

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023



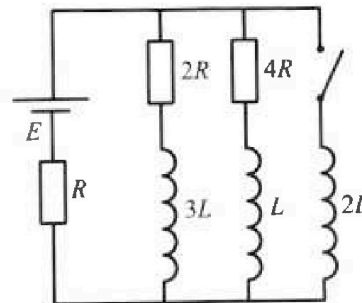
Вариант 11-04

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

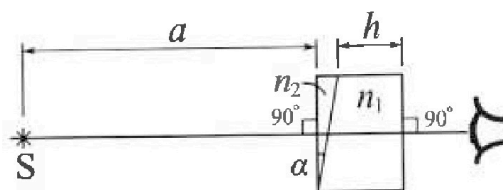
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



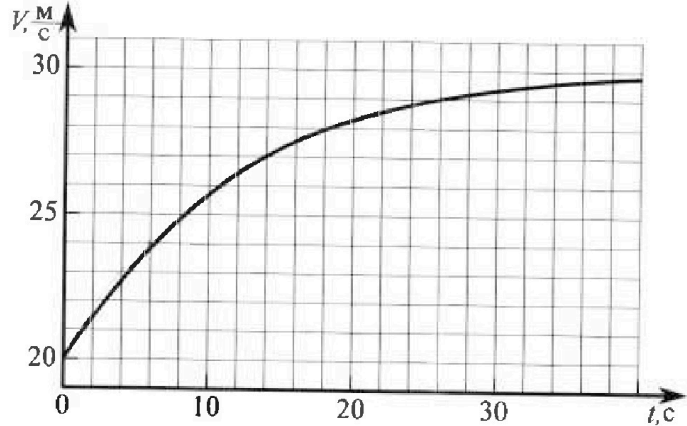
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



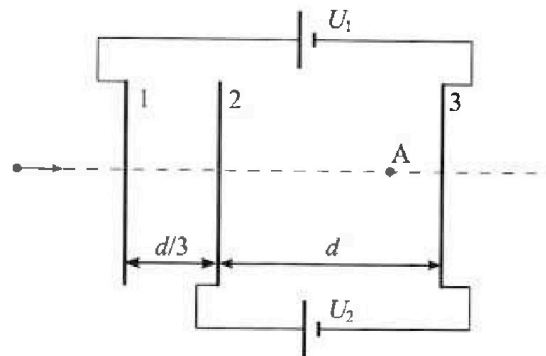
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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  $3V/8$ . 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/( $\text{м}^3 \cdot \text{Па}$ ). 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.

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!

$$-F_0 + F_{\text{т}} = m a_0 \Rightarrow F_0 = F_{\text{т}} - m a_0 =$$

$$= F_{\text{т}} \frac{v_{\text{т}}}{v_0} - m a_0 = 200 \text{ Н} \cdot \frac{30 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}} - 240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} =$$

$$= 120 \text{ Н}$$

3) Коэффициент, передаваемая на ведущее  
колесо, идущая на протекторе шины  
сопротивления равна коэффициенту шин  
сопротивления:  $F_0 v_0$

$$\eta = \frac{F_0 v_0}{F_{\text{т}} v_{\text{т}}} = \frac{F_{\text{т}} v_{\text{т}} - m a_0 v_0}{F_{\text{т}} v_{\text{т}}} = 1 - \frac{m a_0 v_0}{F_{\text{т}} v_{\text{т}}} =$$

$$= 1 - \frac{240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м/с}}{200 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}} = \frac{2}{5}$$

Ответ:  $\eta a_0 \approx 0,75 \text{ м/с}^2$ ;  $2) F_0 = F_{\text{т}} \cdot \frac{v_{\text{т}}}{v_0} - m a_0 = 120 \text{ Н}$

$$3) \eta = 1 - \frac{m a_0 v_0}{F_{\text{т}} v_{\text{т}}} = \frac{2}{5}$$

~~100 Н~~  
~~2/5~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

$m = 270 \text{ кг}$

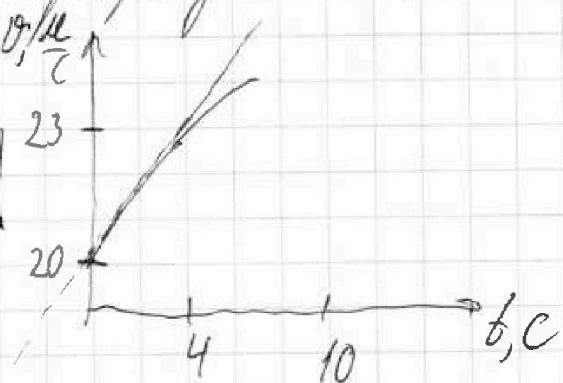
$F_k = 200 \text{ Н}$

1)  $a_0 = ?$

2)  $F_0 = ?$

3)  $\varphi = ?$

Проведем касательную к графику в точке O.



$a_0 = \frac{dv}{dt}$  в начале motion  $t=0$ . По графику

$\frac{dv}{dt}$  является тангенсом угла наклона касательной.

Из построения видно, что  $a_0 \approx \frac{3 \text{ м}}{4 \text{ с}} = 0,75 \text{ м/с}^2$

2) Из графика устанавливается скорость равна примерно  $v_k \approx 30 \text{ м/с}$ . Моменту равна произведению силы трения на

скажем:  $F_{m0} v_0 = v_k F_k$ , где  $F_{m0}$  - сила трения в начале,  $v_0$  -

скорость в начале (из графика  $v_0 = 20 \text{ м/с}$ )

По 2-му 3-му закону:

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) По условию Менделеев-Клапейрон для  
газа газа между газами и вакуумом.

$$p_1 \frac{V}{\rho} = \nu_1 RT \quad p_A + p \quad p_i' \frac{V}{2} = \nu_k RT$$

$p_1$  - давление газа между газами,  $p_i'$  - парциальное  
давление газа вакуума.

$\nu_1 = 3 + 3 \nu_k$  газ между газами парциальное

давление газа вакуума

$$p_A = \frac{\rho \nu_k RT}{V} = \frac{\rho RT}{V} = \frac{p_0 V}{2RT_0} = 4p_0 \frac{T}{T_0} = \frac{16}{3} p_0$$

$$p_i' = \frac{2\nu_k RT}{V} = \frac{2RT}{V} \cdot \left( \frac{p_0 V}{8RT_0} + \frac{3}{8} p_0 V \right) =$$

$$= 3p_0 + \frac{3}{4} p_0 kRT = 8p_0 \left( \frac{1}{3} + \frac{3kRT}{4} \right)$$

$$p_A + p_i' = p_1 \quad p_A = \frac{16}{3} p_0 - 8p_0 - \frac{3}{4} p_0 kTR$$

$$p_A = 5p_0 - \frac{3}{4} p_0 kTR \quad p_0 = p_A \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{4} kTR} =$$

$$= p_A \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{4} \cdot 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/(м}^3 \cdot \text{К)} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}} = \frac{20}{73} p_A$$

$$\text{Ответ: } \frac{17 \nu_k p_0}{\nu_1 T_0} = 0,27 p_0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

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



№2.

$$T = 373 \text{ K}$$

$$T_0 = \frac{3}{4} T$$

$$\Delta V = k p_0$$

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

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж / моль}$$

$$\Delta V = k p_0 \cdot \frac{3}{4} V$$

кал-то разбегается  
газа в начале.  
Ок не оказывает

1)  $\frac{V_0}{V}$  - ?

увеличил на  $\frac{3}{4}$

2)  $p_0$  - ?

по ур-ю Менделеева - идеального

и газу в начале

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu k R T_0 \quad p_0 \cdot \frac{V}{2} = (\nu k R T_0 - \Delta V) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_0}{2} = \nu k R T_0 - \Delta V; \quad \frac{V_0}{4} = \nu k R T_0 - \frac{3}{4} k p_0 V$$

$$\Rightarrow \nu k R T_0 = \frac{p_0 V}{2} \quad \nu k R T_0 = \frac{p_0 V}{2} + \frac{3}{4} k p_0 V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\nu k R T_0}{\nu k R T_0 + \frac{3}{4} k p_0 V} = \frac{\frac{p_0 V}{2}}{\frac{p_0 V}{2} + \frac{3}{4} k p_0 V} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{3}{4} k R T_0} =$$

$$= \frac{4}{1 + 3 k R T_0} = \frac{4}{1 + \frac{9}{4} k R T_0} = \frac{16}{4 + 9 k R T_0} =$$

$$= \frac{16}{4 + 9 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль / (м}^3 \cdot \text{Па)} \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ Дж / моль}} \approx 0,8$$

$$\approx 80\%$$

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!

$$\text{Ответ: } \eta_{\text{ж}} = \frac{1}{4 + 9kRT} = \frac{80}{101} \approx 9\%$$

$$2) p_0 = p_{\text{ж}} \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{4}kTR} = \frac{20}{73} \text{ Па}$$

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!

$$2 \frac{\epsilon_0 S U}{d} = 2(q_1 + q_2) \Rightarrow \frac{\epsilon_0 S U}{d} = q_1 + q_2$$

Решим систему:

$$\begin{cases} \frac{\epsilon_0 S U}{d} = q_1 + q_2 \\ 15 \frac{\mu \epsilon_0 S}{d} = 4q_1 + 3q_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_2 = \frac{\epsilon_0 S U}{d} - q_1 \\ 15 \frac{\mu \epsilon_0 S}{d} = 4q_1 + \frac{3\epsilon_0 S U}{d} - 3q_1 \end{cases}$$

$$q_2 = \frac{\epsilon_0 S U}{d} - q_1 \quad q_2 = -\frac{11 \epsilon_0 S U}{d}$$

$$q_1 = \frac{12 \mu \epsilon_0 S}{d} \Rightarrow q_1 = \frac{12 \mu \epsilon_0 S}{d}$$

Составим уравнение равновесия на  $m_1$ :

$$\sigma_1 = \frac{12 \mu \epsilon_0}{d} \quad \sigma_2 = -\frac{11 \epsilon_0 U}{d} \quad \sigma_3 = -\frac{\mu \epsilon_0}{d}$$

$$-\frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = +\frac{\mu}{2d} + \frac{12\mu}{2d} - \frac{11\mu}{2d} = \frac{\mu}{d}$$

- напряженность между 2 и 3

$$\text{По 2-му закону Ньютона} \quad \frac{\mu}{d} q = ma \Rightarrow a = \frac{\mu q}{md}$$

2)  $\mu$  - разность по мере от измерения  
разности  $K_3$  и  $K_2$ :

$$K_3 - K_2 = \mu q$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

3) Какое из крайних зарядов  
потенциал поверхности  
между обкладками равен  
потенциалу на делительном  
слое.

Потенциал поверхности  
между 2 и 3 и в  
точке O, A на рис.

Крайние равны 0. В точке A:

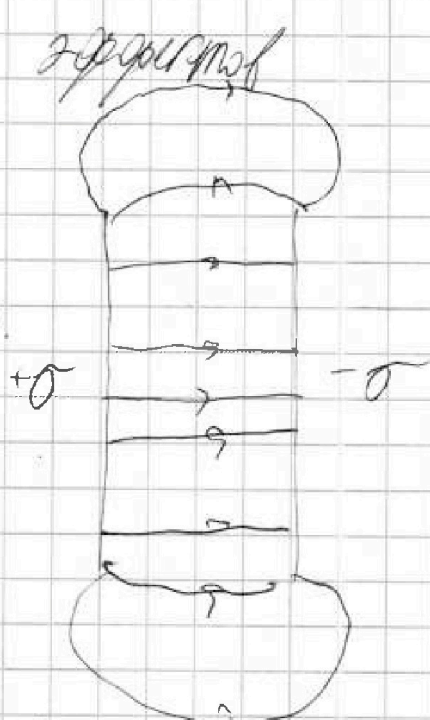
$$-\frac{d}{4} \cdot \left( \frac{\sigma_2 + \sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} \right) = \frac{d}{8\epsilon_0} \cdot \frac{2\sigma_0}{d} = -\frac{U}{4}$$

По мере от узла симметричной зарядки  
и 0 у зарядки  $U_0$ . По мере от  
узлов симметричной зарядки:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = q \frac{U}{4} \quad \text{или} \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{Uq}{4}$$

$$v^2 = v_0^2 + \frac{Uq}{2m} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{v_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$$

Ответ: 1)  $a = \frac{Uq}{4m}$ ; 2)  $K_3 - K_2 = Uq$ ; 3)  $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

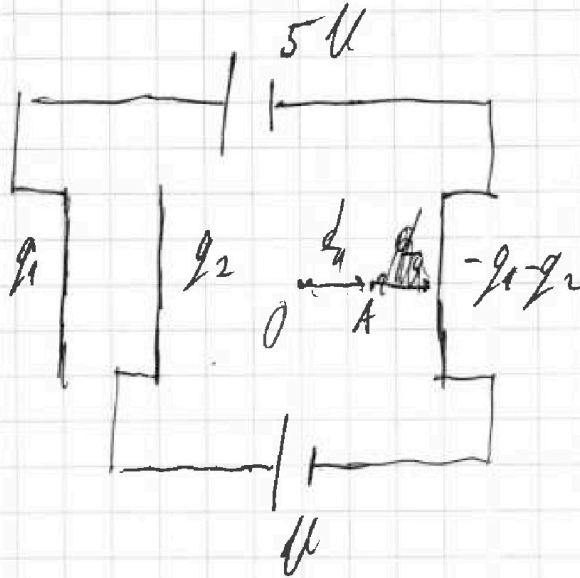
МФТИ

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



№ 3.

$d$ ,  $U$ ,  $m$ ,  $q$   
 1)  $a$  - ?  
 2)  $K_1 - K_2$  - ?  
 3)  $U$  - ?



1) Расставим уст. зар., как на рисунке.  
Вычислим разности потенциалов между пластинами.

$$5U = \left( \frac{+q_1 + q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2 + q_1}{2\epsilon_0 S} \right) d + \frac{d}{3} (-q_1)$$

$$5U = \left( \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) \frac{d}{3} +$$

$$+ \left( \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) d$$

$$5U = \frac{10 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{q_1}{\frac{d}{3}} - \frac{q_2}{\frac{d}{3}} + \frac{q_1}{\frac{d}{3}} + \frac{q_2}{\frac{d}{3}} + q_1 + q_2 + q_1 + q_2$$

$$\frac{10 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{8}{3} q_1 + 2q_2 \Rightarrow \frac{5 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{4}{3} q_1 + q_2$$

$$U = \left( \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) d$$



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. Печать QR-кода недопустима!

1)  $I_{20}$  - ? | По правилу узла, ЭДС и индукции  
 2)  $\frac{dI}{dt}$  - ? | ток  $3I$  и  $L$  - ~~просто~~ ~~ведут~~  
 3)  $q_{\text{max}}$  ? | ~~ведет~~ как ~~просто~~ ~~ведет~~.  $\frac{4R}{2R} = 2$ , ~~ж~~  
 ток через  $2R$ :  $2 I_{20}$  (как ~~ведет~~ ~~ведет~~)  
 По 2-й правилу Кирхгофа и 1-й:  

$$\mathcal{E} = 3 I_{20} R + 4R \cdot I_{20} \Rightarrow I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

2) Ток через  $3L$  и  $L$  не мог ~~резко~~  
~~изменится~~ ~~ведет~~ ~~замыкается~~, ~~ж~~ ~~от~~ ~~ток~~  
 и ~~будет~~  $I_{20}$  и  $2 I_{20}$ , а по 1-й  
 правилу Кирхгофа ~~через~~ ~~резистор~~  $R$  ~~от~~  
~~ток~~ и ~~будет~~  $3 I_{20}$ . ~~Через~~  $2L$  ~~и~~ ~~ведет~~  
~~грозь~~ ~~ведет~~ ~~замыкается~~ ~~ведет~~ ~~ток~~ ~~ведет~~.  
 По 2-й правилу Кирхгофа ~~где~~ ~~контура~~.  

$$\mathcal{E} - R - 2L:$$

$$\mathcal{E} = 3 I_{20} R + 2L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$$

3)  $I_{2L}$  - ток через  $2L$ ,  $I_{4R}$  ток через  
 $L$  и  $4R$  ~~состав~~ ~~ведет~~ ~~замыкается~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

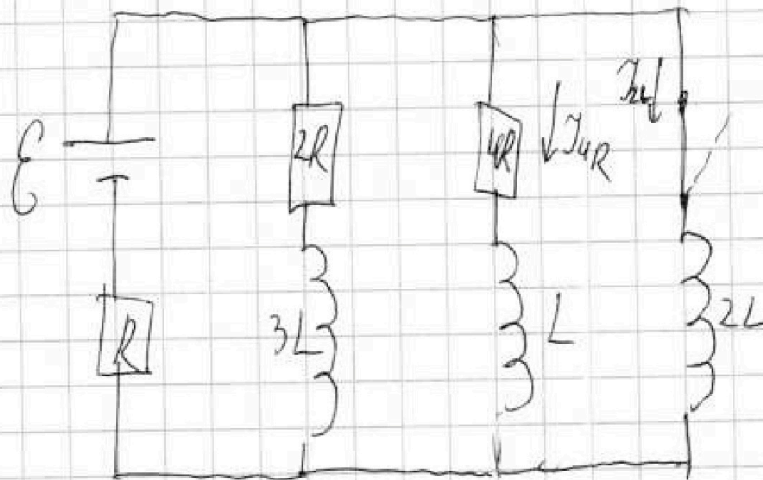
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

решено. По 2-му  
правилу Кирхгофа  
для контура  
 $4R - L - 2L$ :

$$0 = 4I_{4R}R + L \frac{dI_{4R}}{dt} - 2L \frac{dI_{2L}}{dt}$$



$$4R \cdot \frac{dI_{4R}}{dt} + L \frac{dI_{4R}}{dt} = 2L \frac{dI_{2L}}{dt}$$

$$4R \frac{dI_{4R}}{dt} + L \frac{dI_{4R}}{dt} = 2L \frac{dI_{2L}}{dt} \quad \text{Продифференцируем}$$

$4R I_{4R}$  от момента замыкания, до  $t=0$  не считаем

$4R I_{4R}$  установившийся режим  $\frac{dI_{4R}}{dt} = 0$

$\Rightarrow I_{4R} = 0$ , ток через  $2R$  тоже равен 0

$$4R I_{4R} + L (I_{4Rk} - I_{4Rn}) = 2L \mu (I_{2Lk} - I_{2Ln})$$

$I_{4Rk}$  - ток через  $4R$ ,  
 $I_{4Rn}$  - начальный ток  $I_{4Rn} = I_{20} = \frac{E}{FR}$

$I_{2Lk}$  - ток через  $2L$   
 $I_{2Ln}$  - начальный ток  $I_{2Ln} = 0$

$I_{2Lk}$  - ток через  $2L$

$I_{2Ln}$  - начальный ток  $I_{2Ln} = 0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

В установившемся режиме нет ЭДС  
индукции, т.е.  $i_{чк} = 0$  (конденсатор нет).  
По 2-му закону  $2L$  будем считать как обычную  
проводимость. По 2-му закону Кирхгофа  
для  $R$ -ра  $\mathcal{E} - 2L - R$   
 $i_{чк} = \frac{\mathcal{E}}{R}$  ~~вычислять  $R$  или~~

Используем:

$$4Rq_{чк} + L \cdot \left(-\frac{\mathcal{E}}{7R}\right) = 2L \frac{\mathcal{E}}{R} \quad 4Rq_{чк} = \frac{15}{7} L \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$q_{чк} = \frac{15}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

$$\text{Ответ: 1) } i_{чк} = \frac{\mathcal{E}}{7R}; \quad 2) \frac{d^2}{dt^2} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}; \quad 3) q_{чк} = \frac{15}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

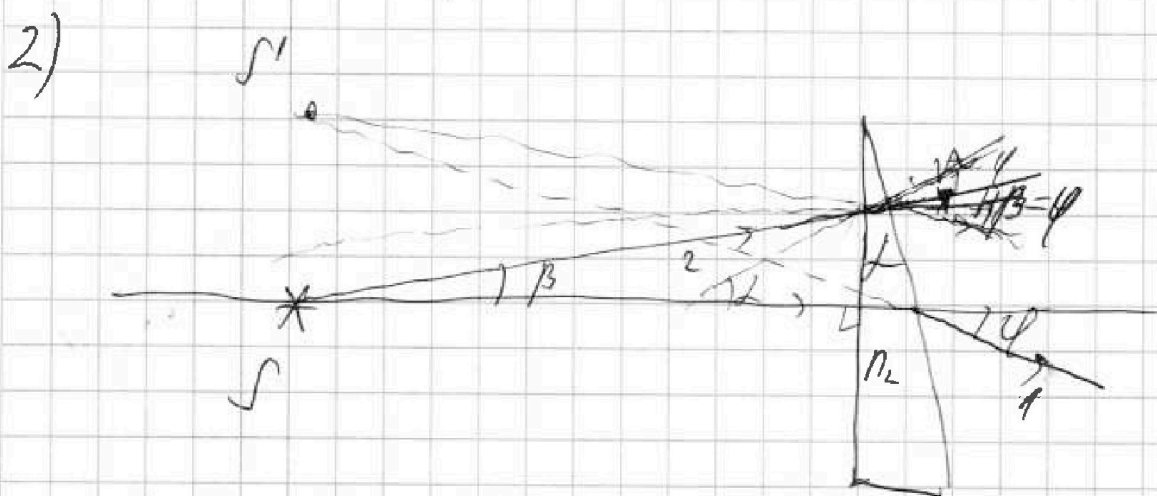
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



Путь луча  $AB$  луч под углом  $0^\circ$ , лучи  
преклоняются  $d = 2(n_1 + 1)$ , световый путь  
на  $d \in n_1 (1 + \frac{1}{n_1})$



Путь луча  $AB$  преломляется на  $n_2$  и под  
углом  $\beta$ . Он преломляется на  $n_1$   
на  $\phi = 2(n_2 - 1)$ . Преломляется на  $n_1$   
радиуса, луч  $1$  преломляется на  
преломлении  $n_1$  преломляется на  $d$  под  
 $S'$ , а луч  $2$  на высоте  $(\beta + \phi) a - \beta a =$   
 $2a\phi$ .  $\lambda$  интерференция.  $S'$  расстояние  $S'$  от  
 $S$ :  $a\phi = a \cdot 2(n_2 - 1) = \lambda m$

Ответ: 1)  $\phi = 2(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$ ; 2)  $d = a \cdot 2(n_2 - 1) = \lambda m$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



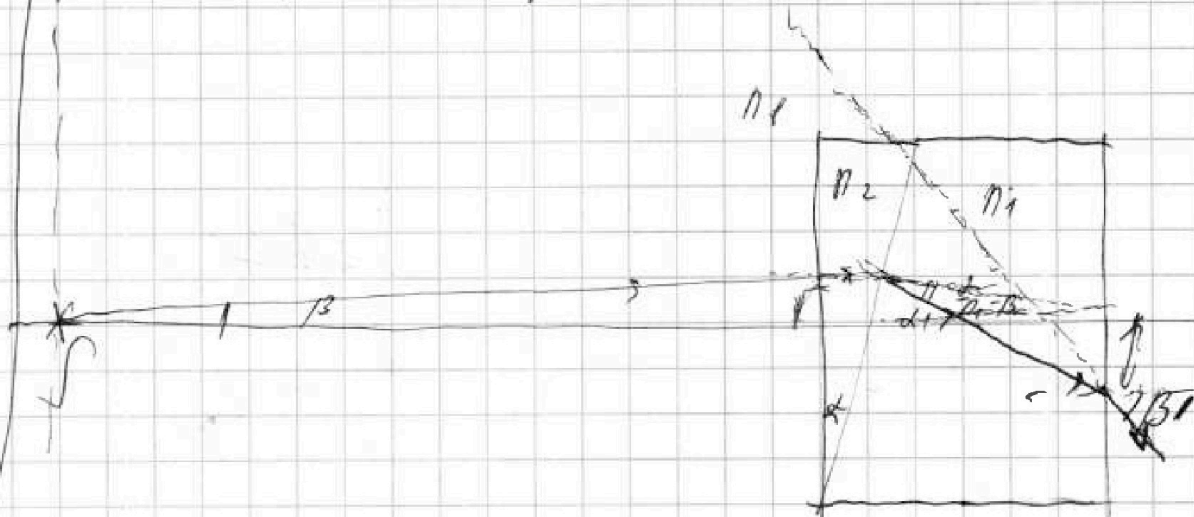
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

зн.  $\varphi_0 = 2 \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = 90^\circ$  град

2) Построим луч под углом  $\beta$ .



Он упадет на  $z$ - $y$  границу  $n_2 - n_1$   
под углом  $2 - \beta$ , преломится ко

углу  $(2 - \beta) \frac{n_2}{n_1} = \alpha - \beta$ . Упадёт на

границу  $n_1 - n_1$  под углом  $2 + \frac{\alpha}{n_1} - \beta$ ,

вылезет на угол  $\beta' = 2n_1 - \beta n_1 + \alpha$ .

луч выдет из границы  $n_2 - n_1$

$$a \alpha \beta = (2n_1 - \beta n_1 + 2) h = \beta(a + hn_1) - dh(n_1 + 1)$$

$$a \beta = (a\beta - h(2 + \frac{\alpha}{n_1} - \beta)) = (\beta(a + h) - h(2 + \frac{1}{n_1}))$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:



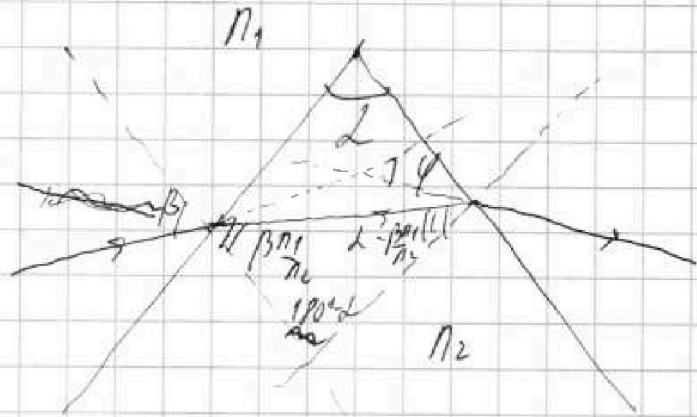
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

№5.

$n_1 = 1,6$   
 $a = 100 \text{ см}$   
 $L = 0,1 \text{ рад}$   
 $h = 14 \text{ см}$



1)  $\varphi_0$  - ?  
 2)  $\beta_1$  - ?  
 3)  $\beta_2$  - ?

1) Рассмотрим лучи с малым углом  $\varphi$ . Мы рассмотрим малый угол, потому что  $L \ll \beta_1 \ll \beta_2$ . Рассмотрим лучи с малым углом  $\varphi$  и при вершине. То же для луча под углом  $\beta$ . По 3-му закону сохранения энергии  $\beta \frac{n_1}{n_2}$  ( $n_1, n_2$  - показатели преломления). Угол  $\alpha$  падает на границе стороны:  $\alpha = \beta \frac{n_1}{n_2}$  (по закону сохранения энергии). Угол  $\alpha$  падает на границе:  $\frac{n_2}{n_1} \beta$ .

Найдем угол отклонения  $\varphi$ . По закону сохранения энергии  $\varphi = L \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$ .

Найдем угол отклонения  $\varphi$ . По закону сохранения энергии  $\varphi = L \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$ .





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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

$$\frac{1}{5} - \frac{3}{4} .$$

~~✓~~

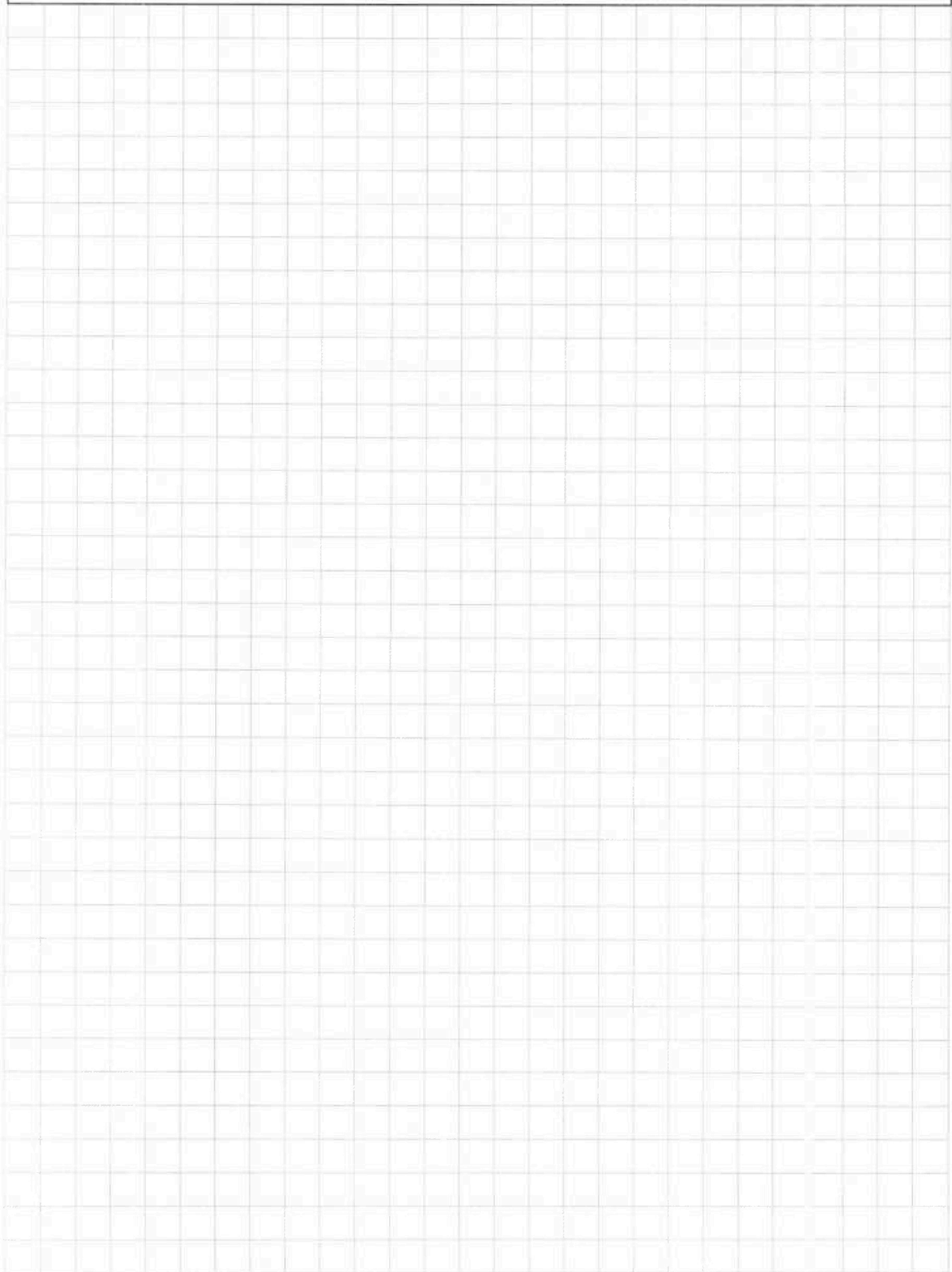
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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!



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!

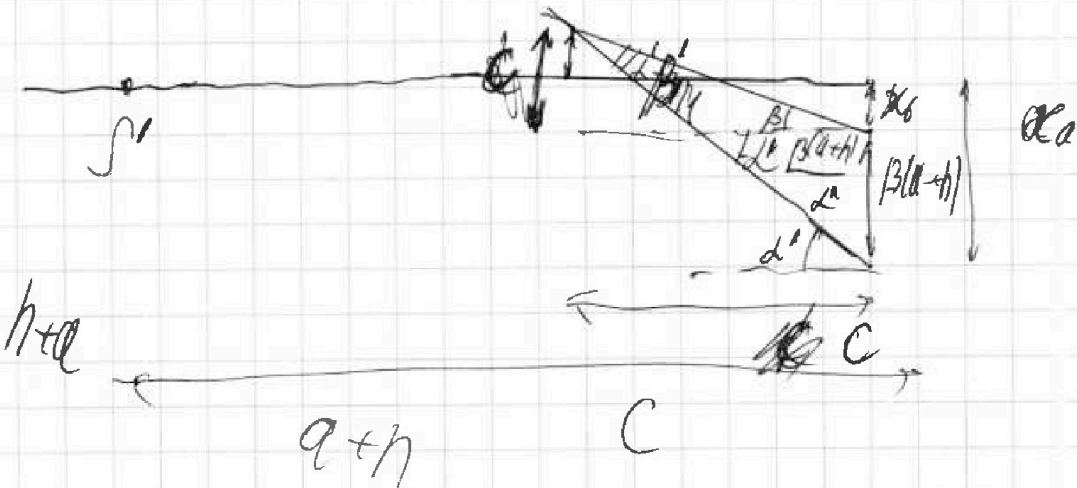
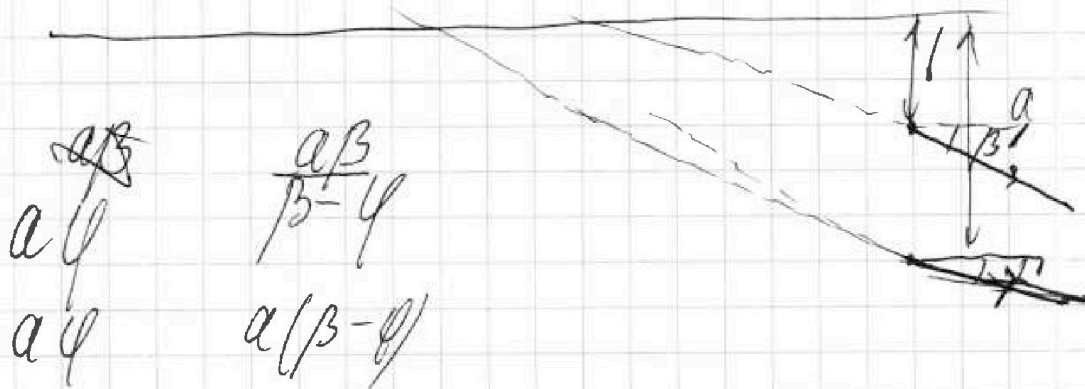
$$a\alpha - b = h \alpha - \frac{h^2}{n_1} - \beta(a+h)$$

$$90^\circ - \beta - 90^\circ \alpha = \alpha - \beta' = \beta n_1$$

$$\frac{\beta(a+h)}{\beta n_1} = \sin \alpha \quad \text{or} \quad \frac{\beta(a+h)}{\beta n_1} = \frac{c}{L' \beta}$$

$$100 \cdot 0,1 (97) \text{ ПУ}$$

$$c = \frac{\beta(a+h)}{n_1}$$





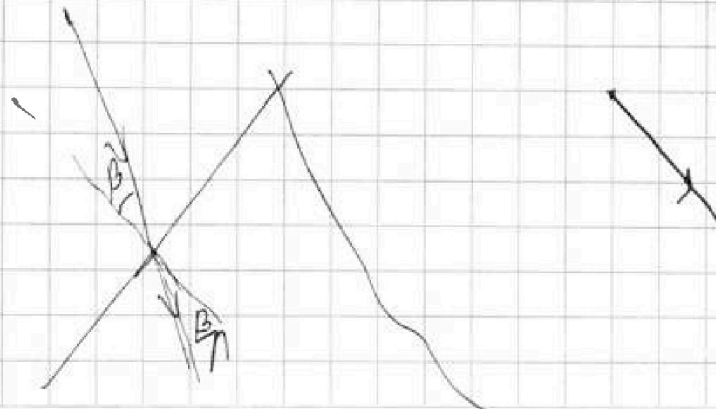
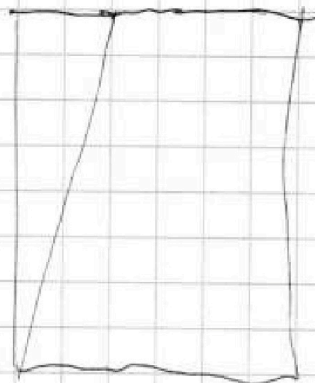
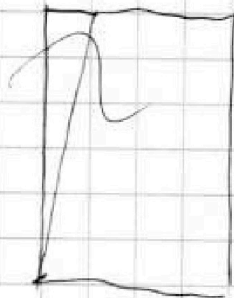
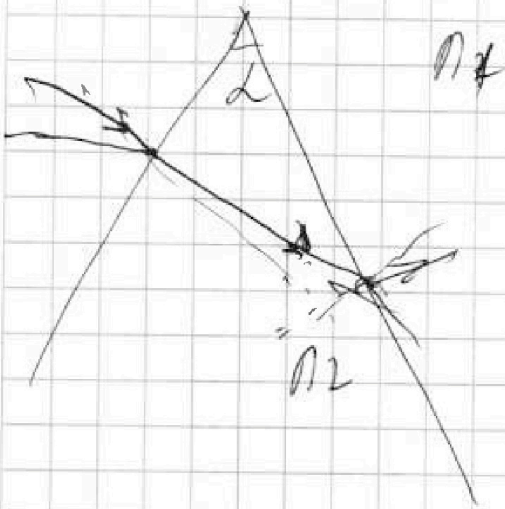
На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 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. Порча QR-кода недопустима!

$$\varphi_1 = 2 \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \quad \varphi_2 = 2 \left( \frac{n_1}{n_2} - 1 \right)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

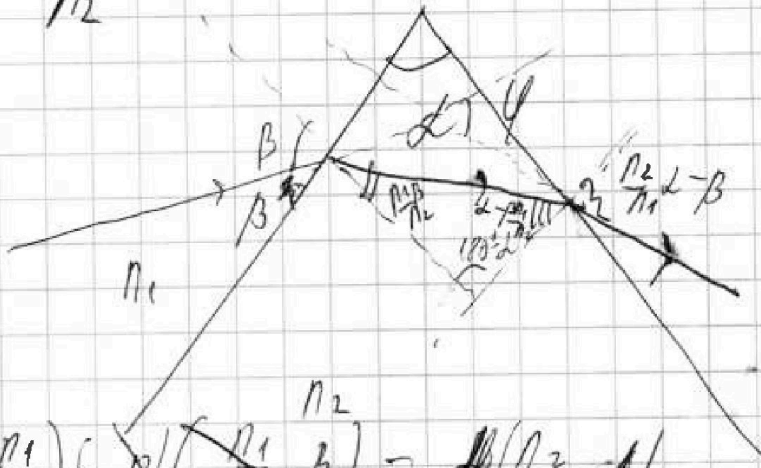
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

МФТИ

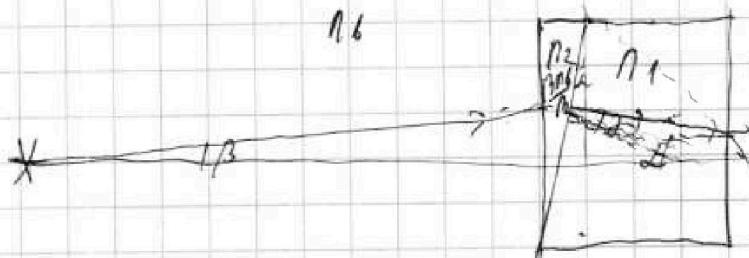
- 1  2  3  4  5  6  7

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

$$\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} + \beta = \frac{n_1}{n_2}$$



$$\frac{1}{n_1} \sin(\beta) = \frac{1}{n_2} \sin(\beta') \Rightarrow \beta' = \frac{n_1}{n_2} \beta$$



$$\sin(\beta) = \frac{n_2}{n_1} \sin(\beta') \Rightarrow \beta' = \frac{n_1}{n_2} \beta$$

$$\beta + \beta' = 90^\circ$$

$$\beta' = 90^\circ - \beta$$

$$\beta = 90^\circ - \frac{n_1}{n_2} \beta \Rightarrow \beta \left(1 + \frac{n_1}{n_2}\right) = 90^\circ \Rightarrow \beta = \frac{90^\circ}{1 + \frac{n_1}{n_2}} = \frac{90^\circ n_2}{n_1 + n_2}$$

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**

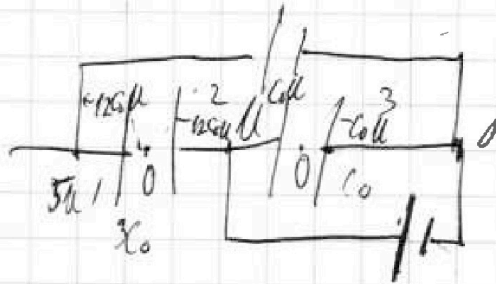
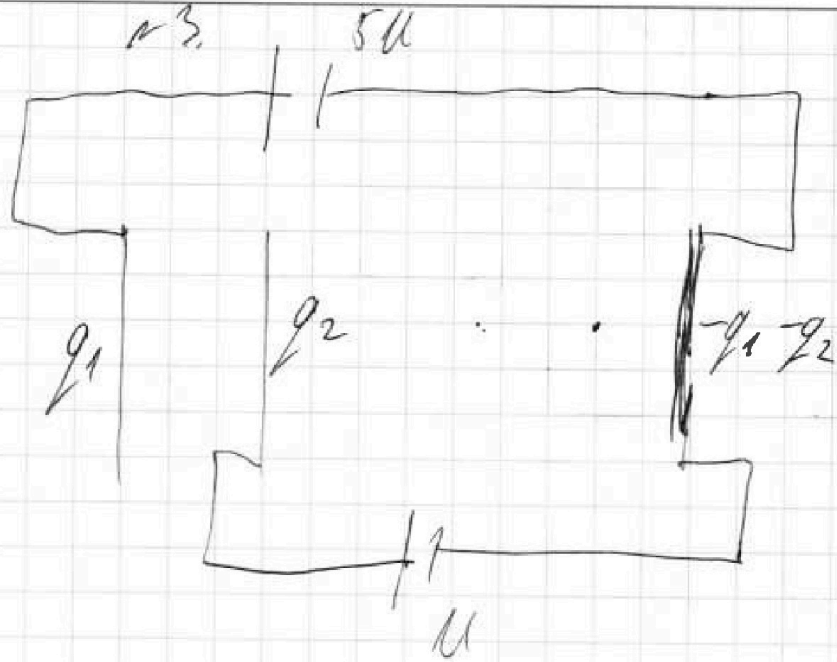
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



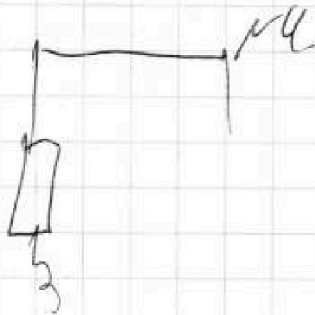
$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$C_{12} = \frac{3\epsilon_0 S}{d} = 3C_0$$

$$C_{23} = \frac{\epsilon_0 S}{d} = C_0$$



$$\frac{11}{2C_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S}$$



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!

черновик №7.

$$\frac{1}{4p_1} = \frac{1}{8RT \left( \frac{p_0}{RT_0} + \frac{3}{8} k p_0 \right)}$$

$$\frac{1}{4p_1} = \frac{1}{p_0 \frac{1}{T_0} + 3 k p_0 RT} \quad 4p_1 = p_0 \frac{4}{3} + 3 k p_0 RT$$

$$p_1 = \frac{p_0}{3} + \frac{3}{4} k p_0 RT$$

$$p_1 + p_A = 4p_0 \cdot \frac{4}{3} \Rightarrow \cancel{p_0} + \frac{3}{4} k p_0 RT + p_A = \cancel{\frac{16}{3} p_0} 5p_0$$

$$p_A = p_0 \left( 5 - \frac{3}{4} k RT \right)$$

$$p_A = \frac{16}{4 + 9 \cdot 0,5 - 10^2 \cdot 3 \cdot 10^2} = \frac{16}{4 + 27 \cdot 3} =$$

$$\frac{16 \cdot 5}{20 + 81} = \frac{16 \cdot 5}{101} = \frac{80}{101} \approx 98$$

$$\frac{1}{5 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3} = \frac{1}{5 - \frac{27}{20}} =$$

$$\frac{20}{100 - 27} = \frac{20}{73}$$

$$E = \frac{3}{7} E + 2L \frac{d^2}{76}$$

$$\frac{20}{73} E = 2L \frac{d^2}{76}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

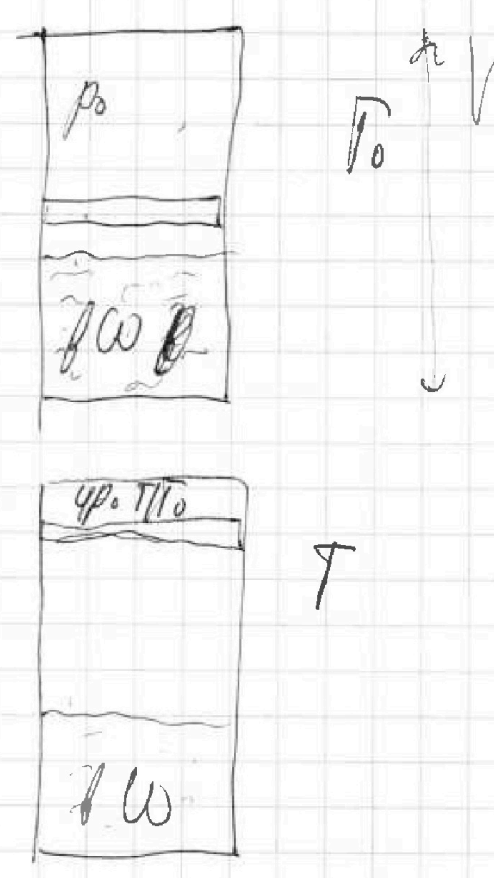
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

ЛМОТИ



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

циркуляр № 2.  
 $T = 373 \text{ K}$      $T_0 = \frac{3}{4} T$   
 $\Delta V = k p_0$   
 $k = 98 \cdot 10^{-3} \text{ нм/м}^3 \cdot \text{Па}$   
 $RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$



1)  $\frac{V_1}{V_0} = ?$   
 2)  $p_1 = ?$   
 $p_0 V_0 = \nu R T_0$   
 $p_1 V_1 = \nu R T$

$\frac{p_1}{p_0} = \frac{1}{4} = \frac{p_1}{p_0}$      $p_1 = 4 p_0 \frac{T_0}{T}$      $\Delta V = k p_0 \cdot \frac{3}{8} V$

$\frac{V_1}{V_0} = 4$

2)  $4 p_0 \frac{T_0}{T} = p_1 + \nu n_0 = \frac{p_0 V}{R T_0}$

$p_0 V = p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu n_0 R T_0$      $\frac{p_0 \cdot 2}{8 p_1} = \frac{T_0 \nu n_0}{T (\nu n_0 + \Delta \nu)}$

$\frac{1}{4 p_1} = \frac{1}{T \cdot \frac{p_0}{R T_0} + \frac{3}{8} k p_0} + \frac{1}{4 p_1}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

черновик №1

$$P_0 = 43 \text{ МВ}$$

$$\frac{P_0}{4C} = \frac{3 \text{ МВ}}{4 \cdot C} = 9.75 \text{ МВт}$$

$$2) m = 240 \text{ кг} \quad N = \text{const} \quad N = F_m v$$

$F_0 = 200 \text{ Н}$  по 2-му закону Ньютона

$$F_m - F_0 = ma$$

$P = \dots$   $a_m$  - ускорение в начале

$$v_k \approx 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad N = F_k v_k = 200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 6000 \text{ Вт}$$

$$F_k v_k = F_k v_0 \Rightarrow F_k = \frac{F_0 v_0}{v_k}$$

по 2-му закону Ньютона

$$300 - 240 \cdot \frac{3}{4} = 300 - 180 = 120$$

$$240 \cdot \frac{3}{4} = 180$$

$$1 - 240 \cdot \frac{3}{4} = 180$$

уменьш:  $C_2$

$$v_0 = \frac{P_0 v}{2R_1}$$

$$v_{k0} =$$