



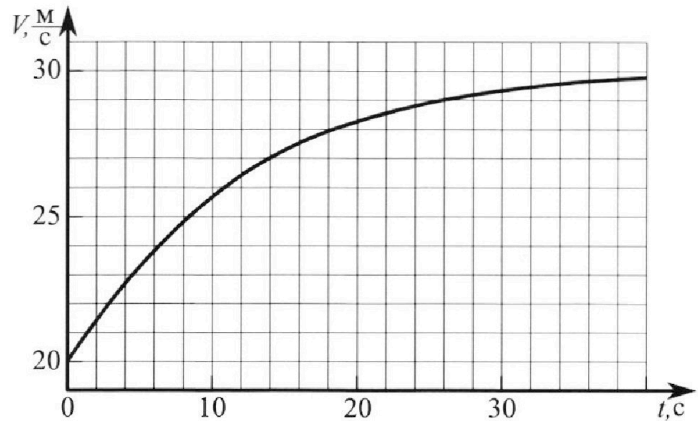
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 240$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 200$  Н.



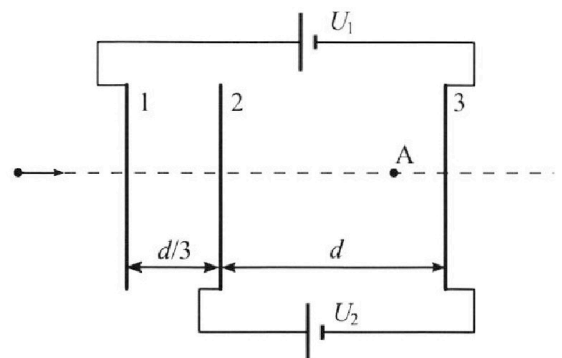
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый 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 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  $3V/8$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/8$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta\nu$  растворённого газа в объёме жидкости  $\nu$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta\nu = k\nu p$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 5U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.
- 2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

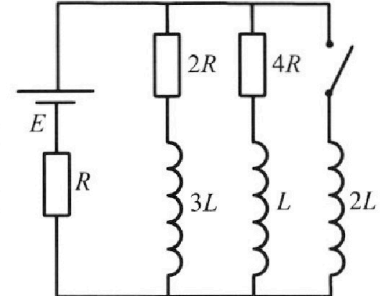
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



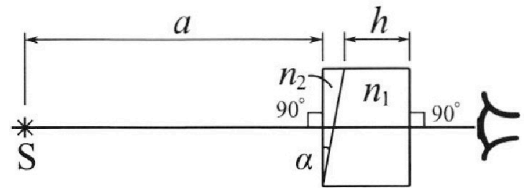
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $4R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $2L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $4R$  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  $a = 100$  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  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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!

Пункт 1)

По определению  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

Дано

$$m = 240 \text{ кг}$$

$$F_{\text{к}} = 200 \text{ Н}$$

Так как мотоцикл движется

вдоль одной ~~ося~~ прямой  $a = \frac{dv}{dt}$ , где  $dv$  - изменение скорости вдоль этой прямой.

На графике  $v(t)$  - а это касательная к графику

$$a_0 \approx \frac{3}{4} \text{ м/с}^2 \text{ из графика}$$

$a_0 \rightarrow$  тангенциальное ускорение.

Ответ:  $0,75 \text{ м/с}^2$

Пункт 2) Так как мощность постоянная  $\Rightarrow$

$$F_T = \text{const} \quad F_T \rightarrow \text{сила тяги}$$

В конце разгона  $F_T = F_{\text{к}}$  (скорость не меняется  $\Rightarrow$  сумма сил ноль.)

$$F_T = 200 \text{ Н}$$

$F_T - F_0 = ma$  II закон Ньютона на ось параллельную прямой движения.

ось направлена в сторону прямой.

$$F_0 = F_T - ma$$

$$F_0 = 200 - \frac{240 \cdot 3}{4} \text{ Н}$$

8/14

$$F_0 = 20 \text{ Н}$$

Ответ:  $20 \text{ Н}$

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!

Тикет 3) ~~как~~ ~~это~~

$P_0 \rightarrow$  мощность идущая на преодоление сопротив.

$P_T \rightarrow$  мощность двигателя.

$v_0 \rightarrow$  начальная скорость

$$P_0 = F_0 \cdot v_0$$

$$P_T = F_T \cdot v_0$$

$$\frac{P_0}{P_T} = \frac{F_0}{F_T}$$

$$\frac{P_0}{P_T} = \frac{20}{200}$$

$$\frac{P_0}{P_T} = \frac{1}{10}$$

Ответ:  $\frac{1}{10}$

9/14

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

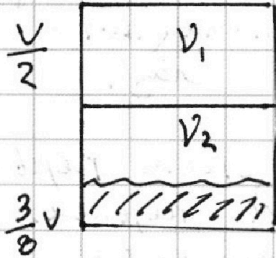
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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"/>

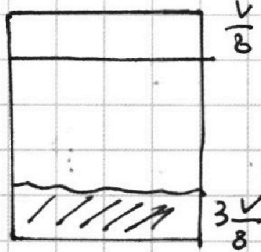
МФТИ

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

Пункт 1)



и ?



Пусть  $V_1$  и  $V_2$   $\rightarrow$  количество ул. газа в верхних  
и нижних ~~частях~~ <sup>частях</sup> соответственно. ( $V_2 \rightarrow$  газоб.  
часть  $CO_2$ )

$P_0 \rightarrow$  начальное давление.

Объем верхней <sup>части</sup>  $\frac{V}{2}$ , объем занимаемой  $V_2 - (\frac{V}{2} - \frac{3V}{8})$

$$\frac{P_0 V}{2} = V_1 R \frac{3}{4} T$$

уравнения состояния.

$$P_0 \left( \frac{V}{2} - \frac{3V}{8} \right) = V_2 R \frac{3}{4} T$$

объемы равны так как поршень не имеет трения  
и легкий температура равна так как поршень  
проводит тепло.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{V}{2}}{\frac{V}{8}} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = 4$$

12/14

Ответ: 4

Пункт 2)  $P_2 \rightarrow$  давление в верхней части  
в конце.

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!

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_2 V}{8} &= \nu_1 R T \\ \frac{P_0 V}{2} &= \nu_1 R \frac{3}{4} T \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{P_2}{8} = \frac{2}{3} P_0$$

$$P_2 = \frac{16}{3} P_0$$

Так как объем воды практически не изменился.

$$\frac{V}{2} (P_2 - P_{атм}) = (\nu_2 + \Delta \nu) R T$$

$\Delta \nu \rightarrow$  ~~вещество~~ вещество растворенное в воде в молях.

$$\frac{P_0 V}{8} = \nu_2 R T \cdot \frac{3}{4}$$

$$\Delta \nu = k P_0 \cdot \frac{3}{8} V$$

$$\frac{V}{2} (P_2 - P_{атм}) = \frac{P_0 V}{6} + \frac{3}{8} P_0 k V R T$$

$$k = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$$

$$\frac{8}{3} P_0 - \frac{P_{атм}}{2} = \frac{P_0}{6} + \frac{3}{8} P_0 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \quad R T \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}$$

$$P_0 \left( \frac{8}{3} - \frac{1}{6} - \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6}{8} \right) = \frac{P_{атм}}{2}$$

~~$$P_0 \frac{64 - 4 - 5,4}{24} = \frac{P_{атм}}{2}$$~~

13/14

~~$$P_0 = \frac{12}{54,6} P_{атм} \quad P_0 = \frac{120}{596} P_{атм} \quad P_0 = \frac{60}{273} P_{атм}$$~~

~~$$P_0 = \frac{20}{31} P_{атм}$$~~

Ответ  $\frac{20}{31} P_{атм}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

$$P_0 \left( \frac{8}{3} - \frac{1}{6} - \frac{5,4}{8} \right) = \frac{P_{ат}}{2}$$

$$P_0 \frac{64 - 4 - 5,4 \cdot 3}{24} = \frac{P_{ат}}{2}$$

$$P_0 \frac{60 - 16,2}{12} = P_{ат}$$

$$P_0 \frac{43,8}{12} = P_{ат}$$

$$P_0 = P_{ат} \frac{120}{438}$$

14/14

$$P_0 = \frac{60}{219} P_{ат}$$

Ответ:  $\frac{60}{219} P_{ат}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

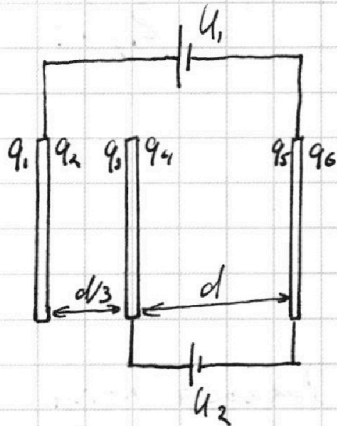
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



№ 3



Так как частица имеет маленький заряд по сравнению с зарядом пластины, то будем считать заряд  $q$  точечным.

Во влиянии на распределение зарядов сеток пренебрежимо малы.

Дано

$$U_1 = 5U$$

$$U_2 = U$$

$d; m$

$q$

Так как  $d$  много меньше размеров ~~клетки~~ сеток,

~~можно~~ можно пользоваться моделью плоского конденсатора.

Обозначим  $q_1; q_2; q_3; q_4; q_5; q_6 \rightarrow$  заряды сторон пластины сетки (см. рисунок).

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 0 \quad (\text{заряд всех пластины сум. } 0)$$

Введем  $\rightarrow S$  площадь сеток.

$$\frac{q_1}{S\epsilon_0 2} = \frac{q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{S\epsilon_0 2}$$

$$\frac{q_1 + q_2 + q_3}{S\epsilon_0 2} = \frac{q_4 + q_5 + q_6}{S\epsilon_0 2}$$

$$\frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5}{S\epsilon_0 2} = \frac{q_6}{S\epsilon_0 2}$$

Напряженность в сетке равна нулю.

Получаем систему

$$\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 0 \\ q_1 = q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \\ q_6 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 \\ q_1 + q_2 + q_3 = q_4 + q_5 + q_6 \end{cases}$$

~~Страница~~

1/14



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 checked="" 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!

Из системы получаем:

2/14

$$\begin{cases} q_1 = 0 \\ q_6 = 0 \\ q_4 = -q_5 \\ q_2 = -q_3 \end{cases}$$

$$\left( \frac{q_2}{\epsilon_0 \cdot 2} + \frac{q_3}{\epsilon_0 \cdot 2} + \frac{q_4}{\epsilon_0 \cdot 2} - \frac{q_5}{\epsilon_0 \cdot 2} \right) d = U. \quad \left( \text{Разность потенциалов между сетками } \# 2 \text{ и } 3 \right)$$

$$\frac{q_4}{\epsilon_0} d = U \Rightarrow \frac{q_4}{\epsilon_0} = \frac{U}{d} \Rightarrow \frac{q_5}{\epsilon_0} = -\frac{U}{d}$$

$$\left( \frac{q_2}{2\epsilon_0} - \frac{q_3}{\epsilon_0 \cdot 2} - \frac{q_4}{\epsilon_0 \cdot 2} - \frac{q_5}{\epsilon_0 \cdot 2} \right) \frac{d}{3} = U_1 - U_2 \quad \left( \text{Разность потенциалов между сетками } 1 \text{ и } 2 \right)$$

$$\frac{q_2}{\epsilon_0} = \frac{12U}{d} \Rightarrow \frac{q_3}{\epsilon_0} = -\frac{12U}{d}$$

Заметим что заряды распределены так,  
что  $q_2$  и  $q_3$  не влияют на разность потенциалов между сетками  $\# 2$  и  $\# 3$ , а  $q_4$  и  $q_5$  не влияют на разность потенциалов между сетками  $1$  и  $2$ .

Пункт 1)

$E_{23} \Rightarrow$  поле между пластинами  $2$  и  $3$

$$E_{23} = \frac{U}{d} \quad E_{23} = \frac{U}{d} \quad a \Rightarrow \text{ускорение между сетками } 2 \text{ и } 3$$

$$E_{23} q = ma$$

$$a = \frac{E_{23} q}{m q} \Rightarrow a = \frac{U}{d m} q$$

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 checked="" 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!

$$a = \frac{U}{dm} q$$

3/14

Ответ: ~~3/14~~  $\frac{U}{dm} q$

Пункт 2) Разность  $K_3$  и  $K_2$  создается работой ~~электрической~~ электрической силы

так как  $q_4 > q_5$  (это с учетом знака)

$$K_3 > K_2 \quad K_3 - K_2 = U_2 q$$

$$\neq K_3 - K_2 = U q$$

Ответ:  $U q$

Пункт 3) Поле от зарядов  $q_2$  и  $q_3$  вне пластины 1, 2 существует, но в области между пластинами 2 и 3 оно пренебрежимо мало.

Пусть потенциал бесконечно удаленной точки равен нулю.

Точка равнопотенциальная\* посередине между сетками 2 и 3 равна нулю. В силу симметрии распределения зарядов  $q_4$  и  $q_5$ , а также пренебрежением поля от  $q_2$  и  $q_3$ .

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!

Из закона сохранения энергии скорость  
посередине между сетками 2 и 3 равна  
~~изначально~~  $v_0$ .

$$\frac{m v_0^2}{2} + A = \frac{m v^2}{2} \quad \text{ЗСЭ}$$

$A \rightarrow$  работа силы элек. поля по перемещению  
из середины между пластинами 2 и 3 в точку  
A

$$A = \cancel{E_{23} \cdot q} \cdot \left( \frac{3}{4} d - \frac{d}{2} \right)$$

$$A = \frac{U}{d} \cdot q \cdot \frac{1}{4} d$$

$$A = \frac{U}{4} q$$

$v \rightarrow$  скорость в точке A

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{U}{4} q = \frac{m v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{m v_0^2 + 0,5 U q}{m} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{0,5 U q}{m}}$$

$$\text{Ответ: } \sqrt{v_0^2 + \frac{0,5 U q}{m}}$$

4/14

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"/>

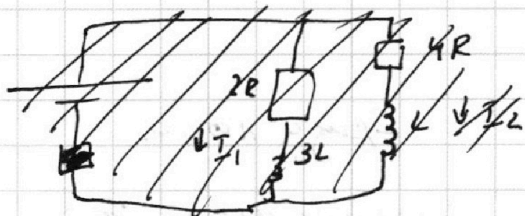
МФТИ

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

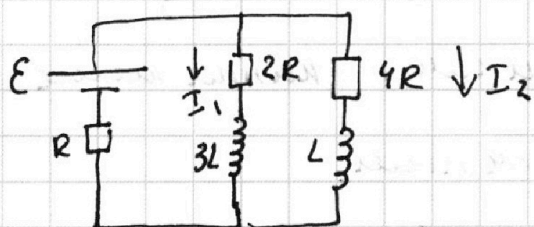


~~Черновик~~

5/14



н 4



Дано:

$E; R; L$

Пункт 1) ~~Ток~~ Ток через резистор  $2R$  обозначим как  $I_1$ , а через  $4R$   $I_2$ .

Решим, установившись  $\Rightarrow$  токи не меняются  $\Rightarrow$   
напряжения на катушках равны нулю

$$I_1 \cdot 2R = I_2 \cdot 4R \quad \text{Падения напряжений на резисторах равны}$$

$$I_1 = 2I_2$$

Ток через резистор  $R$  равен  $I_1 + I_2$

$$E - 4RI_2 - R(I_2 + I_1) = 0 \quad \text{II закон Кирхгофа для контура "E + 4R + L + R"}$$

$$E = (4R + R + 2R)I_2$$

$$I_2 = \frac{E}{7R}$$

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

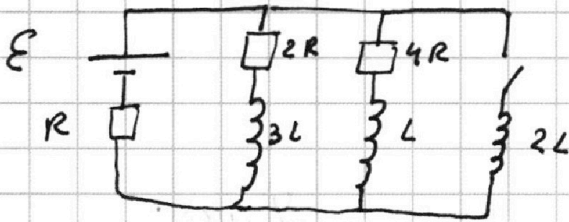
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Ответ:  $\frac{\varepsilon}{7R}$

6/14

Пункт 2)



Сразу после

замыкания ток

в цепи не изменится,

иначе напряжение

на катушке будет бесконечным.

$$\varepsilon - 2L \frac{dI}{dt} - R(I_1 + I_2) = 0 \quad \text{II закон Кирхгофа}$$

для контура

" $\varepsilon + 2L + R$ "

$$\varepsilon - R \cdot 3I_2 = 2L \frac{dI}{dt}$$

скорость

изменения тока  
через катушку 2L

$$\varepsilon - \frac{3}{7} R \frac{\varepsilon}{R} = 2L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{2}{7} \varepsilon = L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{2}{7} \frac{\varepsilon}{L}$$

Ответ:  $\frac{2}{7} \frac{\varepsilon}{L}$

Пункт 3) Когда режим установится, тока через

$2R$  и  $4R$  не будет. Иначе есть напряжение

на  $2L \Rightarrow$  есть изменение тока.

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!



$I \rightarrow$  ток через катушку  $2L$  в уст. режиме

$\mathcal{E} - IR = 0$  II закон Кирхгофа для контура  
" $\mathcal{E} + 2L + R$ "

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

$4R I_2' + L \frac{dI_2'}{dt} - 2L \frac{dI'}{dt} = 0$  II закон Кирхгофа  
для контура " $2R + L + 2L$ "

$I_2' \rightarrow$  ток в  $4R$  во время установившегося режима

$I_2' \rightarrow$  ток через  $L$  во время уст. режима

$$4R I_2' \cdot dt + L dI_2' - 2L dI' = 0$$

$I_2' \cdot dt = dq$   $dq$  заряд протекающий через  $4R$   
за  $dt$

$$4R dq + L dI_2' - 2L dI' = 0$$

Про суммируем в течение всего времени

$$4R \Delta q + L \Delta I_2' - 2L \Delta I' = 0$$

$$\Delta I' = I - 0 \Rightarrow \Delta I' = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\Delta I_2' = 0 - I_2 \Rightarrow \Delta I_2' = -\frac{\mathcal{E}}{7R}$$

$$4R \Delta q + L \left(-\frac{\mathcal{E}}{7R}\right) - 2L \frac{\mathcal{E}}{R} = 0 \Rightarrow \Delta q = \frac{L\mathcal{E}}{R \cdot R} \left(\frac{2 + \frac{1}{7}}{4}\right)$$

$$\Delta q = \frac{15}{28} \frac{\mathcal{E}L}{R^2}$$

Ответ:  $\frac{15}{28} \frac{\mathcal{E}L}{R^2}$

7/14

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"/>

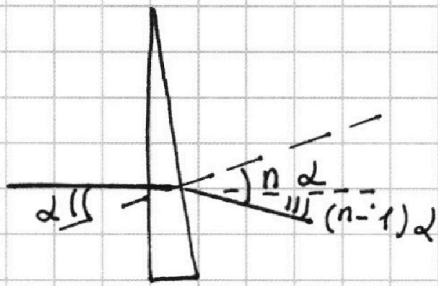
МФТИ

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

н 5

Пункт 1) При ~~отклонении~~ прохождении через призму угол отклоняется на  $\gamma = 2(n-1)\alpha$ , где  $\alpha$  и  $\alpha$  малые углы.  $n$  — показатель преломления

Докажем это для луча падающего перпендикулярно одной из сторон.



Угол отклонения

от нормали  $n \sin \alpha$ , так как угол  $\alpha$  мал  $\sin \alpha \approx \alpha$

$n \approx 2$ , тогда от исходного

отклониться на  $n\alpha - \alpha = (n-1)\alpha$

~~Тогда~~ Воспользуемся данными задачи:

Так как  $n_1 = n_2 \Rightarrow$  он не влияет на ход лучей.

Значит угол отклонения  ~~$n_2 \alpha$~~   $(n_2 - 1)\alpha$

$(1,7 - 1)0,7 = 0,07$  радиан Ответ:  $0,07$  рад.

Пункт 2) Так как угол отклонения максимальных лучей всегда равен  $(n-1)\alpha$

10/14

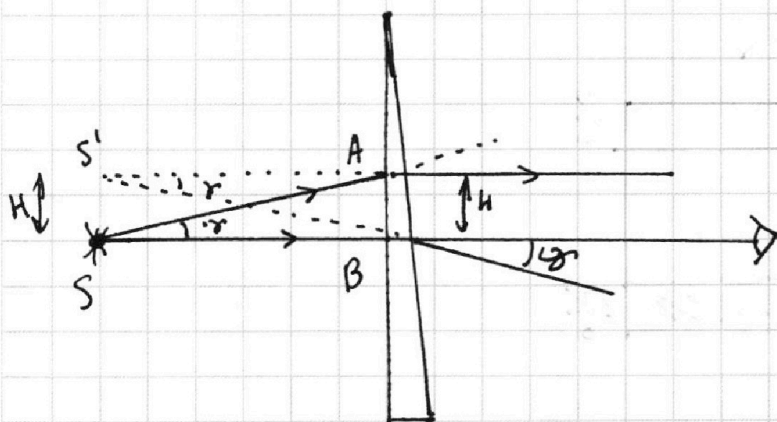
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Считаем, что все параксиал. лучи попадают в глаз.

Пусть первый луч перпен. плоскости призмы.

Он отклонится на угол  $\gamma$ .

Пусть второй луч под углом  $\gamma$ , он пойдет параллельно источнику-глаз.

Соединим продолжения лучей преломленных.

Так как ширина лица мала, углы отклонения малы, то  $\triangle SAB$ ,  $\triangle S'AB$  практически равноуг.

а углы  $\angle S'AB \approx \angle S'BA \approx \angle SAB \approx \angle SBA \approx \frac{\pi}{2}$  рад.

Тогда  $S'A \approx SB \Rightarrow$  изображение находится над  $S$ , оно поднялось на  $H$  (см. рис.).  $H \Rightarrow$  расстоянием между отраз. лучом и  $S$ -глаз.

$$H \approx SB \cdot \operatorname{tg} \gamma \approx SB \cdot \gamma$$

$$H \approx SB \cdot 2(n_2 - 1) \quad SB = 1 \text{ м}$$

$$H \approx 1 \cdot 0,1 (1,7 - 1) \text{ м} \quad H \approx 0,07 \text{ м}$$

Ответ: 0,07 м



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

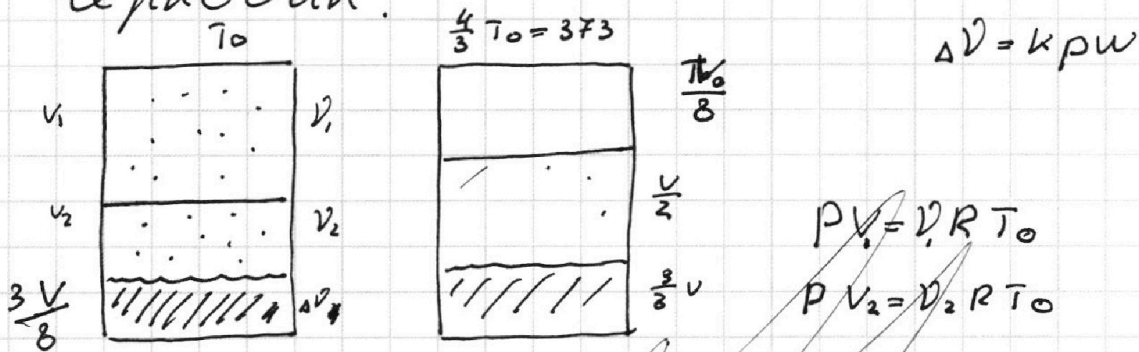
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Черновик:



$$p V_1 = \nu R T_0$$

$$p V_2 = \nu R T_0$$

$$\Delta V = \frac{3}{8} \nu p \cdot k$$

$$F_k = \dots$$

$$a = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ m/s}^2$$

$$F_T - F_0 = m a \quad F_T$$

$$A = m v \omega dt + F_0 v \omega dt$$

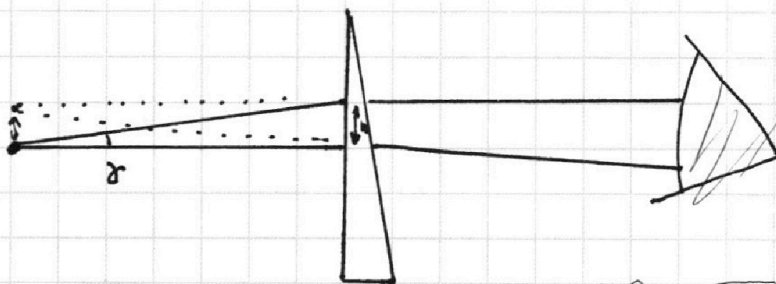
$$\frac{F_0 v}{m v \omega + F_0 \omega} = \frac{F_0}{m a + F_0} = \frac{F_0}{F_T}$$

~ 5

$$d \gamma = d(n-1)$$

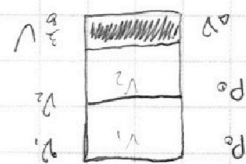
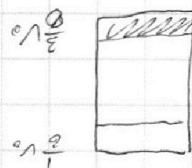
$$d(n_2-1) \quad \downarrow \quad d(n_1-1)$$

$$d(n_2-1)$$



$$p \frac{1}{4} V_0 = \nu R T_0$$

$$\Delta V = \frac{3}{8} \nu k p_0$$



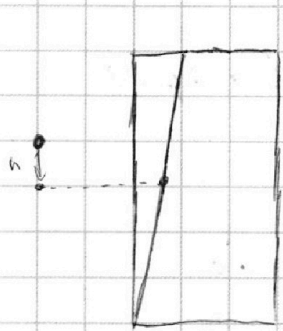
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



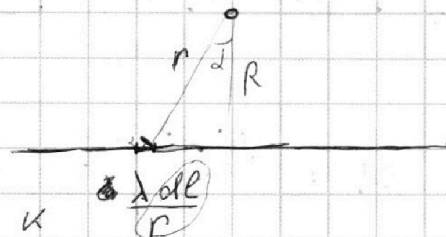
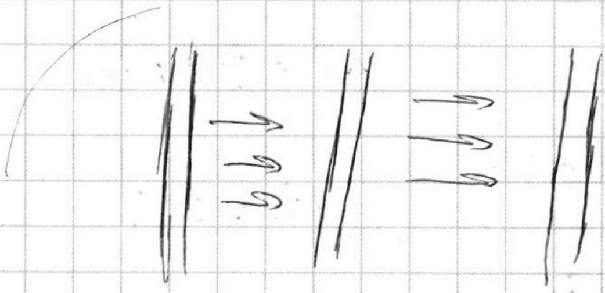
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\frac{4U}{d} \quad \frac{124}{d} \quad \frac{4}{d}$$

$$\frac{124}{d} \cdot \frac{d}{6} \quad \frac{4}{d} \cdot \frac{d}{2}$$

$$k \frac{q}{r}$$



$$k \frac{\lambda dl \cos \alpha}{r \cos \alpha} = k \lambda \int \frac{dl}{\cos \alpha}$$

$$d\varphi = k \frac{\lambda dl}{r} = k \lambda$$



$$E \cdot 2\pi r h = \frac{\lambda \cdot h}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon_0}$$

$$\varphi = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0} \int_R^b \frac{dr}{r} = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0} (\ln b - \ln a)$$

$$P_0 k \frac{8}{3} V_0 = \Delta V$$

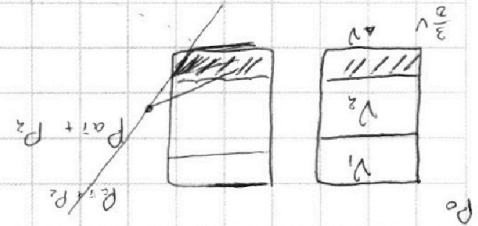
$$P_0 V_2 = V_2 R T_0$$

$$P_0 V_1 = V_1 R T_0$$

$$\frac{8}{3} V (P_{a1} + \frac{3}{8} R T_0) = \frac{8}{3} V (P_{a2} + \frac{3}{8} R T_0)$$

$$\frac{8}{3} V (P_{a1} + P_2) = V_1 R \frac{3}{4} T$$

$$\frac{8}{3} P_2 = (V_2 + \Delta V) R \frac{3}{4} T$$



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"/>

 МФТИ

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

$$\frac{16}{3} P_0 = P_2$$

$$\frac{P_0 V}{8} = P_2 R T \frac{3}{4}$$

$$\frac{V}{2} \left( \frac{16}{3} P_0 - P_{at} \right) = (P_2 + \Delta P) R T = \frac{P_0 V}{6} + K P_0 \frac{3}{8} R T$$

$$\frac{8}{3} P_0 - \frac{P_{at}}{2} = \frac{P_0}{6} + \frac{0,6 \cdot 3}{8} \cdot 3$$

$$\frac{8}{3} - \frac{1}{6} - \frac{54}{8} = 1$$

$$54 \cdot 3 = 150 + 12 = 162$$

$$27 \cdot 3 = 81$$

$$4 \cdot 243 = 8$$

$$\frac{15}{6} - \frac{2,7}{4} = \frac{30 - 8,1}{12} = \frac{21,9}{12}$$

$$\frac{60}{219}$$

Черновик

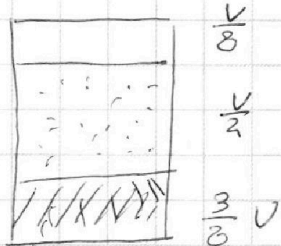
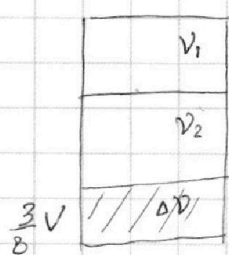
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\Delta v = P_0 k \cdot \frac{3}{8} V$$

$$P_0 v_1 = v_1 R \frac{3}{4} T$$

$$P_0 v_2 = v_2 R \frac{3}{4} T$$

~~$$P_0$$~~ 
$$P_2 \frac{V}{2} = (v_2 + \Delta v) R T$$

$$\frac{P_2}{P_0 + P_2} = \frac{v_2 + \Delta v}{v_1}$$

$$(P_{0T} + P_2) \frac{V}{2} = v_1 R T$$

~~$$\frac{\Delta v}{3kV}$$~~ 
$$v_2 = v_2 R \frac{3}{4} T$$

~~Решение~~

$$\Delta v = P_0 k \frac{3}{8} V$$

$$P_0 v_1 = \frac{3}{4} v_1 R T$$

$$\frac{\Delta v}{v_2} = \frac{3kV}{82v_2} \frac{4}{3} R T$$

$$P_2 \frac{V}{2} = (v_2 + \Delta v) R T$$

$$P_0 v_2 = \frac{3}{4} v_2 R T$$

$$\frac{\Delta v}{v_2} = \frac{kV R T}{2 \cdot v_2}$$

$$(P_{0T} + P_2) \frac{V}{2} = v_1 R T$$

$$\frac{1}{4} = \frac{v_1}{\frac{P_{0T} \cdot V}{2 R T} + v_2 + \Delta v}$$

$$8 v_1 R T =$$

$$\frac{4 P_0}{3 T} = \frac{P_{0T} + P_2}{T}$$

$$\frac{4 P_0 v_1}{3} = (P_{0T} + P_2) \frac{V}{8}$$

~~$$T \left( v_2 R \frac{3}{4} T \right) = 3 P_{0T} + (v_2 + \Delta v) R T$$~~

$$v \frac{P_0}{2} = v R T \frac{3}{4}$$

$$\frac{2}{3} P_0 = \frac{P_2}{2} \Rightarrow P_2 = \frac{16}{3} P_0$$

$$v_1 R T = \frac{P_2}{8} v$$