



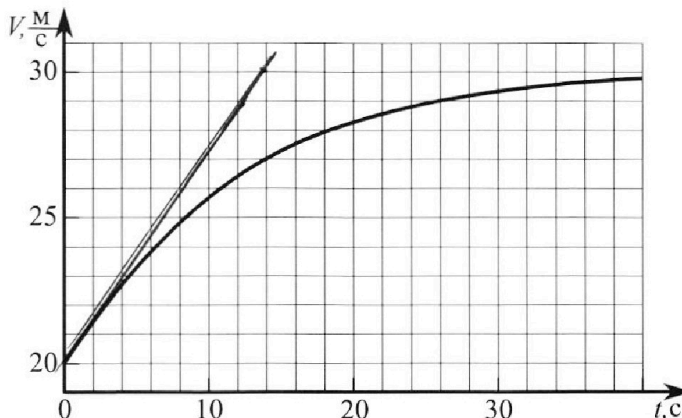
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



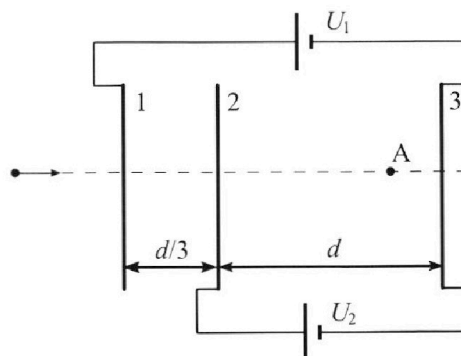
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность числа нного ответа на первый 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  $\Delta v$  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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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



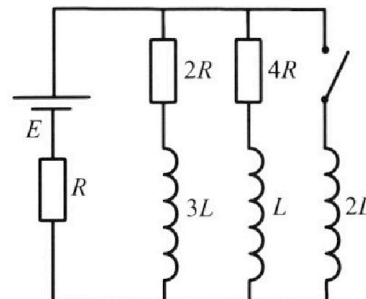
Вариант 11-04

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

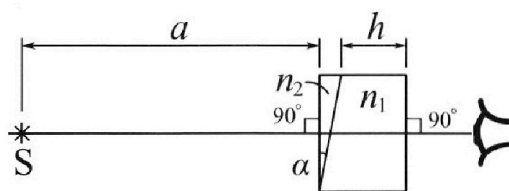
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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  $n_v = 1,0$ . 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  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



№1. Решение:

1) Тиробольщик касательную к траектории в точке  $(0c; 20m/c)$ .

Касательная линия проходит через точку  $(14c; 30m/c)$ ,

а т.к. угловой коэффициент касательной равен ускорению тела,

то  $a_{02} = \frac{30m/c - 20m/c}{14c - 0c} = \frac{5}{7} m/c^2 \approx 0,57 m/c^2$

2) В момент  $t$  на автомобиль действуют ~~2~~<sup>три</sup> силы: сила тяги и сила сопротивления движению. В момент разгона автомобиль движется равномерно со скоростью  $V_k = 30m/c$ . Пусть мощность равна  $N$ , тогда сила тяги в этот момент времени

равна  $F_{тяги} = N \cdot \frac{1}{V_k} = F_k$  (т.к. движение равномерное  $\Rightarrow$ )

~~$N = \frac{F_k}{V_k}$~~   ~~$N = F_k V_k$~~   $N = F_k V_k$

В начале движения, по 2 закону Ньютона:

$F_{тяги0} - F_0 = ma_0$ ;  ~~$\frac{N}{V_0} - F_0 = ma_0$~~ , где  $V_0$  — начальная

скорость,  $V_0 = 20m/c \Rightarrow F_0 = \frac{F_k V_0}{V_k} - ma_0$

$\frac{N}{V_0} - F_0 = ma_0 \Rightarrow \frac{F_k V_k}{V_0} - F_0 = ma_0$ ;  $F_0 = \frac{F_k V_k}{V_0} - ma_0$

$= 163,2 H$ .

3) Из 3СЗ:  $F_{тяги} dx - F_{соп} dx = m v dv \quad | : dt$

~~$F_{тяги} dt - F_{соп} dt = m v a$~~   $F_{тяги} v = F_{соп} v + m v a$

$N_{тяги} = N_{соп} + N_1$ , где  $N_1 = m v a \Rightarrow$

$\frac{N_{тяги}}{N_{соп}} = \frac{N_{соп}}{N_{тяги}} = \frac{F_0}{F_{тяги0}}$ ,  $F_{тяги0} = \frac{F_k V_k}{V_0} = 300 H \Rightarrow \frac{N_{соп}}{N_{тяги}} \approx 0,54$ .

Ответ: 1)  $a_0 \approx 0,57 m/c^2$ ; 2)  $F_0 \approx 163,2 H$ ; 3)  $\frac{N_{соп}}{N_{тяги}} = 0,54$ .

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) Конечное состояние: сверху газ при давлении  $P_1$ , снизу газ и вакуумной нар, суммарное давление которых равно  $P_1$ , но давление вакуума при температуре  $373K$  равно  $P_{ATM}$   $\Rightarrow$  давление газа снизу равно  $P_1 - P_{ATM}$ . Сам. газ газа сверху!

$\frac{P_1 V}{8} = 4 \nu_2 RT$  (1) Снизу кол-во газа равно  $\nu_2 + \delta \nu$ , его объем равен  $\frac{3V}{8} - \frac{3V}{8} = \frac{V}{2} \Rightarrow$

упр. сам. газ газа снизу:  $(P_1 - P_{ATM}) \frac{V}{2} = (\nu_2 + \delta \nu) RT$  (2)

~~$\frac{P_1 V}{8} = 4 \nu_2 RT$~~   $\frac{P_1 V}{2} = 16 \nu_2 RT$

$\frac{P_1 V}{2} - \frac{P_{ATM} V}{2} = (\nu_2 + \delta \nu) RT \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{P_{ATM} V}{2} = (15 \nu_2 - \delta \nu) RT$

но  $\nu_2 = \frac{P_0 V}{8 RT_0}$ ,  $\delta \nu = \frac{3 K P_0 V}{8}$ ,  $\Rightarrow \frac{P_{ATM} V}{2} = \left( \frac{15 P_0 V}{8 RT_0} - \frac{3 K P_0 V}{8} \right) RT$

~~$P_{ATM} =$~~   $P_{ATM} = \left( \frac{15 P_0}{4 RT_0} - \frac{3 K P_0}{4} \right) RT$

$P_{ATM} = P_0 RT \left( \frac{15}{4 RT_0} - \frac{3 K}{4} \right)$ ,  $P_{ATM} = \frac{3 P_0 RT}{4} \left( \frac{5}{RT_0} - K \right)$

~~$P_{ATM} =$~~   $\frac{P_0}{4} \left( \frac{15 T}{T_0} - 3 K RT \right)$ ;  $P_{ATM} = \frac{P_0 (20 - 3 K RT)}{4}$

$P_0 = \frac{4}{20 - 3 K RT} P_{ATM} = \frac{4}{20 - 3 \cdot 3 \cdot 0,6} P_{ATM} = 0,27 P_{ATM} = \frac{20}{73} P_{ATM}$

Ответ:  $P_0 = \frac{20}{73} P_{ATM}$ .

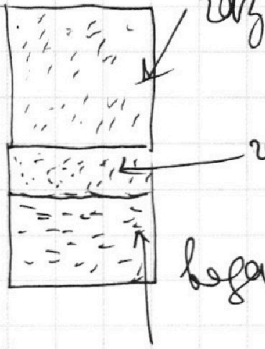
- 1  2  3  4  5  6  7

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



М2.

1) Начальное состояние:



В равновесии, но сверху и снизу давление

газов одинаково и равно  $p_0$ . Пусть

ко-во газобразного вещества сверху равно

$\nu_1$ , снизу  $\nu_2$ . Объем газа сверху равен  $\frac{V}{2}$ , снизу  $\frac{V}{2} - \frac{3V}{8} = \frac{V}{8}$ . Из ур. соот. для верхнего газа:

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0 \quad p_0 \text{ для нижнего: } p_0 \frac{V}{8} = \nu_2 R T_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 4. \quad 2) \text{ В начальном состоянии составили } \nu \text{ ко-во}$$

разобранного газа равно  $\Delta \nu = \kappa p_0 \cdot \frac{3V}{8}$ .

~~Конечное состояние: Давление в обеих частях газа в обеих~~



~~частях равна  $p_1$ , температура  $\frac{4T_0}{3}$ .~~

~~Снизу ко-во газа равно  $\nu_2 + \Delta \nu$ , сверху  $\nu_2$ . Из ур. соот. для верхнего газа:~~

$$\text{Снизу: } p_1 \frac{V}{8} = \nu_2 R T \quad \text{Сверху: } p_1 \left( \frac{7V}{8} - \frac{3V}{8} \right) = (\nu_2 + \Delta \nu) R T$$

~~Разделив первое ур. на второе:  $\frac{1}{4} = \frac{\nu_2}{\nu_2 + \Delta \nu}$~~

$$\frac{p_1 V}{2} = (\nu_2 + \Delta \nu) R T$$

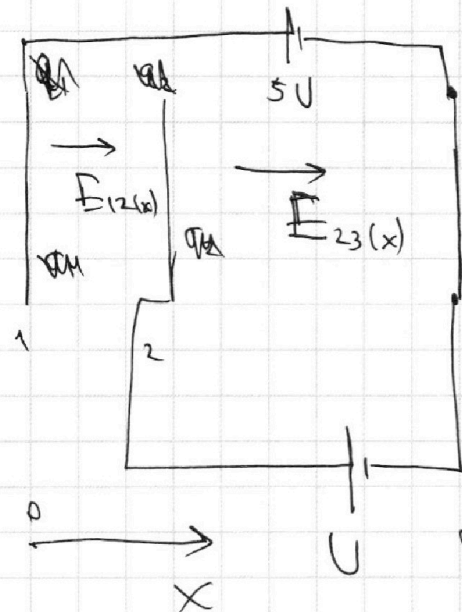
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



1. Пусть ~~заряды~~ ~~поверхностные~~ ~~плотности~~ ~~не зарядов~~ ~~плотности~~ ~~равны~~  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ , т.к. пластинки имеют одинаковую площадь и заряды не заряжены, то  $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$ . Поле, которое образуется внутри себя пластинки с рав. плотностью заряда  $\sigma$ , равно  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow$  полагаем, что

~~$\sigma_1 > 0, \sigma_2 > 0, \sigma_3 > 0$  (расположен окажется не так),~~

1. Пусть э. поле в области 1-2 равно  $E_{12}(x)$  (в направлении по оси  $Ox$ ), а э. поле в области 2-3 равно  $E_{23}(x)$ .

Итого III.к.  $E = -\frac{d\varphi}{dx}$ , то  $E_{23}(x) \cdot d = U$ ;

$$\Rightarrow E_{23}(x) = \frac{U}{d}; \quad E_{12}(x) = \frac{12U}{d} \quad \text{Сила действующая на}$$

$$\text{заряд } q \text{ в области 2-3 равна } F_x = E_{23}(x) \cdot q \Rightarrow a = \frac{E_{23}(x) \cdot q}{m} = \frac{Uq}{md}$$

2. III.к. зарядовая сетка не заряжена, но и зарядовой сетки заряд останется равным 0  $\Rightarrow$  поле слева от пластины

1 и справа от пластины 3 равно 0  $\Rightarrow$  в этих областях поле равно 0. Из ЗСЭ:

$$K_3 = K_2 = \frac{mV^2}{2} + qE_{12}(x) \cdot \frac{d}{3}$$

$$K_3 = \frac{mV^2}{2} + qE_{12}(x) \cdot \frac{d}{3} + qE_{23}(x) \cdot d \Rightarrow$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

$$\Rightarrow K_3 - K_2 = q E_{23}(x) \cdot d = \frac{q \cdot U}{d} \cdot d = qU.$$

$$3) \text{ по 30): } \frac{mV_0^2}{2} + q E_{12} \cdot \frac{d}{3} + q E_{23} \cdot \frac{3d}{4} = \frac{mV_A^2}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} + q \cdot \frac{12U}{d} \cdot \frac{d}{3} + q \cdot \frac{U}{d} \cdot \frac{3d}{4} = \frac{mV_A^2}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} + 4qU + \frac{3qU}{4} = \frac{mV_A^2}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} + \frac{19qU}{4} = \frac{mV_A^2}{2}$$

$$2mV_0^2 + 19qU = 2mV_A^2$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{19qU}{2m}}$$

$$\text{Ответ: } 1) a = \frac{Uq}{md}; 2) K_3 - K_2 = qU; 3) V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{19qU}{2m}}$$

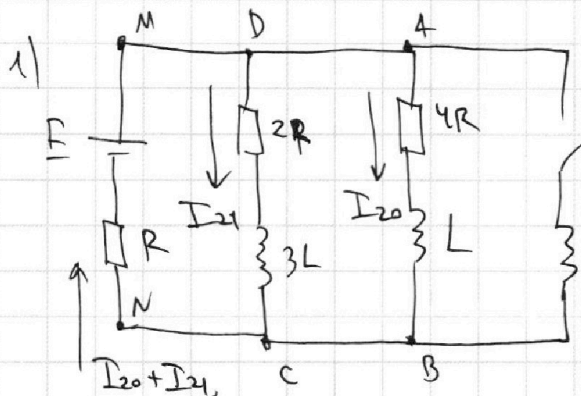
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

**МФТИ**

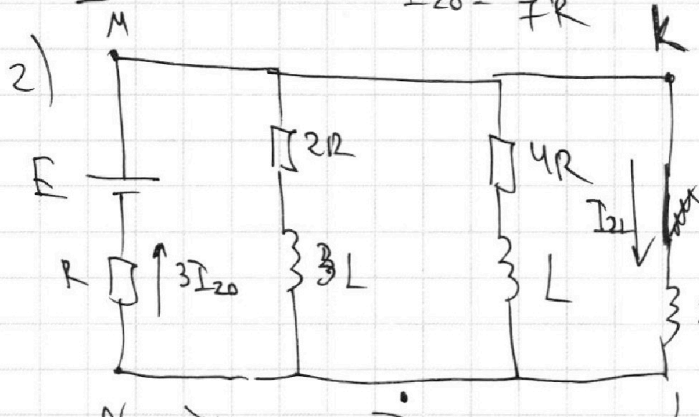
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



П.к.  $\rightarrow$  решим установившимся, но токи в цепи катушки  $\Rightarrow$  напряжением на всех катушках равны 0.

Ток идет через резистор  $2R$  несет ток  $I_{21}$ , тогда через резистор  $R$  несет ток  $I_{20} + I_{21}$ . По закону Кирхгофа для контура  $A-B-C-D$ :  $-I_{20} \cdot 4R + I_{21} \cdot 2R = 0 \Rightarrow I_{21} = 2I_{20} \Rightarrow I_{20} + I_{21} = 3I_{20}$ . По закону Кирхгофа для контура  $D-C-N-M$ :  $I_{21} \cdot 2R + (I_{20} + I_{21})R - E = 0$

$$E = 7I_{20}R \Rightarrow I_{20} = \frac{E}{7R}$$



$\rightarrow$  сразу после замыкания когда ток через катушки не успевают мгновенно измениться  $\Rightarrow I_{2L} = 0$ , ток через  $R$  равен  $3I_{20} = \frac{3E}{7R}$

Ищем  $I_{2L}$  - чеканная скорость изменения тока, тогда по закону Кирхгофа для контура  $MKLN$ :

$$E - 2L \cdot I_{2L} - \frac{3E}{7R} \cdot R; \quad I_{2L} = \frac{4E}{7L}$$

3)



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

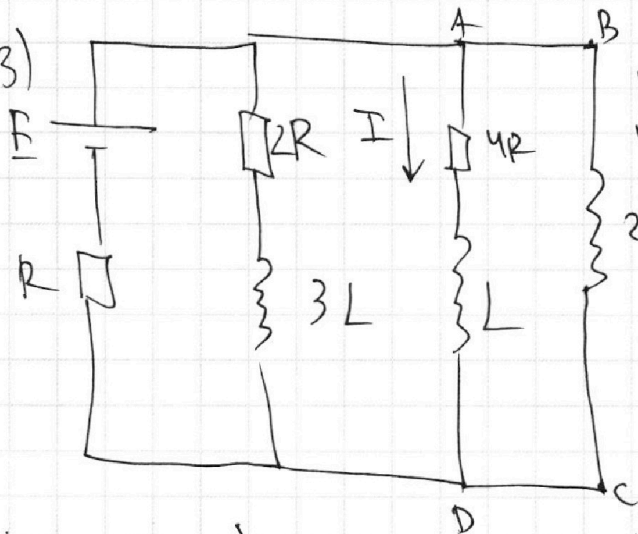
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



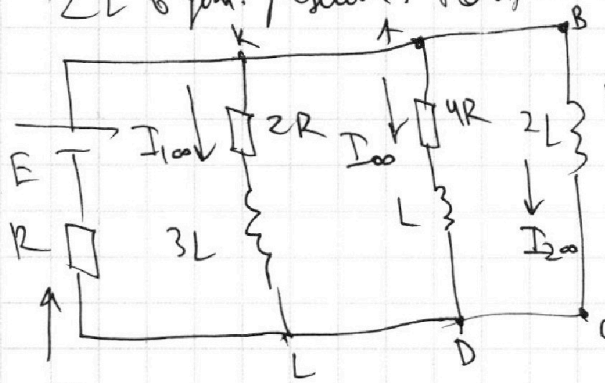
Ищем через  $4R$  макс  
 $I$ , через  $2L$  макс  
 $I_2$ . Тогда по 2  
 закону Кирхгофа для  
 контура ABCD:  
 $-4IR - L \frac{dI}{dt} + 2L \frac{dI_2}{dt} = 0$

$\# 4R(I dt) + L dI = 2L dI_2$ , но  $I dt = dq$ , где  $q$  -  
 величина заряда. Суммируя подобные выражения получаем:

$$4Rq + L \Delta I = 2L \Delta I_2, \text{ где } \Delta I = I_{\infty} - I_{20}$$

$$\Delta I_2 = I_{2\infty} - 0$$

$I_{\infty}$  - макс через  $L$  в чист. решиме;  $I_{2\infty}$  - ~~макс~~ макс через  
 $2L$  в чист. решиме. Найдем эти токи:



в чист. решиме напряжение на  
 катушках равно 0.  
 По 2 закону Кирхгофа для контура  
 ABCD:  $I_{\infty} \cdot 4R = 0 \Rightarrow I_{\infty} = 0$ .  
 Для контура KL:  $I_{\infty} \cdot 2R = 0 \Rightarrow$   
 $I_{\infty} = 0 \Rightarrow$  через резистор  
 $R$  течет макс  $I_{2\infty} \Rightarrow$  н.к. напря-

$I_{2\infty}$  меньше между B и C равно 0 то  $I_{2\infty} = \frac{E}{R} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow \Delta I = -I_{20} = -\frac{E}{7R}$ ;  $\Delta I_2 = \frac{E}{R} \Rightarrow 4Rq = \frac{LE}{7R} + \frac{2LE}{R}$ ;  
 $4Rq = \frac{15LE}{7R}$ ;  $q = \frac{15}{28} \frac{LE}{R^2}$

Ответ: 1)  $I_{20} = \frac{E}{7R}$ ; 2)  $I_{2L} = \frac{4E}{7L}$ ; 3)  $q = \frac{15}{28} \frac{LE}{R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

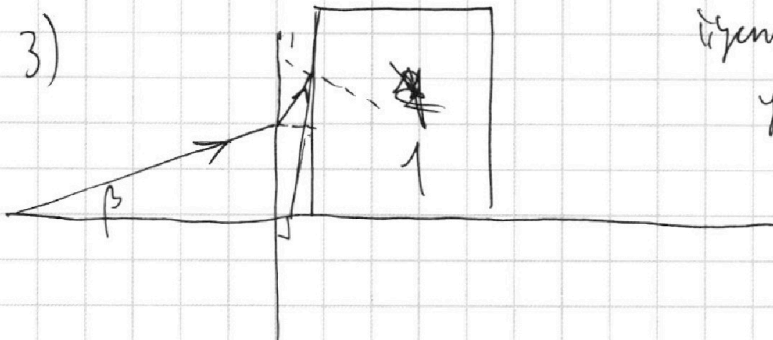
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

3)



Углы лучи  $\beta$  и  $\beta'$  равны

Угол  $\beta$  к оптической

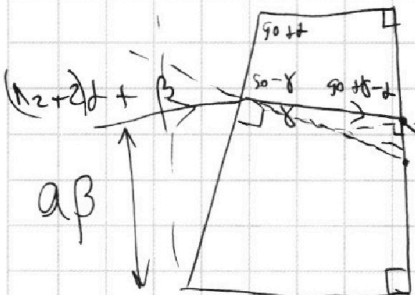
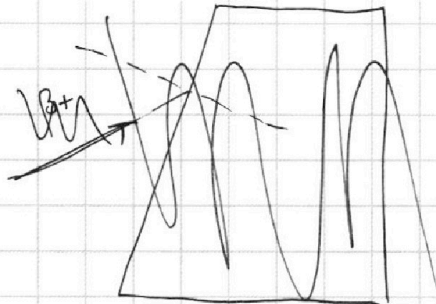
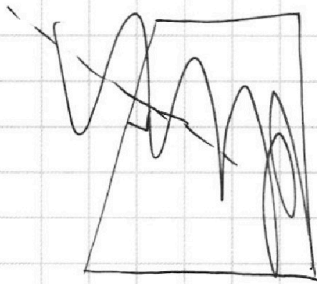
оси, после преломления

он будет углы  $\beta + (n_2 - 1)d$

и  $\beta'$   $\Rightarrow$  угол падения на  $\beta'$  равен углу отражения

$$\frac{\pi}{2} - (n_2 - 1)d - d = \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{\pi}{2} - \left( \frac{\pi}{2} - d - (n_2 - 1)d - \beta \right) = \beta + (n_2 + 2)d$$



$$\beta = n_1 \gamma \quad (\text{из закона Снеллиуса})$$

$$(n_2 + 2)d + \beta = n_1 \delta \quad (\text{из закона Снеллиуса и геометрии углов})$$

$$\delta = \frac{(n_2 + 2)d + \beta}{n_1} \quad \text{Угол падения луча на}$$

$$= d - \frac{(n_2 + 2)d + \beta}{n_1} \quad \text{внутри среды равен } d - \delta = \frac{(n_1 - n_2 - 2)d + \beta}{n_1} = \frac{\beta - (n_2 - n_1 + 2)d}{n_1}$$

Угол всегда у этой грани равен  $\phi_0 = \beta - (n_2 - n_1 + 2)d$

расстояние от правой грани первой призмы равно до точки пересечения луча с оптической осью равно  $d = \frac{a\beta}{\phi_0} = \frac{a\beta}{\beta - (n_2 - n_1 + 2)d}$

при  $\beta \rightarrow 0$   $d \rightarrow 0$ , значит, расстояние от источника до изображения равно  $l = a + h = 114 \text{ см}$ .

Ответ: 1)  $\phi = 0,07 \text{ рад}$ , 2)  $d_1 = 400 \text{ см}$ , 3)  $l = 114 \text{ см}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

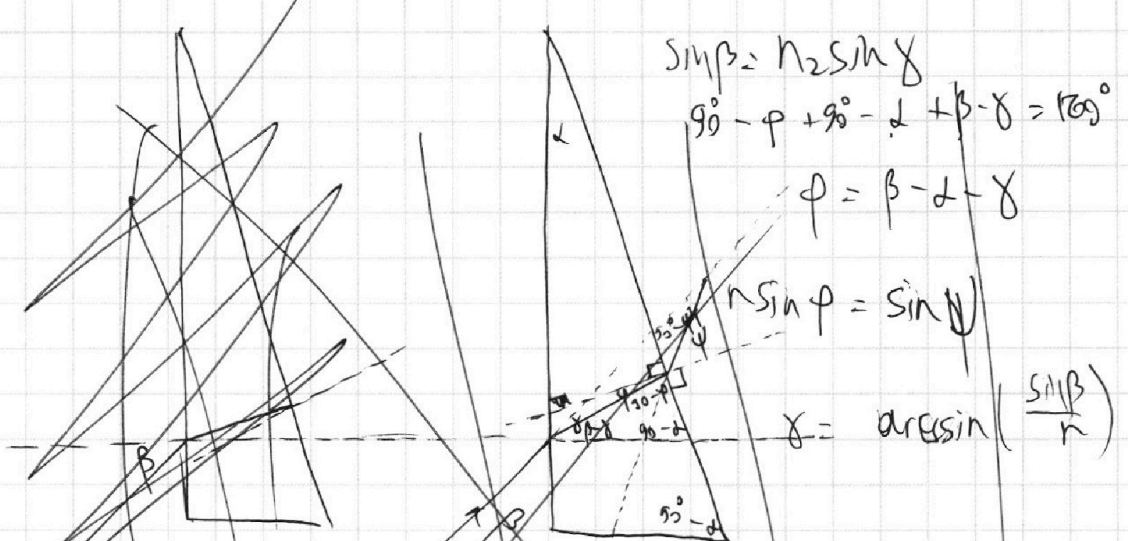
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:



- 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!



$$\sin \beta = n_2 \sin \gamma$$

$$90^\circ - \varphi + 90^\circ - \alpha + \beta - \gamma = 180^\circ$$

$$\varphi = \beta - \alpha - \gamma$$

$$n \sin \varphi = \sin \beta$$

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{\sin \beta}{n}\right)$$

$$\sin \varphi = \sin(\beta - \alpha - \gamma) = \sin(\beta - \alpha) \cos \gamma - \cos(\beta - \alpha) \sin \gamma$$

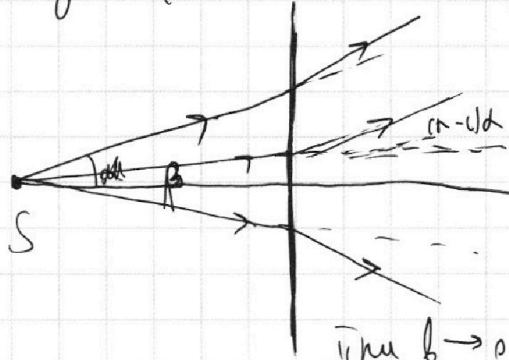
$$\approx \sin(\beta - \alpha) - \alpha \cos(\beta - \alpha)$$

$$\sin(\beta - \alpha) = \sin \beta - \arcsin\left(\frac{\sin \beta}{n}\right) = \sin \beta \sqrt{\frac{n^2 - \sin^2 \beta}{n^2}} - \cos \beta \cdot \frac{\sin \beta}{n}$$

$$\Rightarrow \frac{\sin \beta \sqrt{n^2 - \sin^2 \beta} - \sin \beta \cos \beta}{n} = \frac{\sin \beta}{n} (\sqrt{n^2 - \sin^2 \beta} - \cos \beta)$$

$$\cos^2(\beta - \alpha) = 1 - \frac{\sin^2 \beta}{n^2} (n^2 - \sin^2 \beta + \cos^2 \beta - 2 \cos \beta \sqrt{n^2 - \sin^2 \beta})$$

Рассмотрим лучи, выходящие из каблука глаза из S (маленькие они будут попадать в глаз);



Они отклоняются на угол  $(n-1)\alpha$ .  
 Они меняют угол падения  $\beta + (n-1)\alpha$  к прямой перпендикулярной.  
 $\Rightarrow$  рассмотрим  $a_1$  на кончике малой дуги пересечем эту дугу, равно  $\beta$

$$a_1 = \beta + (n-1)\alpha$$

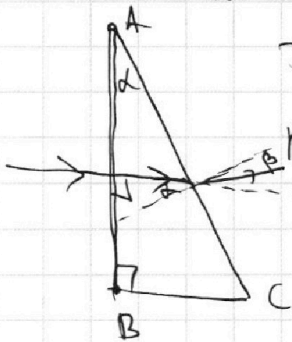
при  $\beta \rightarrow 0$  ~~маленькие~~  $a_1 \rightarrow \alpha \Rightarrow \alpha$   
 Некакие расстояния  $d_1$  равно  $d_1 = 100 \text{ см}$

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



15

1) м.к. при  $n_1 = n_2$ , то при прохождении границы призмы 1 с воздухом луч не преломляется  $\rightarrow$  отклоняет его только призма 2.

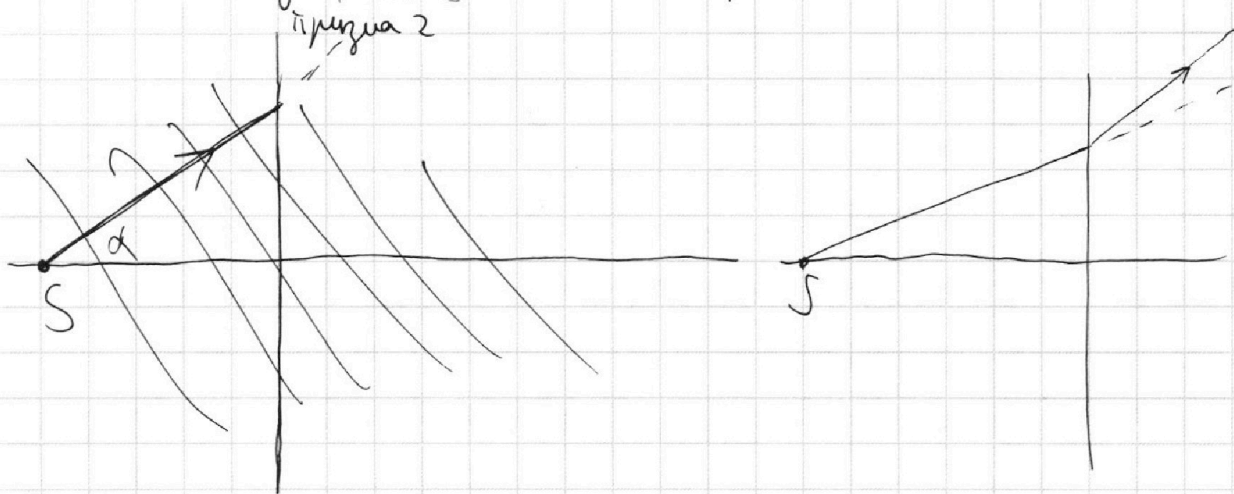


Грани АВ луч проходит, не преломляясь (м.к. падает перпендикулярно ей). Угол падения на грани ВС равен  $\alpha$ . Угол преломления равен  $\beta$ . Тогда по закону Снеллиуса:

$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta \Rightarrow \text{т.к. } \alpha < 1 \Rightarrow \sin \alpha \approx \alpha, \beta < 1 \Rightarrow \sin \beta \approx \beta$$

$$n_2 = 1 \Rightarrow \beta = n_2 \alpha, \text{ а угол между первоначальным направлением луча и преломленным лучом равен } \varphi = \beta - \alpha = (n_2 - 1)\alpha = 0,07 \text{ рад.}$$

2) Известно, что призма с малым углом  $\alpha$  при вершине отклоняет луч, идущий через нее, на угол  $(n_2 - 1)\alpha$ .



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

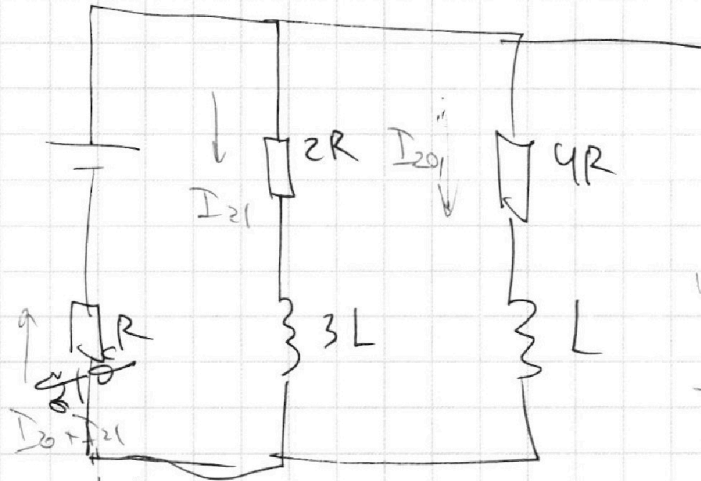
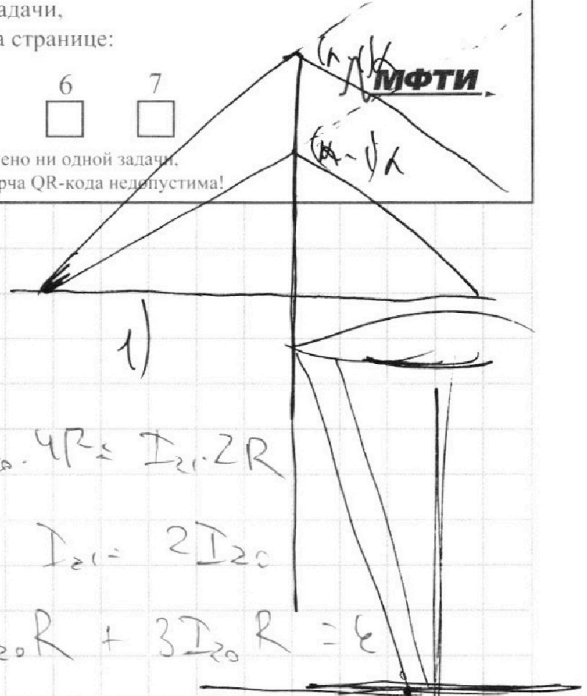
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

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



ИФТИ

№4.



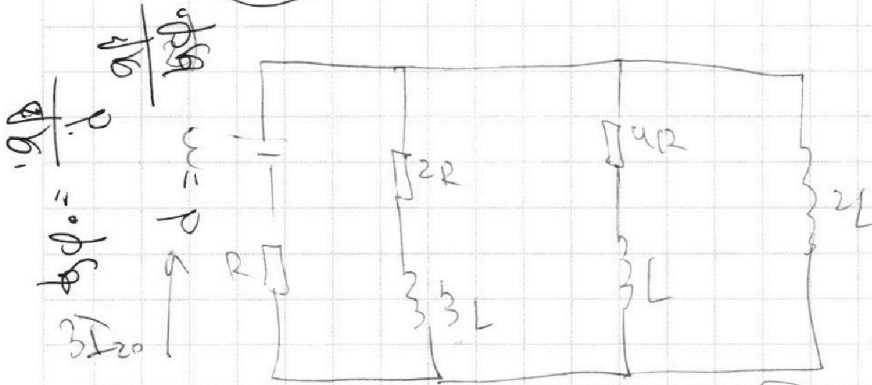
$$I_{20} \cdot 4R = I_{21} \cdot 2R$$

$$I_{21} = 2I_{20}$$

$$4I_{20}R + 3I_{20}R = \varepsilon$$

$$I_{20} = \frac{\varepsilon}{7R}$$

или ампер-вольты  
справу

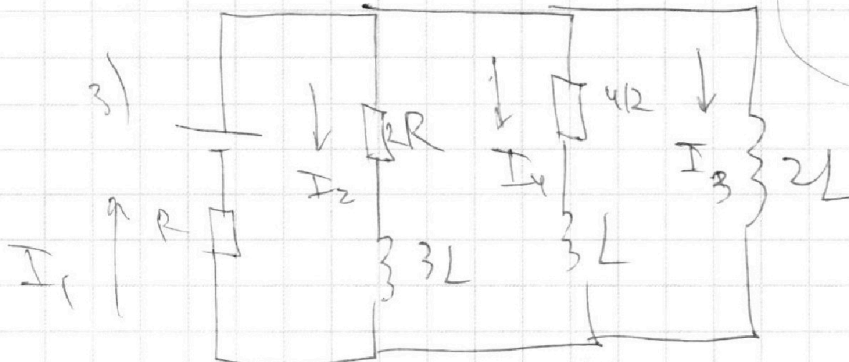


$$\varepsilon - 2LI_0' - 3I_{20}R = 0$$

$$2LI_0 = \frac{4\varepsilon}{7}$$

$$I_0 = \frac{2\varepsilon}{7L}$$

$$\varepsilon - 2LI_3' - I_1R = 0$$



$$\varepsilon - I_1 \cdot 4R - L \frac{dI_1}{dt} - I_1 R = 0$$

$$\varepsilon dt - dq_1 \cdot 4R - L dI_1 - dq_1 R = 0$$

$$\varepsilon - 2L \frac{dI_3}{dt} - I_1 R = 0 \quad \varepsilon dt - 2L dI_3 - dq_1 R = 0$$

$$\varepsilon dt - dq_1 R = 2L dI_3; \quad dq_1 \cdot 4R + L dI_1 = 2L dI_3$$

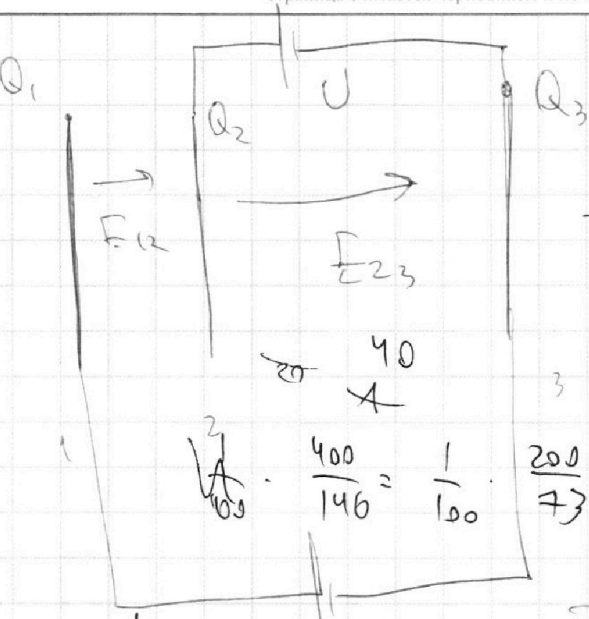
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$F_{\text{прив}} dx - F_{\text{эп}} dx = m v dv$$

$$F_{\text{прив}} v - F_{\text{эп}} v = m v a$$

$$1-2: \quad \frac{200}{146} \frac{73}{273} = 12 = \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{25 \epsilon_0}$$

$$540 \quad \frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{25 \epsilon_0}$$

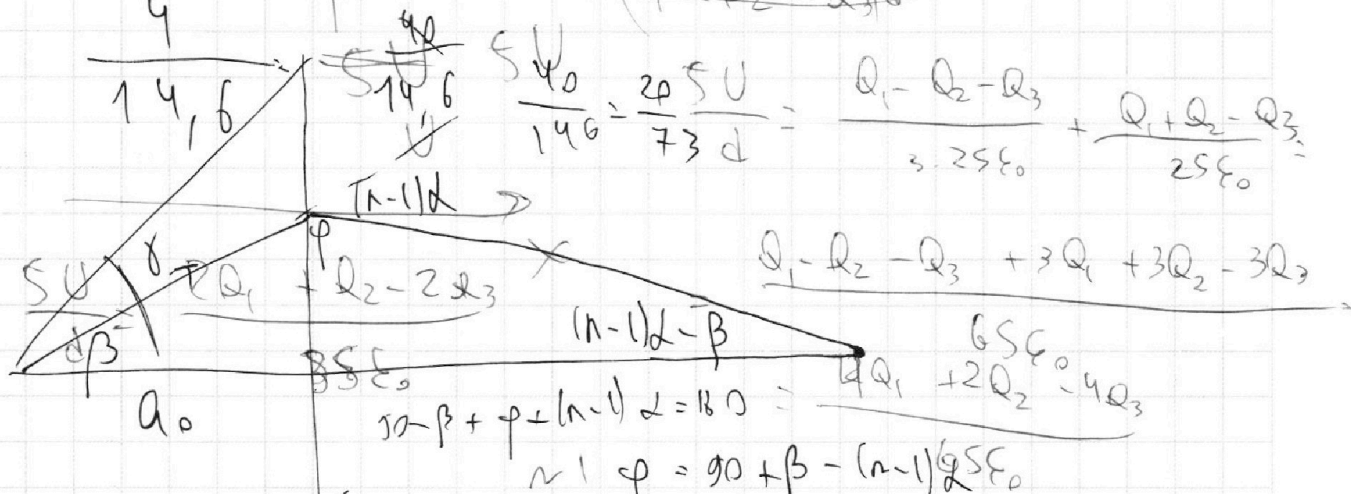
$$591$$

$$\frac{290}{219}$$

$$\frac{F_{\text{прив}}}{F_{\text{эп}}} = 0,6$$

$$\frac{400}{146} = \frac{1}{100} \cdot \frac{200}{73} E_{12} \cdot \frac{d}{3} + 7 A_{23} \cdot d = 5 U$$

$$(Q_1 - Q_2 - Q_3) d$$



$$5 U \cdot \frac{1}{\beta} = \frac{205 U}{146} = \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{3 \cdot 25 \epsilon_0} + \frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{25 \epsilon_0}$$

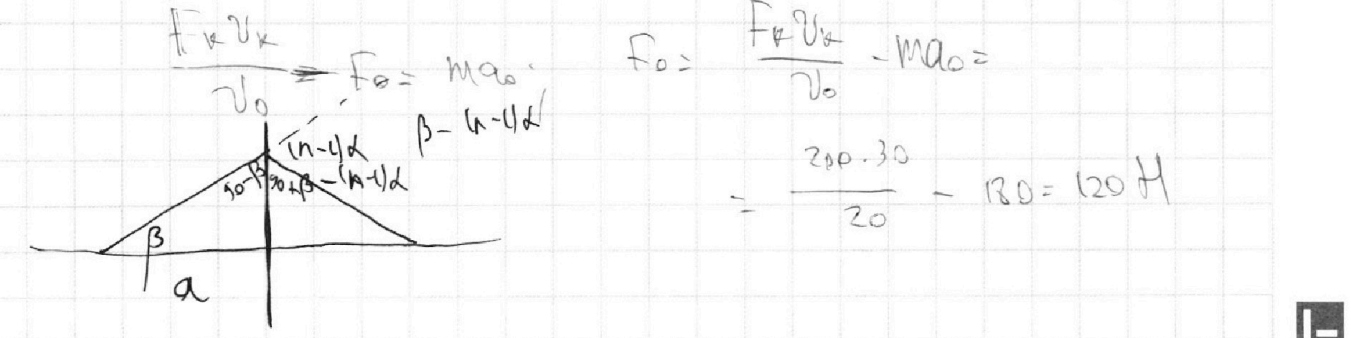
$$Q_1 - Q_2 - Q_3 + 3 Q_1 + 3 Q_2 - 3 Q_3$$

$$4 Q_1 + 2 Q_2 - 4 Q_3$$

$$65 \epsilon_0$$

$$5 \alpha - \beta + \varphi = (n-1) \lambda = 180$$

$$n-1 \varphi = 90 + \beta - (n-1) \frac{1}{2} 5 \epsilon_0$$



$$F_{\text{прив}} - F_0 = m a_0 \quad N dt =$$

$$\frac{N}{v_k} = F_k; \quad N = F_k v_k$$

$$F_0 = \frac{F_k v_k}{v_0} - m a_0 =$$

$$= \frac{200 \cdot 30}{20} - 180 = 120 \text{ Н}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



Handwritten solution on grid paper for a physics problem involving a particle in a magnetic field. The solution includes diagrams of particle trajectories, vector diagrams, and mathematical derivations.

**Diagram 1:** Shows a particle starting at point S and moving in a magnetic field. The trajectory is a helix. The angle between the velocity vector and the magnetic field is  $\beta$ . The pitch of the helix is  $h = v_{\parallel} t$ . The radius is  $r = \frac{mv_{\perp}}{qB}$ .

**Diagram 2:** Shows the particle's path in a coordinate system where the magnetic field is along the z-axis. The path is a helix with pitch  $h$  and radius  $r$ .

**Diagram 3:** Shows the particle's path in a coordinate system where the magnetic field is along the x-axis. The path is a helix with pitch  $h$  and radius  $r$ .

**Equations and Calculations:**

- $a_1 = \frac{a_0}{1 - (A_2 - 1) \cos \beta}$
- $a_2 = \frac{v_{\perp} \beta + \dots}{v_{\perp} \beta (1 - \cos \beta)}$
- $V_1 = \frac{P_0 V}{2} = \int R T d\beta = \frac{V}{2} \int \frac{d\beta}{1 - \cos \beta}$
- $V_2 = \frac{V}{8}$
- $\Delta U = k P_0 \frac{3V}{8}$
- $\frac{2}{3} \cdot 200 = 136,8$
- $300 - 136,8 = 163,2$
- $\frac{163,2}{3} = 54,4$
- $\frac{54,4}{12} = 4,53$
- $15 \sqrt{2} = 21,2$
- $15 \sqrt{2} > \Delta U$
- $\frac{15 P_0 V}{8}$

**Integration:**

$$\int \frac{d\beta}{1 - \cos \beta} = \int \frac{d\beta}{2 \sin^2(\beta/2)} = \int \frac{1}{2 \sin^2(\beta/2)} d\beta = -\cot(\beta/2) + C$$

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!



Handwritten solution on grid paper for a physics problem involving light rays and refraction. The solution includes several diagrams and mathematical derivations.

**Diagrams:**

- Top left: A small diagram showing a ray incident on a surface at angle  $\beta$ .
- Top middle: A diagram showing a ray incident on a surface at angle  $\beta$ , refracted at angle  $\gamma$ , and then reflecting off a vertical surface at angle  $\varphi$ . The angle of reflection is labeled  $\beta - \gamma + \varphi$ .
- Top right: A diagram showing a ray incident on a surface at angle  $\beta$ , refracted at angle  $\gamma$ , and then reflecting off a vertical surface at angle  $\varphi$ . The angle of reflection is labeled  $\beta - \gamma + \varphi$ .
- Middle left: A diagram showing a ray incident on a surface at angle  $\beta$ , refracted at angle  $\gamma$ , and then reflecting off a vertical surface at angle  $\varphi$ . The angle of reflection is labeled  $\beta - \gamma + \varphi$ .
- Middle right: A diagram showing a ray incident on a surface at angle  $\beta$ , refracted at angle  $\gamma$ , and then reflecting off a vertical surface at angle  $\varphi$ . The angle of reflection is labeled  $\beta - \gamma + \varphi$ .
- Bottom left: A diagram showing a ray incident on a surface at angle  $\beta$ , refracted at angle  $\gamma$ , and then reflecting off a vertical surface at angle  $\varphi$ . The angle of reflection is labeled  $\beta - \gamma + \varphi$ .
- Bottom middle: A diagram showing a ray incident on a surface at angle  $\beta$ , refracted at angle  $\gamma$ , and then reflecting off a vertical surface at angle  $\varphi$ . The angle of reflection is labeled  $\beta - \gamma + \varphi$ .
- Bottom right: A diagram showing a ray incident on a surface at angle  $\beta$ , refracted at angle  $\gamma$ , and then reflecting off a vertical surface at angle  $\varphi$ . The angle of reflection is labeled  $\beta - \gamma + \varphi$ .

**Equations and Derivations:**

- $n \sin \gamma = \sin \beta$
- $\sin \gamma = \frac{\sin \beta}{n}$
- $n \sin(\beta - \gamma) = \sin \beta$
- $\alpha_1 = (n_2 - 1)d = 0.07 \text{ мкм}$
- $\beta - \gamma + \varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \beta - \gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi$
- $\beta - \gamma + \varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \beta - \gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi$
- $\sin(\beta - \gamma) = \sin \gamma \cos \varphi - \cos \gamma \sin \varphi =$
- $\sin \gamma - 2 \cos \gamma = \frac{\sin \beta - \alpha \sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}{n}$
- $\varphi_0 = n_2 \varphi = n \varphi_0$
- $\frac{n_2 \varphi}{n \beta} = \frac{n_2 (\beta + \gamma)}{n \beta} = \frac{\sin \beta}{\sin \varphi}$
- $\sqrt{n^2 - \beta^2} = \sqrt{n^2 (1 - \frac{\beta^2}{n^2})} = \alpha n \sqrt{1 - \frac{\beta^2}{n^2}}$
- $90 - \beta + (n_2 - 1)d + 90 + \gamma - (n_2 - 1)d + \varphi_0 = 180$
- $n(1 - \frac{1}{2}(\frac{\beta}{n})^2) = \frac{\alpha n_2 + \beta}{n \beta}$
- $\frac{\beta^2}{2n} (n_2 + 1)d + \beta$
- $\arcsin \frac{\sin \beta}{n} = \alpha \sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}$
- $a_0 \beta = a_1 (d + \varphi_0)$
- $a_1 = \frac{a_0 \beta}{(n_2 + 1)d + \beta}$
- $\beta + (n_2 - 1)d$
- $90 - \beta$
- $90 + \gamma - (n_2 - 1)d$