar{v}_1 = \left(\bar{v}_2 + \frac{k p_0 V}{4} \right) RT + \frac{11}{20} V p_{\text{атм}}$$

$$(1) RT \left(\frac{11}{4} \bar{v}_1 - \bar{v}_2 - \frac{k p_0 V}{4} \right) = \frac{11}{20} V p_{\text{атм}}$$

$$\text{или тогда } \bar{v}_1 = \frac{p_0 V_1}{RT_0} = \frac{p_0 V}{2 RT_0}, \quad \bar{v}_2 = \frac{p_0 V}{4 RT_0}$$

подставим в (1):

$$RT \left(\frac{11}{4} \cdot \frac{p_0 V}{2 RT_0} - \frac{p_0 V}{4 RT_0} - \frac{k p_0 V}{4} \right) = \frac{11}{20} V p_{\text{атм}}$$

$$p_0 RT \left(\frac{11}{8 RT_0} - \frac{1}{4 RT_0} - \frac{k}{4} \right) = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

$$p_0 RT \left(\frac{9}{8 RT_0} - \frac{k}{4} \right) = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

$$p_0 RT_0 \left(\frac{9 \cdot 5}{8 RT \cdot 4} - \frac{k}{4} \right) = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

$$p_0 RT \left(\frac{45}{32 RT} - \frac{k}{4} \right) = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

$$p_0 \cdot \frac{1}{3} \left(\frac{45}{32} - \frac{3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3}}{4} \right) = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

$$p_0 \left(\frac{45}{32} - \frac{1}{4} \right) = p_0 \cdot \frac{37}{32} = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

$$\text{отсюда } p_0 = \frac{11}{20} \cdot \frac{32}{37} p_{\text{атм}} = \frac{11 \cdot 8}{5 \cdot 37} p_{\text{атм}} = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$$

Ответ: 1) $\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = 2$

2) $p_0 = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$

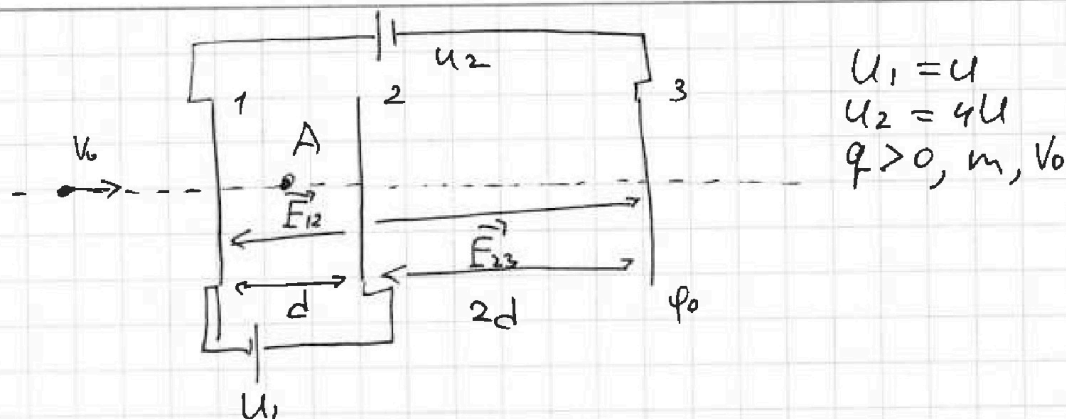
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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) Пусть потенциал сетки 3 равен ϕ_0 ,
тогда потенциал сетки 1 равен $\phi_0 + 4U$,
а потенциал сетки 2 равен $\phi_0 + 5U$

Зн. В таком случае между сетками 1 и 2
существует напряжённость $E_{12} = (\phi_0 + 5U - \phi_0 - 4U)/d =$

$$= U/d, \text{ Аналогично напряжённость}$$

между сетками 2 и 3 равна $E_{23} = \frac{2U}{d}$
($E_{23} = (\phi_0 + 4U - \phi_0)/(2d)$)

За внешними поверхностями крайних
сеток электрическое поле пренебрежимо
малым считается.

В области между сетками 1 и 2
условие, действующее на заряд q равно

$$a_{12} = \frac{E_{12}q}{m} = \frac{Uq}{dm}$$

- 2) Разность кинетических энергий K_1 и K_2
равна работе электростатических
сил, направленных против силы тяжести.

$$K_1 - K_2 = E_{12}dq = Uq$$

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) Скорость разделим на расстояние $\frac{1}{3}d$ от центра и равна

$$V = -\frac{E_{12}q}{m} + V_0 = V_0 - \frac{Uq}{dm}, \text{ где } \frac{1}{3}d - \text{равно}$$

$$\frac{V_0^2 - V^2}{2a_{12}} = \frac{d}{3} \Rightarrow V^2 = V_0^2 - \frac{2}{3}da_{12} = V_0^2 - \frac{2}{3}\frac{Uq}{m}$$

$$V = \sqrt{V_0^2 - \frac{2}{3}\frac{Uq}{m}}$$

Ответ: 1) $a_{12} = \frac{Uq}{dm}$

2) $k_1 - k_2 = Uq$

3) $V = \sqrt{V_0^2 - \frac{2}{3}\frac{Uq}{m}}$

2) Разность кинет. энергий $k_1 - k_2 = F_{12}dq =$
 $= Uq$ равна работе Э/см см

3) Скорость разделим на расстояние $\frac{1}{3}d$ от центра и равна V .

$$\frac{V_0^2 - V^2}{2a_{12}} = \frac{d}{3} \Rightarrow V = \sqrt{V_0^2 - \frac{2}{3}\frac{Uq}{m}}$$

Ответ: 1) $a_{12} = \frac{Uq}{dm}$

2) $k_1 - k_2 = Uq$

3) $V = \sqrt{V_0^2 - \frac{2}{3}\frac{Uq}{m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

3)

~~Вопрос~~ V_2 - скорость в Т.А.

V_1 - скорость при crossing сетки 1.

$$V_1^2 - V_2^2 = \frac{2Uq}{3m}, \quad 3\varphi_0 + 5U + 4U = 0$$
$$3\varphi_0 = -9U \Rightarrow \varphi_0 = 3U$$

$$m(V_0^2 - V_1^2) = 2(\varphi_0 + 4U)q = 2 \cdot 3 \cdot 4q$$

$$V_0^2 = V_1^2 + \frac{8Uq}{m}$$

$$V_2^2 = -\frac{8Uq}{3m} + V_0^2$$

Ответ: $V_2 = \sqrt{V_0^2 - \frac{8Uq}{3m}}$

Далее: 1) $a_{12} = \frac{Uq}{dm}$

2) $K_1 - K_2 = Uq$

3) $V_2 = \sqrt{V_0^2 - \frac{8Uq}{3m}}$

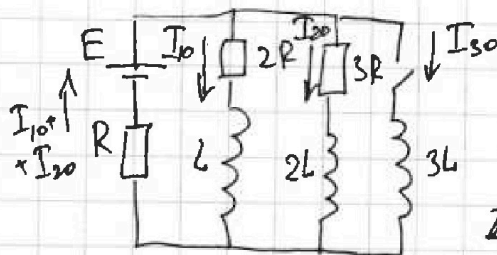
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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) Поскольку ток в цепи установившийся, то его значения остаёмся постоянными. По закону Ома для замкнутой цепи Кирхгофа для двух контуров, считая что резисторы $2R$ и $3R$ текут сонаправленно то ток I_{10} и I_{20} :

$$\begin{cases} E = (I_{10} + I_{20})R + I_{10} \cdot 2R \\ I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R \end{cases} \Rightarrow I_{10} = 1,5 I_{20}$$

$$E = 2,5 I_{20} R + 3R I_{20} = 5,5 R I_{20} \Rightarrow I_{20} = \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{5,5}$$

$$\text{тогда } I_{10} = 1,5 I_{20} = \frac{E}{R} \cdot \frac{1,5}{5,5} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$$

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку $3L$ будет возрастать, но в любой момент времени значение тока сам ток во всех ветвях цепи как функции времени, которую для удобства конструируем:

$$E - R(I_{10} + I_{20}) = 3L \frac{dI_{30}}{dt}, \text{ где } \frac{dI_{30}}{dt} - \text{ток, скорость изменения силы тока, индукцию катушки } 3L$$

тогда изменение силы тока, индукцию катушки $3L$

$$\begin{aligned} E - R \cdot 2,5 I_{20} &= 3L \frac{dI_3}{dt} \Rightarrow \frac{dI_3}{dt} = \frac{E - 2,5 I_{20} R}{3L} = \\ &= \frac{E - (2,5/5,5)E}{3L} = \frac{1 - \frac{2,5}{5,5}}{3L} E = \frac{1 - \frac{5}{11}}{3L} E = \frac{2}{11} \frac{E}{L} \end{aligned}$$

3) Через некоторое время после замыкания ключа ток через катушку $3L$ перестанет изменяться и будет равен $I_3 = \frac{E}{R}$, такой же ток будет течь и



1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

через резистор R . В двух осциллографических сигналах ток будет равен нулю.
~~Напишем ЭНД~~. Напишем гр-е для момента произвольного момента времени до момента выключения тока, пока ток еще не установился:

$$1) E - (i_1 + i_2 + i_3)R = 2i_2R + L \frac{di_1}{dt} = 3i_2R + 2L \frac{di_2}{dt} = 3L \frac{di_3}{dt}$$

где i_1, i_2, i_3 - мгновенные токи, текущие через катушки $L, 2L$ и $3L$, соответственно.

Моменты когда ток перестанет течь через резисторы $2R$ и $3R$ произойдут в одно и то же время, начальные значения токов I_{10}, I_{20} , должны быть такими чтобы $L \frac{di_1}{dt} = 2L \frac{di_2}{dt}$, т.е. скорость нарастания тока i_1 была бы вдвое больше, чем в цепи с $2L$ и в 3 раза больше, чем в цепи с катушкой $3L$.
Скорость убывания тока в катушке $3L$

из (1) получим $L di_1 + 2i_1Rdt = 3L di_3$, проинтегрируем от момента замыкания ключа до бесконечности, получим:

$-L I_{10} + 2RQ_1 = 3L I_3$, где Q_1 - заряд, прошедший через резистор $2R$.

$$Q_1 = \frac{3L I_3 + L I_{10}}{2R} = \frac{3L}{2R} \left(\frac{E}{R} + \frac{3}{11} \frac{E}{R} \right) = \frac{21}{11} \frac{EL}{R^2}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$ 2) $\frac{di_3}{dt} = \frac{2}{11} \frac{E}{L}$

3) $Q_1 = \frac{21}{11} \frac{EL}{R^2}$



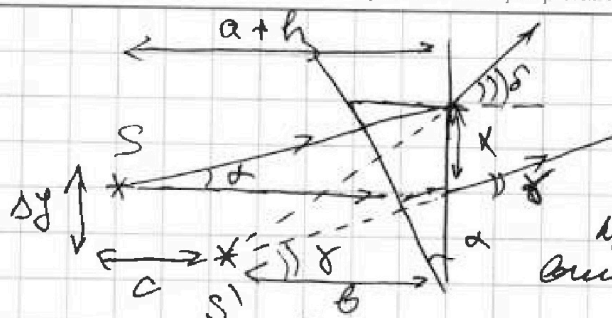
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



При малых углах отклонения от вертикали преломление по формуле второй кривой.

Путь рассеивания между точками выхода 2-х лучей будет равно

$x = (a+h) \tan \alpha \approx (a+h) \alpha$
Пусть b - расстояние от центра линзы до мизра, тогда

$$b \tan \delta = b \tan \alpha - x \Rightarrow b = \frac{x}{(\delta - \alpha)} = \frac{(a+h) \alpha}{(\delta - \alpha)} = \frac{0,1(a+h)}{0,17 - 0,07} = a+h, \text{ т.е. } \text{фокусное расстояние будет}$$

таким же, как фокусное, т.е. мизра, но с учетом смещения на Δy , $c=0$, мизра

Расстояние Δy от фокусного мизра до мизра равно

$$(1) \Delta y = (a+h) \tan \delta = (194+9) \cdot 0,07 =$$

$$= 203 \cdot 0,07 = 14,21 \text{ см } (\tan \delta \approx \delta)$$

3) $h_1 = 1,5$, $h_2 = 1,7$ - высота линзы на мизре
 $h_1 = 1,5$, $h_2 = 1,7$

Для первого луча имеем:

$$\begin{cases} h_1 \alpha = h_2 \beta \\ h_2(\alpha - \beta) = \delta \end{cases} \Rightarrow \delta = h_2 \alpha \left(1 - \frac{h_1}{h_2}\right) = \alpha(h_2 - h_1) = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02$$



Для второго луча имеем:

$$\begin{cases} \alpha = h_1 \alpha_1 \\ h_1(\alpha - \alpha_1) = \alpha_2 h_2 \\ h_2(\alpha - \alpha_2) = \delta \end{cases} \Rightarrow \alpha_1 = \frac{\delta}{h_1} \quad \alpha_2 = \frac{h_1}{h_2} \left(\alpha - \frac{\delta}{h_1}\right) = \frac{\delta}{h_2} (h_1 - 1)$$

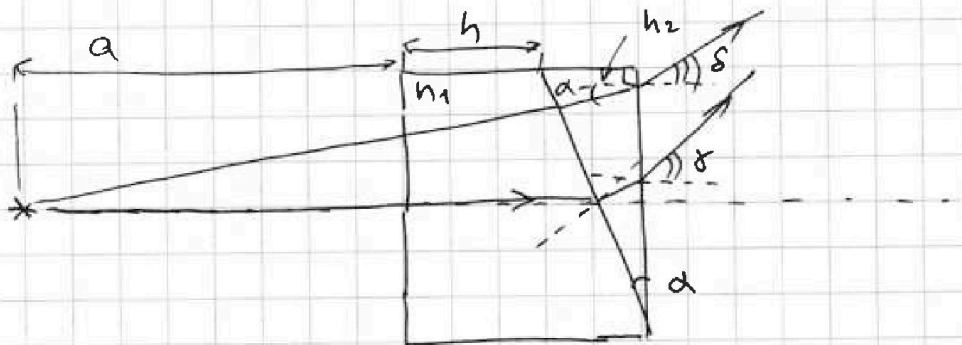
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

МФТИ

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

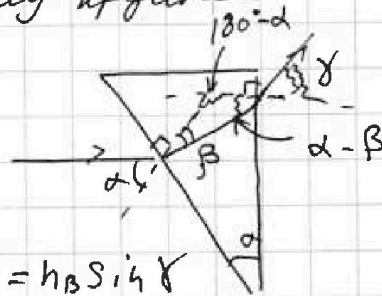


$$\begin{aligned} a &= 194 \text{ см} = 1,94 \text{ м} \\ h &= 9 \text{ см} = 0,09 \text{ м} \\ \alpha &= 0,1 \text{ рад} \\ n_B &= 1 \end{aligned}$$

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

Изобразим луч в левой части
системы. Изобразим
линию преломления

Заменим 3-й
ссылкой для обеих
примечаний:



$$n_B \sin \alpha = n_2 \sin \beta, \quad \text{или } n_2 \sin(\alpha - \beta) = n_B \sin \delta$$

Поскольку угол α мал, то $\sin \alpha \approx \alpha$, тогда Т.к.
 $n_B = n_1 = 1$, то $\begin{cases} \alpha = n_2 \beta \\ n_2(\alpha - \beta) = \delta \end{cases} \Rightarrow \delta = n_2(\alpha - \frac{\alpha}{n_2}) = \alpha(n_2 - 1)$

Поскольку $n_1 = n_B = 1$, то на первом графике преломля
 луч не преломляется, тогда угол выходящего
 луча равен

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

2) $n_1 = n_B = 1, n_2 = 1,7$, Рассмотрим второй
 луч, который пойдет перпендикулярно пер-
 по направлению градиента второй преломля
 выйдя из системы под углом δ к нормали

$$n_2 \sin \alpha = n_B \sin \delta \Rightarrow \delta = \alpha n_2 = 0,17 \text{ рад}$$

лучи расходящиеся, поэтому наблюдате-
 лем будет виден световой эффект
 за линзой

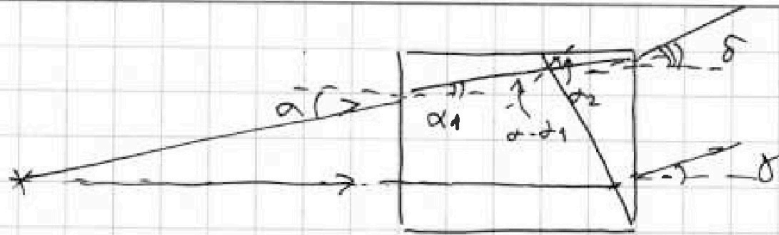
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Итак $\delta = n_2(\alpha - \alpha_2) = n_2(\alpha - \frac{\alpha}{n_2}(n_1 - 1)) =$

$= \alpha(n_2 - n_1 + 1) = 0,1 \cdot (1,7 - 1,5 + 1) = 0,12$

Теперь по формуле (1) найдем расстояние от точки до поверхности

$\Delta y_2 = (a + h) \tan \delta = 203 \cdot 0,02 = 4,06 \text{ см}$

- Итого:
- 1) $\delta = 0,07 \text{ рад}$
 - 2) $\delta = 0,17 \text{ рад}$ ~~и~~ $\Delta y = 14,21 \text{ см}$
 - 3) $\Delta y_2 = 4,06 \text{ см}$



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!

Handwritten solution on graph paper:

Initial conditions: $I_1 = 0$, $I_2 = 0$, $I_3 = 0$

Equations:

$$\int L \frac{dI_1}{dt} + 2I_1 R = 3I_2 \frac{dI_3}{dt}$$
$$\int L \frac{dI_2}{dt} + 2I_2 R = 3I_1 \frac{dI_3}{dt}$$
$$\int L \frac{dI_3}{dt} + 2I_3 R = 3I_2 \frac{dI_1}{dt}$$

Calculated values:

$$I_{10} = 1.5 I_{20} = \frac{11}{3} R$$
$$I_{20} = 0$$
$$I_{30} = 0$$

Final result:

$$Q = \int I^2 R dt = 2$$

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!

$$\frac{2}{15} = \frac{30}{a}$$

$$10 = \frac{1}{ab} \text{ für } 25 \Rightarrow \frac{1}{ab} = -15$$

$$ab = -\frac{1}{15}$$

$$G = \frac{1}{2} \int = \frac{1}{d(x+B)} + C$$

$$-5 = \frac{1}{a(3a+b)} = \frac{1}{a^2 3a + ab}$$

$$\frac{15 \cdot 15}{60} =$$

$$20 = \frac{1}{a(30+6)} + 25 = \frac{1}{6a} + 25$$

$$-5 = \frac{1}{30a + \frac{1}{15}}$$

$$= \frac{15}{4} = 3,75$$

$$\frac{-1}{5} = 30a + \frac{1}{15}$$

$$25 = C$$

$$g = -\frac{225}{x+15} + 25$$

$$\frac{1}{15} - \frac{1}{5} = 300 \quad 300 = -\frac{4}{15}$$

$$y = \frac{-275}{45 + 15} + 25 =$$

$$\frac{1-3}{15} = \frac{-2}{15} = 20\%$$

$$a = -225 \frac{1}{225}$$

$$= 25 - \frac{225}{60} = 25 - 3.75 = 21.25 = \frac{85}{4}$$

$$= 1715$$

$$= 25 - 3,75 = 21,25$$

$$-\frac{1}{15} / -\frac{2}{225} = \frac{15.2}{2}$$

$$g = \frac{-225}{2(3 \pm 7,5)} + 25$$

$$37,5 : 2 = \frac{225}{75} = \frac{15}{5} = 3$$

$$\begin{array}{r} 5 \overline{) 2825} \\ 5 \\ \hline 2825 \end{array}$$

678.

$$A = \mathbb{Q} \times \Delta^W$$

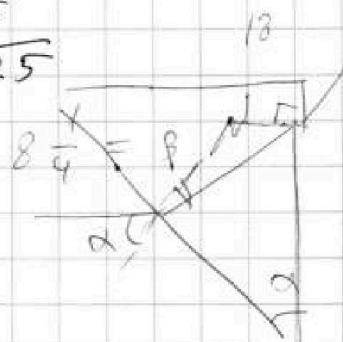
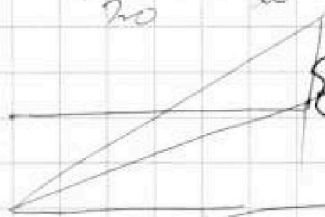
$$\frac{165}{20} = \frac{11}{20}$$

$$\frac{6}{11}$$

$$S = 2 \times 12$$

$$h_2(\delta -$$

$$h_2 H(1 -$$



~~130°~~

$$120 \div (120 - 2) =$$

$$-\beta = \alpha - \beta$$