



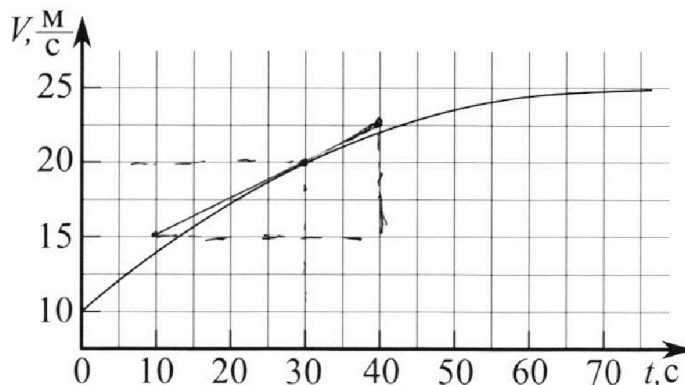
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой  $m = 1800$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.
- 2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- 3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

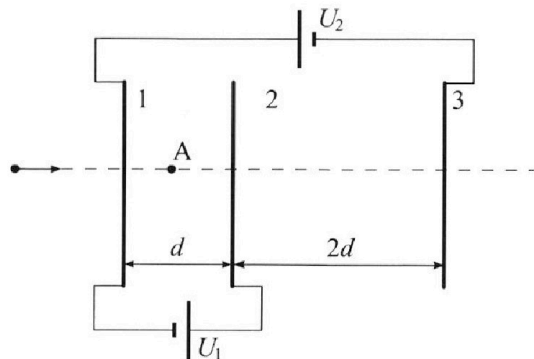
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 5T_0/4 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{АТМ}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность  $K_1 - K_2$ , где  $K_1$  и  $K_2$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

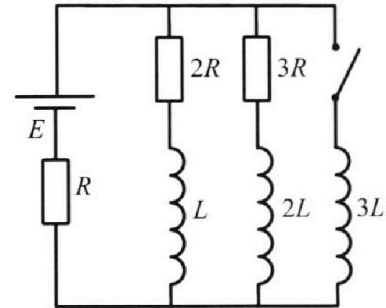
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_0$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Отв еты давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_b = 1,0$ . Точечный источник света S расположен на расстоянии  $a = 194$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

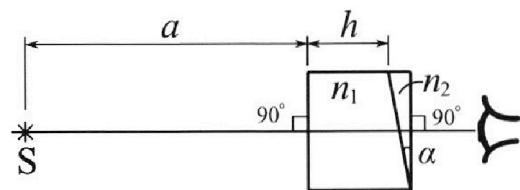


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

МФТИ



№1

Решение

Дано:

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$F_c \sim v$$

$$v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v(t)$$

1)  $a_1$  при  $v_1$  - ?

2)  $F_1$  при  $v_1$  - ?

3)  $P_1$  при  $v_1$  - ?

1) Проведем касательную

к данному графику  $v(t)$

в точке  $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ,  $t = 30 \text{ с}$ .

Тангенс угла

~~по~~ наклона касательной -

искомое ускорение  $a = \frac{dv}{dt}$

Касательная проходит через точки  $(40; 22,5)$  и

$(10; 15)$ , тогда  $a_1 = \frac{22,5 - 15}{40 - 10} = \frac{7,5}{30} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) В конце разгона  $v_k = \text{const} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

При этом  $a = 0 \Rightarrow F_k = d v_k$  (сила там

равна силе сопротивления)  $d = \frac{F_k}{v_k}$

3) ОУД:  $F_1 - F_{c1} = a_1 m$ ;  $F_{c1} = d v_1$  - сила  
сопротивления

$$F_1 = a_1 m + d v_1 = a_1 m + \frac{F_k \cdot v_1}{v_k}$$

$$\begin{aligned} F_1 &= 0,25 \cdot 1800 + \frac{500 \cdot 20}{25} = 18 \cdot 25 + 10 \cdot 40 = \\ &= 450 + 400 = \underline{850 \text{ Н}} \end{aligned}$$

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!

$$4) P_1 = \frac{\delta Q}{dt} = \frac{F_1 dx}{dt} = \overset{N_1 \text{ (кратчайшее)}}{F_1 \cdot v_1},$$

$$\text{т.к. } \delta Q = \delta A = F dx \cdot \sin \alpha$$

$$P_1 = 850 \cdot 20 = 17000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$$

$$\text{Ответ: } a_1 = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; F_1 = 850 \text{ Н}; P_1 = 17000 \text{ Вт}$$

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!



N 2

Дано:

$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ K}$$

$$k = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{м}^3 \text{Па}}$$

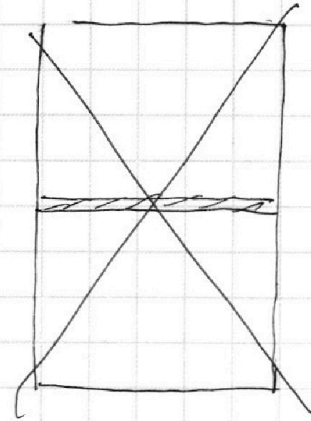
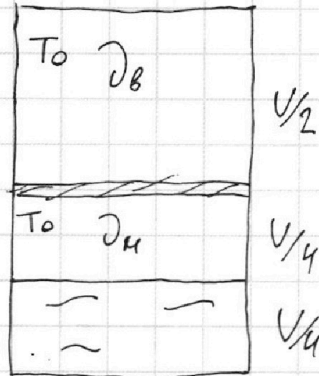
$$\Delta p = k \cdot p \cdot W$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Атм}}{\text{Моль}}$$

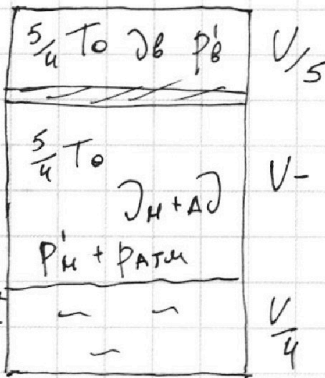
1)  $\frac{\partial V}{\partial n} = ?$

2)  $p_0 = ?$

I



II



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

1)  $p_0 \frac{V}{2} = \partial V R T_0$  - верхний I

2)  $p_n \frac{V}{4} = \partial n R T_0$  - нижний I

$p_v = p_n = p_0$ , т.к. поршень невесомый и мы пренебрегаем давлением водяных паров (по усл.)

1) : 2)  $\frac{4}{2} = \frac{\partial V}{\partial n} = 2$

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

4) При  $T = 373 \text{ K}$  давление водяных паров равно  $p_{\text{атм}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

N 2 (не оформляем)

$$5) p_0' \frac{V}{5} = \mathcal{D}_B \cdot RT$$

$$6) \cancel{p_{ATM}} p_M' \cdot \frac{11}{20} V = \cancel{\mathcal{D}_M RT} (\mathcal{D}_M + \Delta \mathcal{D}) \cdot RT$$

$$7) p_0' = p_{ATM} + p_M'$$

$$5) : 6) \frac{p_0' \cdot \frac{11}{20}}{p_M'} = \frac{\mathcal{D}_B}{\mathcal{D}_M + \Delta \mathcal{D}}$$

$$1) : 5) \frac{p_0}{p_0'} \frac{5}{2} = \frac{T_0 \cdot 4}{5 T_0}; \quad p_0' = p_0 \cdot \frac{25}{8}$$

$$p_M' = p_0 \cdot \frac{25}{8} - p_{ATM} = \frac{RT (\mathcal{D}_M + k p_0 \cdot \frac{1}{4})}{\frac{11}{20} \cdot V}$$

$$\mathcal{D}_M = \frac{1}{2} \mathcal{D}_B = \frac{1}{2} \frac{p_0' V}{5 RT} = \frac{p_0 \cdot 25 \cdot V}{8 \cdot 10 \cdot RT} = \frac{5 p_0 V}{16 RT}$$

$$\frac{25}{8} p_0 - p_{ATM} = \frac{50 RT (\frac{5 p_0}{16 RT} + k p_0 \cdot \frac{1}{4})}{11} =$$

$$= \frac{20 \cdot 5}{11 \cdot 16} p_0 + \frac{20}{11 \cdot 4} \cdot k RT p_0$$

$$p_{ATM} = p_0 \left( \frac{25}{8} - \frac{20 \cdot 5}{11 \cdot 16} - \frac{20}{11 \cdot 4} \cdot k RT \right) =$$

$$= \frac{370}{176} p_0 = \frac{88}{185} p_{ATM}$$

Ответ:  $\frac{\mathcal{D}_B}{\mathcal{D}_M} = 2; \quad p_0 = \frac{88}{185} p_{ATM}$

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!



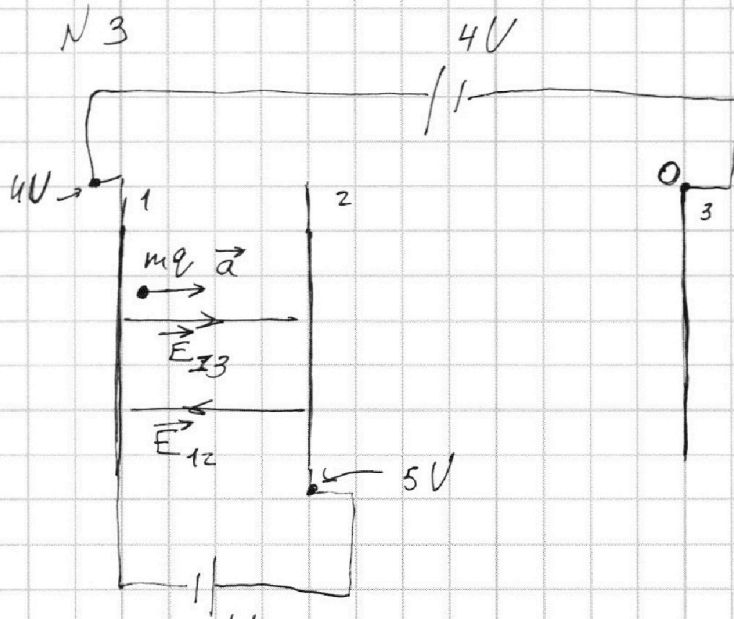
Дано:

$d = 1 \text{ м}$

1)  $a = ?$

2)  $K_1 - K_2 = ?$

3)  $\mathcal{W}_A = ?$



1) Пусть потенциал пластины 3 равен нулю, тогда потенциалы пластин 1 и 2 равны соответственно 4V и 5V

2)  $\Delta\varphi = E d$ ;  $U = E_{12} \cdot d$ ;  $E_{12}$  - напряженность ЭП между 1 и 2  
 $4V = E_{13} \cdot 3d$   
 $E_{13}$  - напряженность ЭП между 1 и 3

3) ОУД:  $qE_{13} - qE_{12} = ma = q \frac{U}{3d} \left( \frac{4}{3} - 1 \right) = ma$   
 $a = \frac{qU}{3dm}$

4) ЗСЭ:  $\frac{m\mathcal{W}_0^2}{2} = \frac{m\mathcal{W}_1^2}{2} + W_1 = \frac{m\mathcal{W}_2^2}{2} + W_2$

$K_1 - K_2 = W_2 - W_1$ , где  $W_1$  и  $W_2$  - энергия взаимодействия  $q$  с частями с сетками

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!

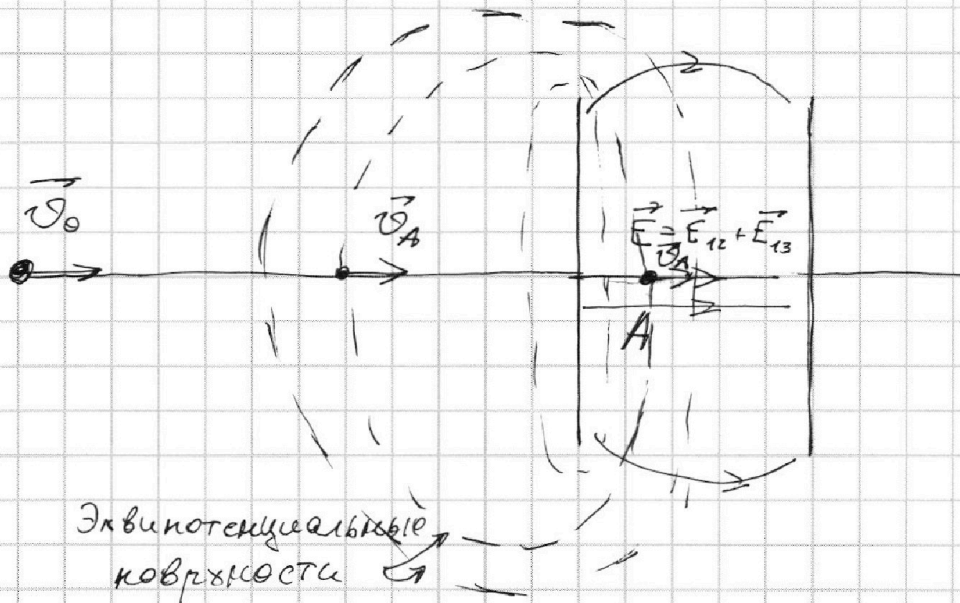


N3 (продолжение)

5)  $W_1 = W_2 = A_{эл} = qm \cdot d = \frac{qU}{3}$  - работа ЭП  
по перемосу заряда.

$$K_1 - K_2 = -\frac{qU}{3}$$

6)



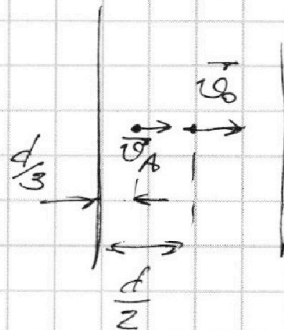
На равном расстоянии между

пластинами энергия взаимодействия частицы равна энергии взаимодействия частицы на бесконечности  $\approx 0$ .

Тогда по ЗСЭ скорость частицы в центре равна  $v_0$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + ma \left( \frac{d}{2} - \frac{d}{3} \right)$$

$$v_0^2 = v_A^2 + \frac{qU}{3d} \left( d - \frac{2d}{3} \right)$$





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 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!

№ 3 (продолжение 2)

$$v_A^2 = v_0^2 - \frac{qU}{3} \cdot \frac{1}{3}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{9}}$$

Ответ:  $a = \frac{qU}{3 \text{ дм}}$ ;  $K_1 - K_2 = -\frac{qU}{3}$ ;

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{9}}$$

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!



N4

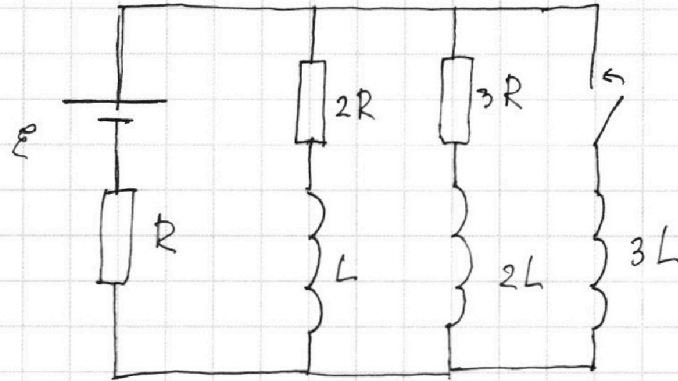
Дано:

$\mathcal{E}, R, L$

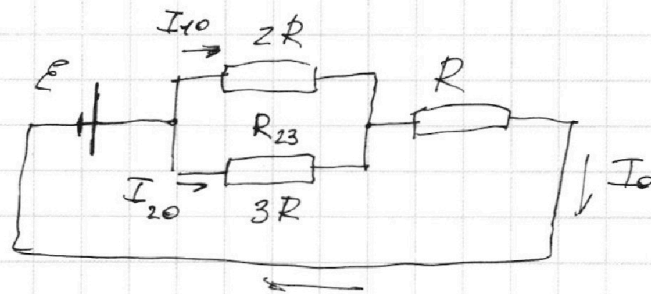
1)  $I_{10}^{-1}$

2)  $I_{3L}^{-1}$

3)  $\Delta q_{2R}^{-1}$



1) При размыкании ключа и установившемся режиме схема эквивалентна следующей:



2)  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{экв}}}$ ;  $R_{\text{экв}}$  - эквивалентное сопротивление цепи

$$R_{\text{экв}} = R + R_{23}; \quad R_{23} = \frac{3R \cdot 2R}{5R} = \frac{6}{5}R$$

$$R_{\text{экв}} = \left(\frac{6}{5} + 1\right)R = \frac{11}{5}R$$

$$I_0 = \frac{5\mathcal{E}}{11R}$$

3)  $I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R$ ;  $I_{20} = \frac{2}{3}I_{10}$

$$I_0 = I_{10} + I_{20} = I_{10} \left(1 + \frac{2}{3}\right) = \frac{5}{3}I_{10} = \frac{5}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



N 4 (продолжение 2)

$$2 \Delta q_{2R} \cdot R + L \Delta I_2 = 3 L \Delta I_3$$

↓

$$2R \cdot \Delta q_{2R} + L \cdot \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} = 3L \cdot I_K$$

$I_K$  - установившийся ток после замыкания

ключа.  $I_K = \frac{\mathcal{E}}{R}$

$$2R \Delta q_{2R} = L \frac{\mathcal{E}}{R} \left( \frac{3}{11} + 3 \right) = L \frac{\mathcal{E}}{R} \frac{3+33}{11} = \frac{36}{11} L \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\Delta q_{2R} = \frac{18}{11} \cdot \frac{L \mathcal{E}}{R^2}$$

- Ответ:  $I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$ ;  $\dot{I}_{3L} = \frac{2\mathcal{E}}{11L}$ ;  $\Delta q_{2R} = \frac{18 L \mathcal{E}}{11 R^2}$

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!



№4 (продолжение)

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

4) Сразу после замыкания ключа ток в цепи не изменится,

тогда для контура

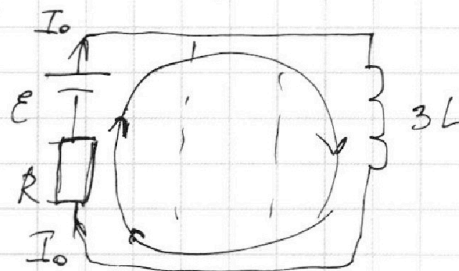
$$\mathcal{E} = I_0 R + U_{3L}$$

$U_{3L}$  - напряжение

на катушке;  $U_{3L} = -\mathcal{E}_i = 3L \frac{dI}{dt} = 3L \dot{I}_{3L}$

$$3L \dot{I}_{3L} = \mathcal{E} - \frac{5}{11} \mathcal{E} = \frac{6}{11} \mathcal{E}$$

$$\dot{I}_{3L} = \frac{2 \mathcal{E}}{11 L}$$

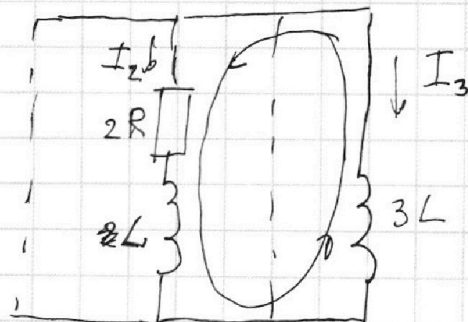


5) Через резистор  $2R$  будет течь ток до тех пор, пока катушка  $3L$  не придет в установившееся состояние.

6) Рассмотрим следующий контур:

$$2 I_2 R + U_L = U_{3L}$$

$$2 \frac{dQ_2}{dt} \cdot R + L \frac{dI_2}{dt} = 3L \frac{dI_3}{dt}$$



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!

NS (продолжение 3)

9)  $l' = a + h - BS'$

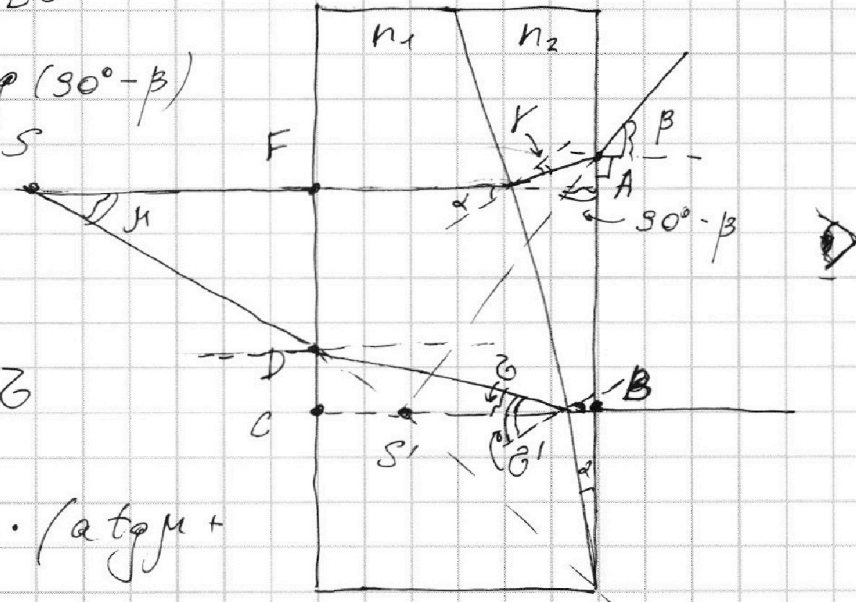
10)  $BS' = AB \cdot \tan(90^\circ - \beta)$

11)  $AB = FD + DC$

12)  $FD = a \cdot \tan \mu$

13)  $DC = h \cdot \tan \beta$

$l' = a + h - \tan \beta \cdot (a \tan \mu + h \tan \beta)$



14)  $n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta'$ ;  $\beta' = \alpha \frac{n_2}{n_1}$

15)  $\beta + \alpha = \beta'$ ;  $\beta = \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$

16)  $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \mu$

$\mu = \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \frac{n_1}{n_2} = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$

$l' = a + h - \frac{1}{\beta} \left( a \cdot \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \frac{n_1}{n_2} + h \left( \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \right) \right)$

17)  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \mu$

$n_2 \sin(\alpha - \mu) = n_2 \sin \beta$

~~$\beta = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$~~

$\beta = \frac{n_2 \alpha}{n_2} - \frac{n_1 \alpha}{n_2}$

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**

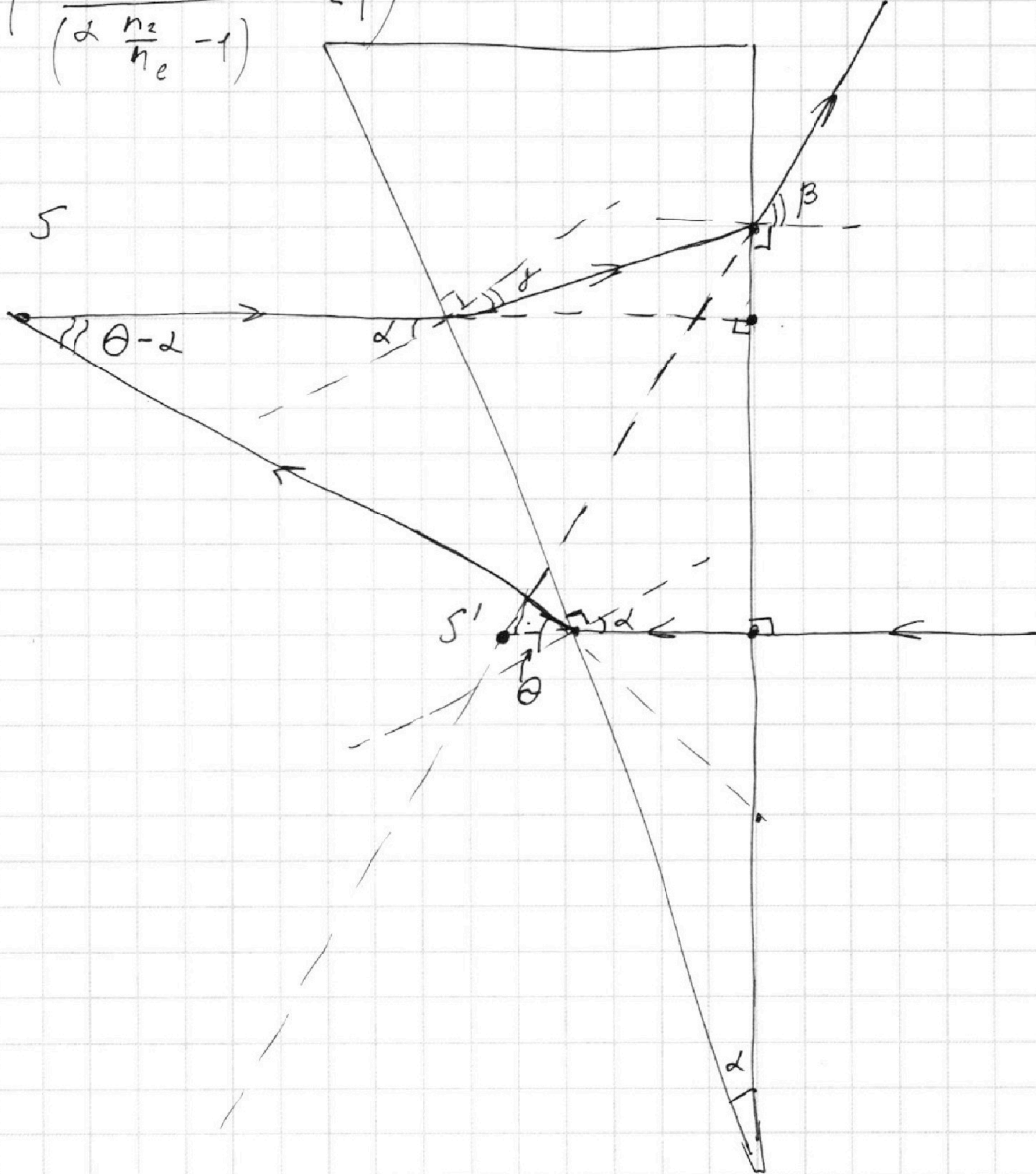
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№5 (продолжение 2)

$$L = (a+b) \left( \frac{2 \left( \frac{n_2}{n_B} - 1 \right)}{\left( 2 \frac{n_2}{n_e} - 1 \right)} - 1 \right)$$

$$L \approx 0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

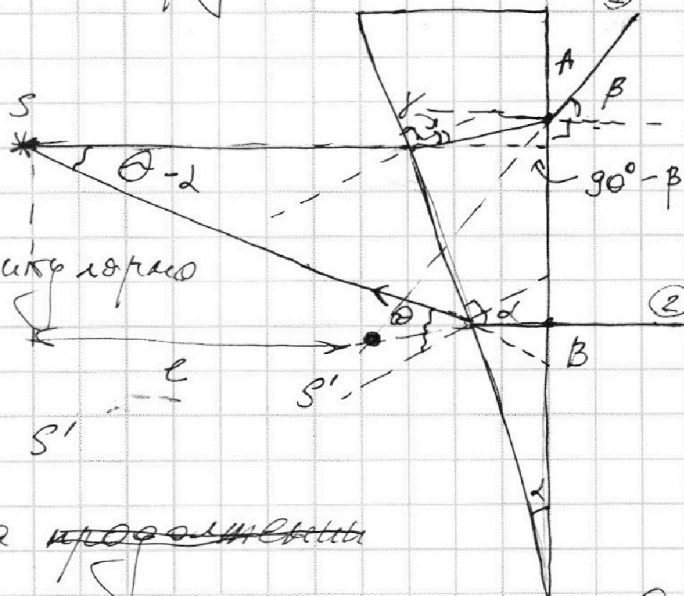
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

5) Воспользуемся  
свойством  
обратимости  
лучей  
и проведем  
луч ② перпендикулярно  
краевой границе.

NS (продолжение)



6) Изображение S'

находится на ~~продолжении~~  
пересечении продолжения лучей ① и ②

$$7) n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \theta$$

$$8) \operatorname{tg} \theta \cdot (a+h) \approx AB$$

$$\operatorname{tg} (90^\circ - \beta) = \frac{-(l+a+h)}{AB}, (a+h) = \operatorname{tg} (90^\circ - \beta) \operatorname{tg} \theta (a+h)$$

$$l = -\frac{1}{\beta} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot d (a+h) + a+h$$

$$l = -\frac{0,7}{0,7} \cdot 1,7 (194+9) + (194+9) = 753,7 \text{ см}$$

$$8) AB \approx (\theta - \alpha) \cdot (a+h) = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) d (a+h)$$

$$9) AB \cdot \operatorname{ctg} \beta = a+h-l$$

$$\frac{d(a+h) \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)}{\beta} = a+h-l$$

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!



N5

Дано:

$n_0 = 1$   
 $a = 1,94 \text{ м}$   
 $h = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$   
 $d = 0,1 \text{ рад}$   
 малыши

1)  $\beta$  - ?

$n_1 = n_0 = 1$

$n_2 = 1,7$

2)  $\theta$  - ?

$n_1 = n_0 = 1$

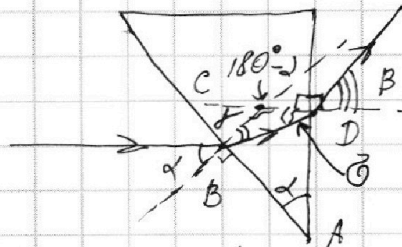
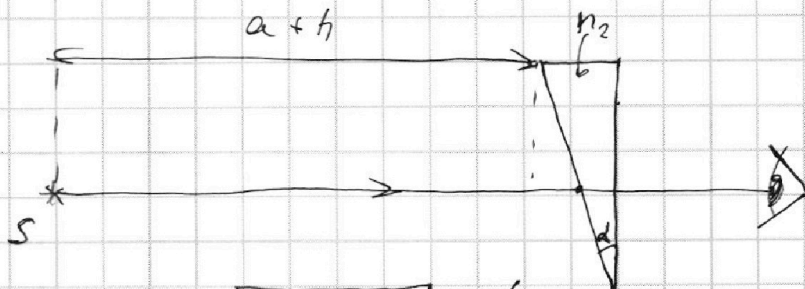
$n_2 = 1,7$

3)  $\beta'$  - ?

$n_1 = 1,5$

$n_2 = 1,7$

Решение



1)  $n_0 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$

2) ABCD - вписанный ( $\angle CBA = \angle CDA = 90^\circ$ )

$\Rightarrow \angle BCD = 180^\circ - \alpha$ , тогда  $\theta = 180^\circ - \beta - 180^\circ + \alpha = \alpha - \beta$

3)  $n_2 \cdot \sin \theta = n_0 \cdot \sin \beta$

4) Углы  $\alpha, \beta, \theta, \beta$  можно считать малыши, тогда  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$

~~$n_0 \sin \alpha$~~   $\begin{cases} n_0 \alpha = n_2 \beta \\ n_2 (\alpha - \beta) = n_0 \beta \end{cases}$

$n_2 \alpha - n_0 \alpha = n_0 \beta$ ;  $\beta = \frac{n_2}{n_0} \cdot \alpha - \alpha = \alpha \left( \frac{n_2}{n_0} - 1 \right)$

$\beta = 0,1 (1,7 - 1) = 0,7 \text{ рад}$



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 (продолжение 4)

$$e' = a + h - \frac{\left(2 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \cdot \left(a \frac{n_1}{n_2} + h\right)\right)}{2 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \frac{n_1}{n_2}} =$$
$$= a + h - \frac{a n_1 + h n_2}{n_1} = h - h n_2 = 0$$

Ответ:  $\beta = 0,7 \text{ рад.}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

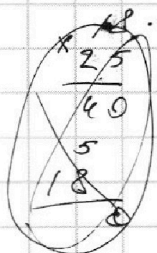
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Черновик



$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 25 \\ \hline 90 \\ 5 \\ \hline 450 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 25 \\ \hline 90 \\ 5 \\ \hline 450 \end{array}$$

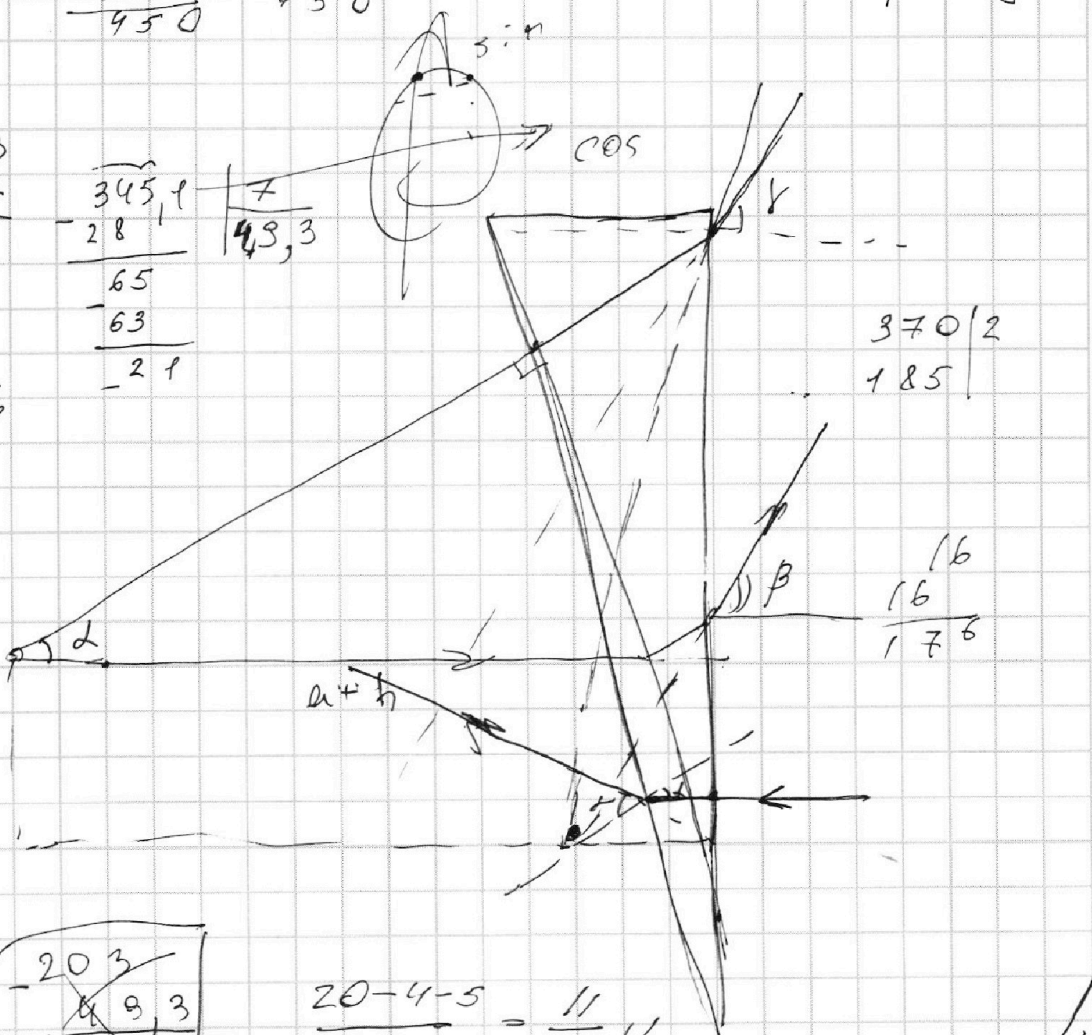
$$\begin{array}{r} 85 \\ \times 2 \\ \hline 170 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \tan(90^\circ - \beta) &= \\ &= \frac{\sin 90^\circ - \beta}{\cos 90^\circ - \beta} = \cot \beta \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 203 \\ \times 1,7 \\ \hline 140 \\ 203 \\ \hline 345,1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 345,1 \\ - 28 \\ \hline 65 \\ - 63 \\ \hline 21 \end{array}$$

49,3



$$\begin{array}{r} 203 \\ - 49,3 \\ \hline 153,7 \end{array}$$

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

550      100      80

$$25 \cdot 2 \cdot 11 - 20 \cdot 5 - 20 \cdot 4$$

11 \cdot 16

$$= \frac{370}{11 \cdot 16}$$

