



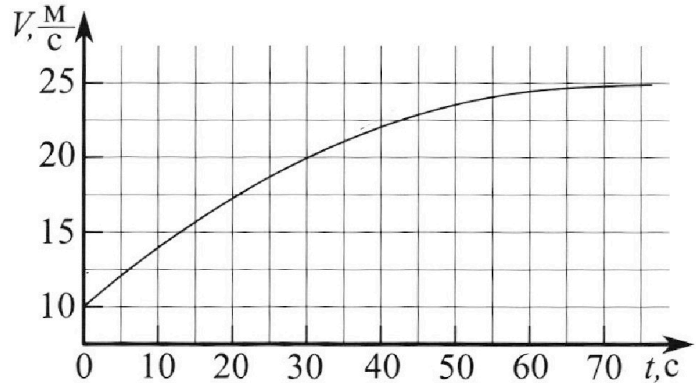
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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%. ✓

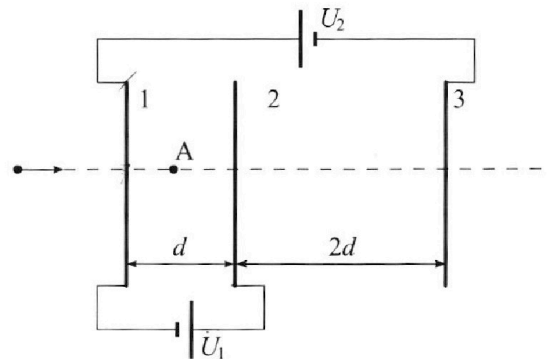
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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  $\Delta v$  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.

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

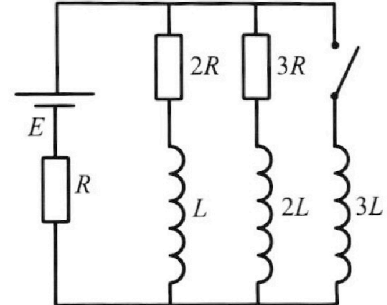
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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?

Отв еты 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.

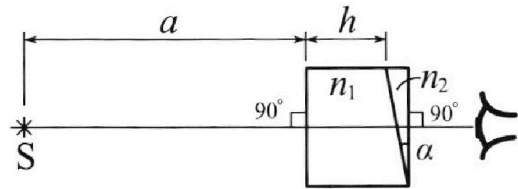


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

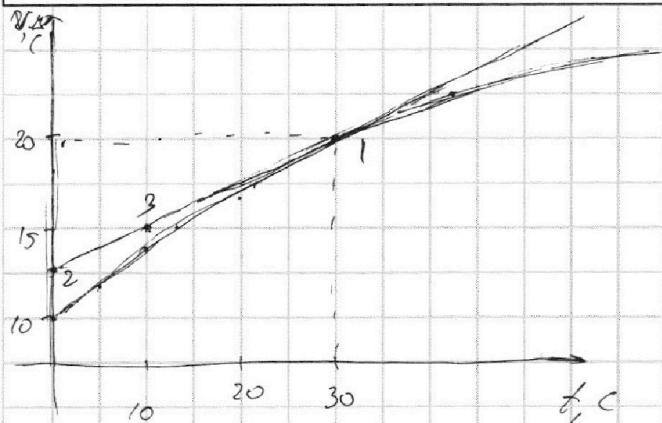
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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



Проведите ~~на графике~~ касательную к графику

$v(t)$  в точке 1, где  $v_1 = 20 \text{ м/с}$ . Поскольку ускорение это первая производная скорости по времени, то угловой коэффициент касательной и есть  $a$ , — ускорение автомобиля при скорости  $v_1 = 20 \text{ м/с}$ .

У графика получим, что (для точек 2 и 3):

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15 - 12,5}{10 - 0} = \frac{2,5}{10} = 0,25 \text{ м/с}^2$$

Поскольку метод графический, равенство окажется приближенным:

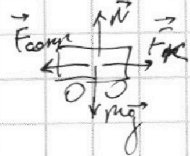
$$a \approx 0,25 \text{ м/с}^2$$

По условию сила сопротивления пропорциональна скорости:

$$F_{\text{сопр}} = K v, \text{ где } K - \text{коэф. пропорциональности}$$

Для малерта окончателне разгона  $a = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_{\text{к}} - F_{\text{сопр}} = 0 \Rightarrow F_{\text{к}} = F_{\text{сопр}} \Rightarrow F_{\text{к}} = K v_{\text{к}}, v_{\text{к}} - \text{скорость}$$



в конце разгона. У графика видно, что  $v_{\text{к}} \approx 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

$$K = \frac{F_{\text{к}}}{v_{\text{к}}} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

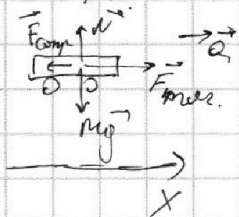
1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

(Продолжение)

Теперь рассмотрим момент времени  $t=30c$ , когда  $v_x = 20 м/с$ .



В проекции на горизонтальную ось  $x$ :

$$F_{тяги} - F_{трения} = ma_x$$

$$F_{тяги} - F_{трения} = F_1$$

$$F_1 = F_{тяги} + ma_x = kv_x + ma_x$$

$$F_1 \approx 20 \frac{H}{м/с} \cdot 20 м/с + 1800кг \cdot 0,25 м/с^2 =$$

$$\approx 400 Н + 450 Н \approx 850 Н.$$

$$F_1 \approx 850 Н.$$

Рассмотрим малый промежуток времени  $dt$ , за который сила тяги  $F_1$  не изменялась, тогда:

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F_1 \cdot ds}{dt} = F_1 \cdot \frac{ds}{dt} = F_1 \cdot v_x = 850 \cdot 20 = 19000 Вт = 19 кВт.$$

$ds$  - <sup>полезное</sup> перемещение за  $dt$  (обычно, это направление перемещения совпадает с направлением  $\vec{F}_1$ , поэтому формула  $A = F \cdot ds \cos \alpha$  упрощается до  $A = F \cdot ds$ )

Ответ:  $a_x \approx 0,25 м/с^2$ ;  $F_1 \approx 850 Н$ ;  $P_1 \approx 19 кВт$ .

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!



Задача 2

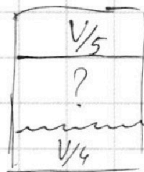
Для коленного состояния:  $P_{верх} = P_{низ}$  (в-верхнее; н-нижнее),  
из условия равновесия

из закона Менделеева-Клапейрона:

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

$$\frac{\nu_в R \frac{5}{4} T_0}{V_в} = \frac{\nu_н R \frac{5}{4} T_0}{V_н}$$

$$\frac{\nu_в}{\frac{V}{5}} = \frac{\nu_н}{\frac{11}{20} V}$$



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

$$\nu_в = \frac{20}{11 \cdot 5} \nu_н = \frac{4}{11} \nu_н \Rightarrow \nu_н = \frac{11}{4} \nu_в = const$$

Поскольку в коленном состоянии газ не растворяется в жидкости, то в любой момент  $\nu_н + \Delta \nu = \frac{11}{4} \nu_в$

Рассмотрим начальный момент времени (до нагревания)

$\nu_н'$  и  $\nu_в'$  - количество в начальном состоянии.

$$P_0 V_в = \frac{5}{4} \nu_в' RT_0$$

$$P_0 V_н' = \nu_н' RT_0$$

$$P_0 = \frac{\nu_в' RT_0}{V_в'}$$

аналогично коленному состоянию

$$\frac{\nu_в RT_0}{V_в'} = \frac{\nu_н' RT_0}{V_н'}$$

$$\nu_в \cdot V_н' = \nu_н' \cdot V_в'$$

$$\nu_в = \frac{(\nu_н - P_0 K \frac{V}{4}) V_в'}{V_н'}$$

$$\nu_в = \left( \nu_н - \frac{K \nu_в RT_0 V}{V_в' \cdot 4} \right) \frac{V_в'}{V_н'}$$

$$\nu_в' + \nu_н' + \frac{V}{4} = V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_н' + \nu_н' = \frac{3}{4} V$$

$$\nu_н' = \frac{3}{8} V - \nu_в'$$

подставим

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!



$$V_6 \left( \frac{3}{4} V - V_6' \right) = \left( \frac{11}{4} V_6 - \frac{k V_6 R T_0 V}{V_6' \cdot 4} \right) V_6'$$

$$V_6 \left( \frac{3}{4} V - V_6' \right) = \frac{11}{4} V_6 V_6' - \frac{k R T_0 V}{V_6'}$$

$$\frac{3}{4} V - V_6' = \frac{11}{4} V_6' - k R T_0 V$$

$$\frac{15}{4} V_6' = \frac{3}{4} V + k R T_0 V \Rightarrow V_6' = \frac{1}{5} V + \frac{4}{15} k R T_0 V$$

$$\frac{15}{4} V_6' = V - V_4' - k R T_0 V \Rightarrow \frac{15}{4} V_6' = \frac{1}{5} V + \frac{4 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 4}{15 \cdot 5 \cdot 10^3} V =$$

$$\left( \frac{15}{4} V_6' + k R T_0 V = \frac{3}{4} V \right) \Rightarrow \frac{15}{4} V_6' + \frac{16}{75} V = \frac{31}{75} V \Rightarrow$$

$$\left( V_6' + V_4' = \frac{3}{4} V \right) \text{ вычитаем} \Rightarrow V_4' = \frac{3}{4} V - \frac{31}{75} V =$$

$$\frac{11}{4} V_6 - V_4' = k R T_0 V \Rightarrow V_4' = \frac{225 - 124}{4 \cdot 75} V =$$

$$V_4' V_6 = V_4' \cdot V_6' \Rightarrow \frac{101}{4 \cdot 75} V =$$

$$\frac{V_6}{V_4'} = \frac{V_6'}{V_4'} = \frac{\frac{31}{75} V}{\frac{101}{4 \cdot 75} V} = \frac{124}{101}$$

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!

Задача 3

Пусть  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$  - потенциалы 1, 2 и 3-ей сетки соответственно. Тогда, поскольку сетки подключены к источникам ЭДС, то:

$$\varphi_3 - \varphi_1 = 4U$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = U$$

$$\Rightarrow \varphi_3 - \varphi_2 = 3U$$

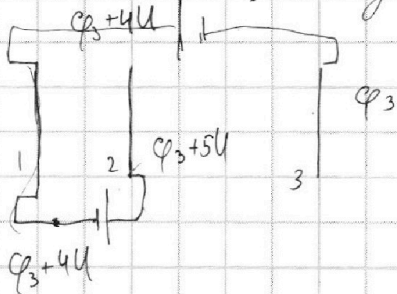
Отсюда и из ЗСЭ сразу найдем ответ на п. 2:

$$K_1 + E_{n1} = K_2 + E_{n2}$$

$$K_1 - K_2 = E_{n2} - E_{n1} = q\varphi_2 - q\varphi_1 = qU$$

Пусть  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$  - потенциалы 1, 2 и 3-ей сетки

соответственно. Тогда, поскольку сетки подключены к источникам ЭДС:



$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_2 = 4U$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = U_1 = U$$

Отсюда и из ЗСЭ найдем ответ на п. 2:

$$K_1 + E_{n1} = K_2 + E_{n2}$$

$$K_1 - K_2 = E_{n2} - E_{n1} = q\varphi_2 - q\varphi_1 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU$$

Поскольку электрическое поле между сетками можно считать однородным, то  $U = E \cdot d$ , где  $E$  - напряженность эл. поля. Тогда ускорение частицы:

$$[a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F_{эл}}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}]$$

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!

Вдали от сеток действие ~~плоских на на~~  
~~электрических полей~~ сеток на частицу отсутствует.  
 В силу того, что скорость частицы меняется только  
 под влиянием электрического поля, движущаяся  
~~потенциальным~~, скорость частицы в точке, где

Рассмотрим систему из двух сеток и бесконечности.

Тогда, если потенциал одной сетки  $\varphi$ , то другой  $(-\varphi)$   
 по с-вам конденсатора, потенциал бесконечности  
 0. Поскольку поле внутри конденсатора из сеток

однородно, потенциал между ними меняется линейно  
 $\Rightarrow$  на расстоянии  $\frac{d}{2}$  от сеток (между сетками  $d$ )  
 $\varphi(\frac{d}{2}) = 0 \Rightarrow$  в этой точке  $E_n = 0 = E_n \text{ на } \infty \Rightarrow$  равны  $E_k \Rightarrow$

$\Rightarrow v = v_0 \Rightarrow$  посередине между ~~область~~

сетками 1 и 2  $v = v_0$ .

При равноускоренном движении.

$$S = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2a}$$

для точек 1 и 2:  $\left| \begin{array}{l} x \frac{d}{3} \\ \frac{d}{3} \end{array} \right|$

$$\frac{d}{6} = \frac{v_0^2 - v_u^2}{2 \frac{qU}{md}}$$

$v_u$  - искомая скорость

мне из-за того, что перемещение противоположно направлению ускорения

$$v_u^2 - v_0^2 = 2 \frac{dqU}{m} = \frac{1}{3} \frac{qU}{m}$$

$$v_u^2 = v_0^2 + \frac{1}{3} \frac{qU}{m}$$

$$v_u = \sqrt{v_0^2 + \frac{1}{3} \frac{qU}{m}}$$

Ответ:  $a = \frac{Uq}{m}$

$$k_1, k_2 = qU$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{1}{3} \frac{qU}{m}}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

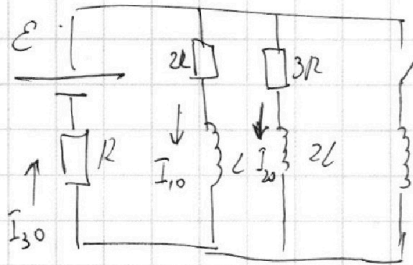
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



Задача 4



В установленном режиме до замыкания ключа ток не уменьшается  $\Rightarrow$  падение напряжения на катушке равно нулю.  
Пусть токи  $I_{10}$ ,  $I_{20}$  и  $I_{30}$  текут, как показано на рисунке.

Тогда по правилам Кирхгофа:

$$E = I_{30}R + 2I_{10}R \quad (1)$$

$$I_{30} = I_{10} + I_{20} \quad (2)$$

В силу параллельности соединений  $2R$  и  $3R$ :

$$2R I_{10} = 3R I_{20}$$

$$I_{20} = \frac{2}{3} I_{10} \quad (3)$$

Подставим уравнения 2 и 3 в ур. 1:

$$E = \left(I_{10} + \frac{2}{3} I_{10}\right)R + 2I_{10}R$$

$$E = \frac{5}{3} I_{10}R + 2I_{10}R$$

$$\frac{11}{3} I_{10}R = E$$

$$I_{10} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$$

$$I_{30} = I_{10} + I_{20} = \frac{3}{11} \frac{E}{R} + \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{11} \frac{E}{R} = \frac{5}{11} \frac{E}{R}$$

Ток через катушки скачком изменится не может  $\Rightarrow$  сразу после замыкания ключа токи остаются неизменными.

Тогда для контура у источника,  $R$  и  $3L$ :

$$E = R \cdot I_{30} + \mathcal{E}_i \Rightarrow \mathcal{E}_i = -E + R \cdot I_{30} = -E + \frac{5}{11} \frac{E}{R} \cdot R = -\frac{6}{11} E.$$

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!

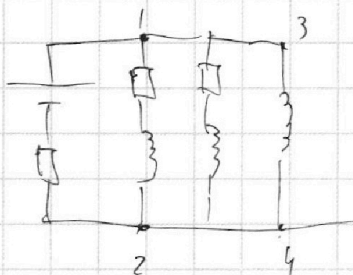
(продолжение.)

$$\mathcal{E}i = -L \dot{I}_{3L} \Rightarrow \dot{I}_{3L} = -\frac{\mathcal{E}i}{L} = \frac{6}{11} \frac{\mathcal{E}}{L}$$

скорость увеличения тока через катушку  $3L$

В установившемся при замкнутом ключе режиме, ток через  $2R$  и  $3R$  не течет, ток через  $3L$  все увеличивается.

В любой момент времени  $U_{12} = U_{34}$ . Пусть ток



~~$U_{12} = \mathcal{E}$~~  в  $2R$   $I$ , а в  $3L$   $I_{3L}$ , тогда:

$$2R I + L \frac{dI}{dt} = 3L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

$$2R \int I dt = 3L \int dI_{3L} - L \int dI$$

Принтегрируем обе части ( $\Delta q = \int I dt$ ):

$$2R \Delta q + L \Delta I = 3L \Delta I_{3L}$$

искомый заряд

$$\Delta q = \frac{L}{2R} (3 \Delta I_{3L} - \Delta I)$$

Ток  $I_{3L}$  в коротком состоянии таков, что  $\mathcal{E} = R \cdot I_{3L} \Rightarrow$

$$\Rightarrow I_{3L} = \frac{\mathcal{E}}{R}. \text{ При замыкании ключа } \Rightarrow \Delta I_{3L} = \hat{I}_{3L} = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Ток  $I$  в конечном состоянии 0. При замыкании ключа

$$I = I_{10} \Rightarrow \Delta I = 0 - I_{10} = -\frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}. \text{ Тогда } \Delta q:$$

$$\Delta q = \frac{L}{2R} \left( 3 \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} \right) = \frac{36}{2} \frac{L \mathcal{E}}{R^2} = 18 \frac{L \mathcal{E}}{R^2}$$

Ответ: 1)  $I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$     2)  $\dot{I}_{3L} = \frac{6}{11} \frac{\mathcal{E}}{L}$     3)  $q = 18 \frac{L \mathcal{E}}{R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

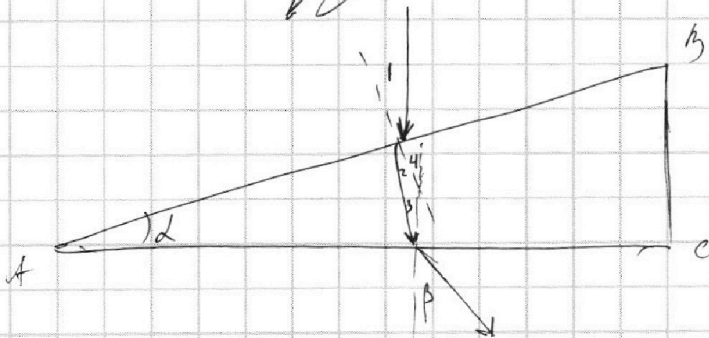
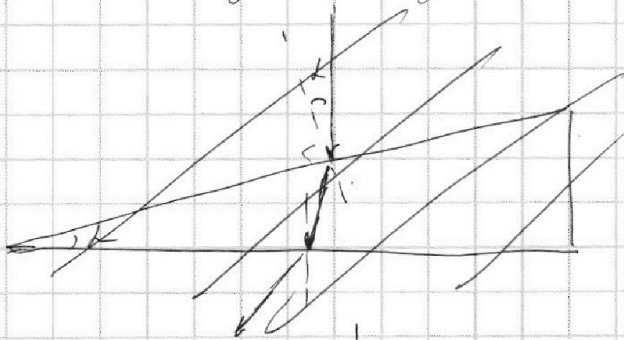
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Поскольку  $n_1 = n_2$ , то луч будет преломляться только во второй призме. Сделаем крупный чертёж хода луча:



$\angle 1 = \alpha$ , т.к. получен поворотом  $AC$  и перпендикулярно к ней же  $\perp$ .

$\angle 2 = \frac{\angle 1}{n_2} = \frac{\alpha}{1,7}$  т.к.  $\alpha$  малый угол, а по закону

Снелла:  $\frac{\sin \angle 1}{\sin \angle 2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \angle 2 = \angle 1 \cdot \frac{n_1}{n_2}$ , но  $n_1 = 1$ .

$\angle 4$  - внешний угол  $\Delta$ , образованного лучами и перпендикулярами к границам  $AB$  и  $AC$ .  $\angle 4 = \alpha$ , т.к.  $\angle A = \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow \angle 2 + \angle 3 = \angle 4 = \alpha$

$\angle 3 = \alpha - \angle 2 = \alpha - \frac{\alpha}{1,7} = \frac{7}{17} \alpha$

$\frac{\sin \angle \beta}{\sin \angle 3} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \angle \beta = n_2 \cdot \angle 3 = \frac{1,7}{10} \cdot \frac{7}{17} \alpha = \frac{7}{10} \alpha$ .

Поскольку перпендикуляр к  $AC$  параллелен ходу луча  $PO$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

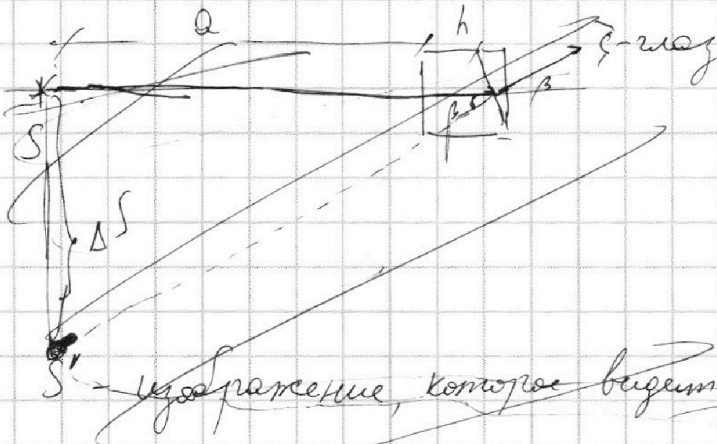
МФТИ

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

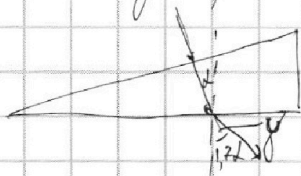


(продолжение 1)

преломление, ~~то~~ искомым углом и есть  $\beta = 0,7^\circ = 0,07 \text{ рад}$ .

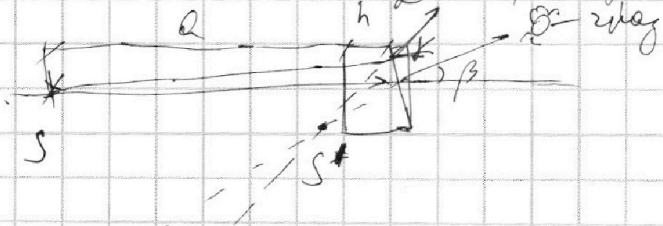


Чтобы понять, где находится изображение  $S^*$  источника, найдем ход луча, перпендикулярный поверхности к источнику грани второй призмы:



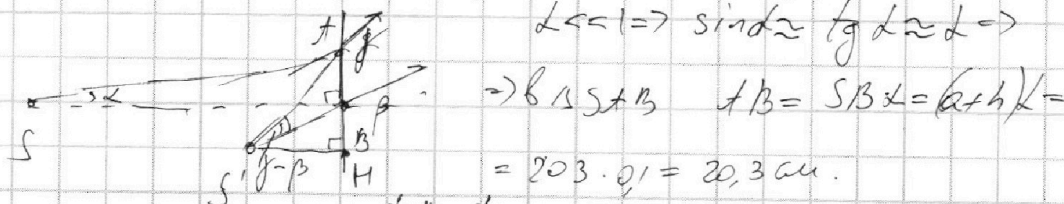
из геометрии (аналогично п.1) угол падения на вторую грань  $L \Rightarrow$

$$\frac{h}{L} = n_2 \Rightarrow \gamma = 1,7^\circ$$



Сумма второй призмы полой призмой

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



$$\Rightarrow \Delta S^*A^*B \quad AB = S^*B \alpha = (a+h)\alpha = 203 \cdot 0,1 = 20,3 \text{ см.}$$

$$AB = h - BK = S'H \gamma - S'H \beta = S'H(\gamma - \beta) \Rightarrow S'H = \frac{AB}{\gamma - \beta} = \frac{20,3}{0,17 - 0,07}$$

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!

(продолжение)

$$= 203 \text{ см} = SB$$

$$\text{Тогда } SS' = S'H \cdot \beta = 203 \cdot 0,07 = 14,21 \text{ см.}$$

Ответ: а)  $0,07 \text{ рад}$  б)  $14,21 \text{ см}$ .

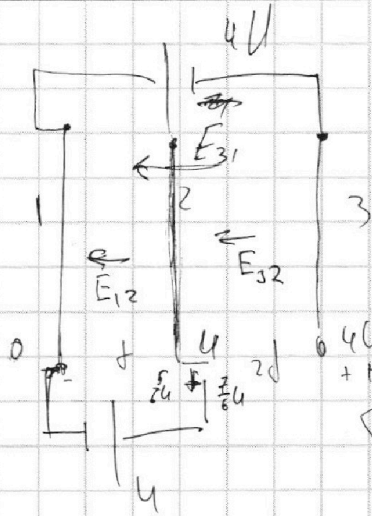
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Черновик

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

$$E_{32} = \frac{3U}{2d}$$

$$E_{31} = \frac{4U}{3d}$$

$$q = \frac{\sum E q}{m} = \frac{(E_{12} + E_{13}) q}{m} =$$

$$= \frac{\left(\frac{U}{d} + \frac{4U}{3d}\right) q}{m} =$$

$$= \frac{7U q}{3d m}$$

$$q = \frac{3U}{2d} \frac{U q}{d m}$$

$$k_1 - k_2 = -\Delta n = +qU$$

$$S = \frac{2U^2 - 2U^2}{2a}$$

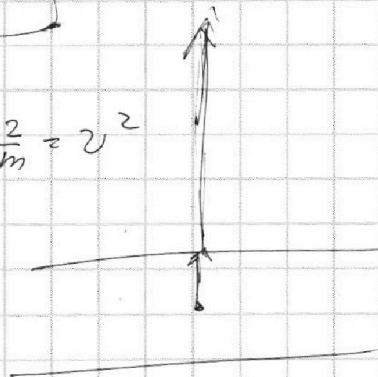
$$E_k \cdot \frac{2}{m} = v^2$$

$$\frac{2}{m} k_2 - \frac{2}{m} k_1 = d$$

$$\frac{2 \cdot \frac{7U q}{3d m}}{2d m} = d$$

$$\frac{2(k_1 - k_2) d}{7U q} = d$$

$$k_1 - k_2 = \frac{7}{2} qU$$



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!



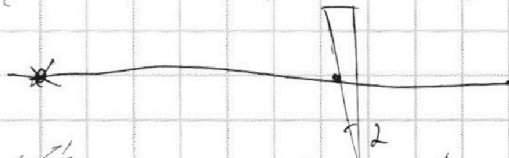
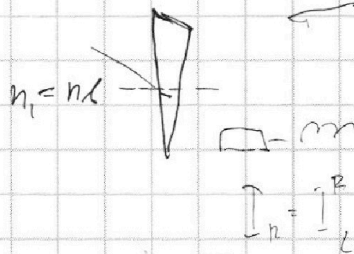
Черновик

$$K \cdot v_k = F_k$$

$$K = \frac{F_k}{v_k} = \frac{500}{25} = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м/с}}$$

$$F_{\text{магн}} K v_1 = 400 \text{ Н}$$

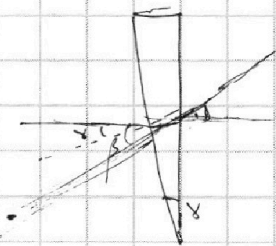
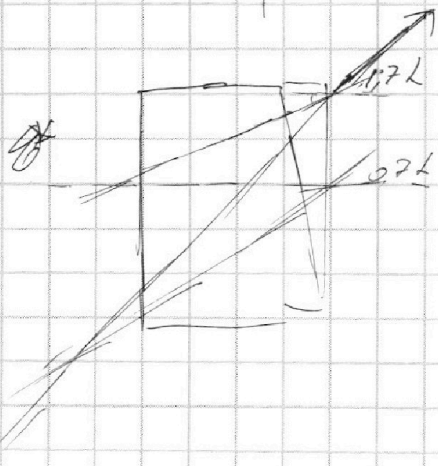
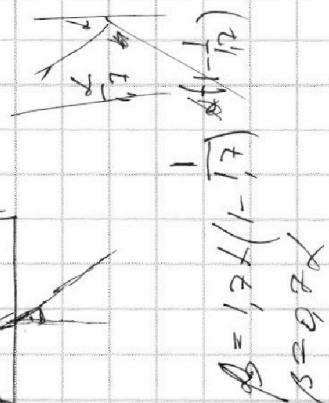
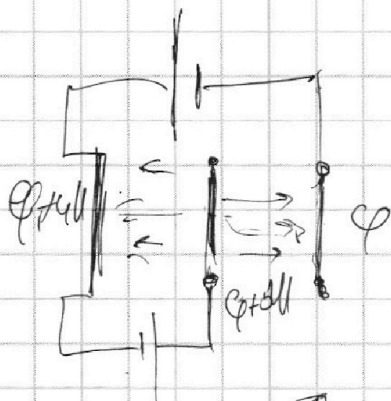
$$\frac{u}{a} \cdot q$$



$$2LI + LI' = 3LI_{30}$$

$$2Lq \neq LI = 3LI_{30}$$

$$\frac{0,7}{1,7}$$



$$\beta = 1,7 \cdot (-1) = -1,7$$

$$\beta = 0,7$$

$$\sin \beta \approx \tan \beta \approx \beta \Rightarrow \Delta S = (a+h)\beta = 20 \cdot 0,07 = 1,4 \text{ см}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

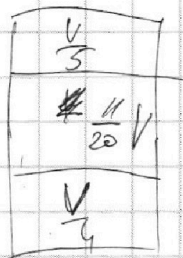
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Черновик



$$\frac{4}{5}V - \frac{1}{4} = \frac{16-5}{20} = \frac{11}{20}V$$

$$P_2 = \frac{2RT}{V}$$

$$\frac{V_0 R T_0}{\frac{4}{5}V} = \frac{V_k R T_0}{\frac{11}{20}V}$$

~~Решение~~

~~Решение~~

$$V_0 = \frac{4(4)}{11} V_k$$

$$\Delta V = K \cdot \frac{V}{4} \cdot P_0$$

$$P_k \frac{V}{5} = \frac{5}{4} R T_0 \frac{V}{4}$$

$$P_k \frac{11V}{20} = \frac{5}{4} R T_0 \frac{1}{4} V_0$$

~~Решение~~

$$P_0 V_H = P_0 V_0$$

$$P_k = \frac{25 R T_0 V_k}{4 V}$$

$$\frac{V_0 R T_0}{V_0} = \frac{(V_k - \Delta V) R T_0}{V_H} \quad P_k = \frac{5}{4}$$

$$\frac{V_0}{V_0} = \frac{\frac{4}{11} V_k - K P_0 \frac{V}{4}}{V_H}$$

$$P_0 V_0 = V_0 R T_0$$

$$V_0 + V_H = \frac{3}{4} V$$

$$P_k \frac{V_0}{5} = \frac{5}{4} V_0 R T_0$$

$$P_0 = \frac{V_0}{V_0} m$$

$$P = \frac{dF}{dt} = \frac{F \cdot ds}{dt} = P_0 \frac{V_0}{V_0}$$

$$\frac{P_0 V_0}{V_0} = \frac{4}{3} \cdot 3 \cdot 10^3 m$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

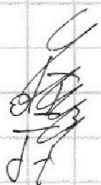
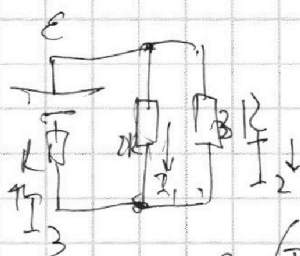
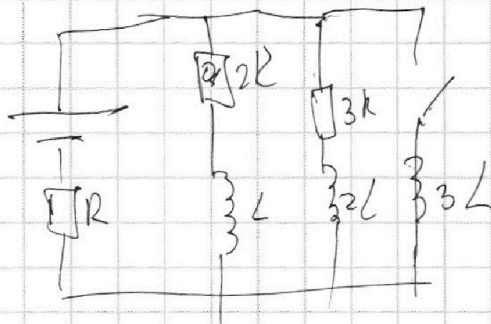
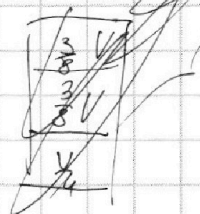
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



*Черновик*



$$I_3 = I = \frac{E}{R}$$

$$E - \frac{5}{3} I_0 R =$$

$$= E - \frac{5}{11} E =$$

$$= \frac{6}{11} E$$

$$I_{30} = \frac{6}{11} \frac{E}{R}$$

$$E = (I_1 + I_2)R + 2R I_1$$

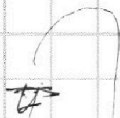
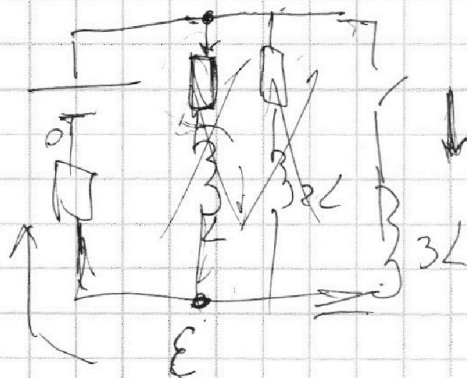
$$2R I_1 = 3 I_2 R$$

$$I_2 = \frac{2}{3} I_1$$

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

$$= \frac{11}{3} I_1 R$$

$$I_{10} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$$





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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!