



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

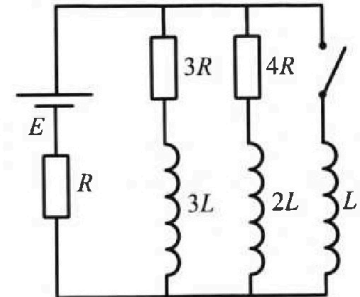


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

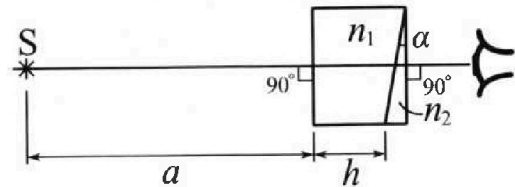
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_0$  через резистор с сопротивлением  $3R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $3R$  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  $a = 90$  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.



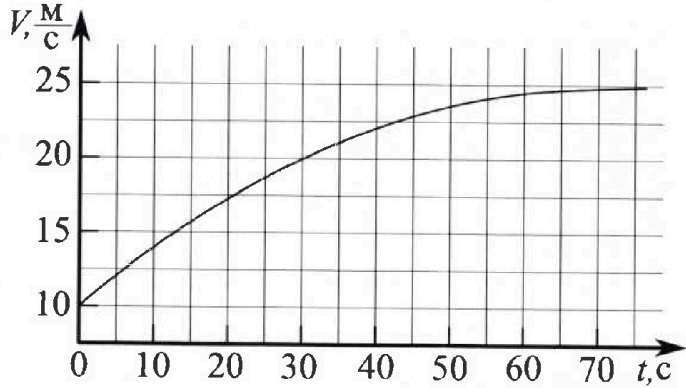
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

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



1. Автомобиль массой  $m = 1500$  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  $F_k = 600$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая мощность  $P_0$  передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

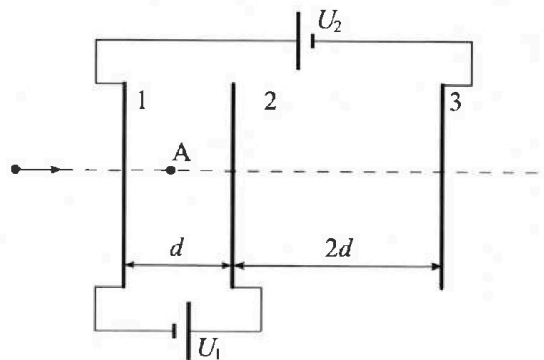
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{атм}}/2$  ( $P_{\text{атм}}$  - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta n$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta n = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  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 отношение конечной и начальной температур в сосуде  $T/T_0$ .

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  $U_2 = 3U$ . 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  $d/4$  от сетки 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!

S1 (Продолжение 2)

$$\text{При } t=0: m a(0) v(0) + \alpha v^2(0) - P_0 = 0$$

$$P_0 = \alpha \{ v^2(0) + m a(0) v(0) \} = (24 \cdot 10^2 + 1,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{5}{12} \cdot 10) B_T =$$

$$= 10^2 \cdot (24 + \frac{8}{2} \cdot \frac{55}{22} \cdot 100^{25}) B_T = 10^2 \cdot (24 + \frac{125}{2}) B_T =$$

$$= (2400 + 6250) B_T = 8650 B_T$$

(ответ: 1)  $\frac{5}{12} \frac{m}{T^2}$  2) 865 H 3) 8650 Bт

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

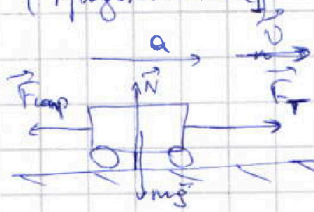
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

5.1 (продолжение)



По усл-ию:  $\vec{F}_{comp} = -\alpha \vec{v}$ ,  
в произвольный момент времени  $t$ :  $\alpha = const$

По т. о гвине. у. массе:

$$\vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_T + \vec{F}_{comp} = m\vec{a}, \quad \vec{N} = -\vec{mg}$$

$$F_T - F_{comp} = ma$$

При  $t=0$ :  $F_0 - \alpha v(0) = ma(0)$

$$F_0 = \alpha v(0) + ma(0)$$

При  $t = \tau = 25c$  - конец прогона,  $F_T(\tau) = F_k = 600H$ :

$$F_k - \alpha v(\tau) = ma(\tau) = 0$$

$$F_k = \alpha v(\tau) \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{v(\tau)} = \frac{600}{25} \frac{H \cdot c}{m} =$$

$$= 24 \frac{H \cdot c}{m}$$

$$F_0 = \alpha v(0) + ma(0) = \left( 24 \cdot 10 + 1500 \cdot \frac{5}{12} \right) H =$$

$$= \left( 240 + \frac{7500}{12} \right) H = \frac{2880 + 7500}{12} H = \frac{10380}{12} H =$$

$$= \frac{5190}{6} H = \frac{2595}{3} H = 865 H$$

В произвольный момент времени  $t$ :

По 3СЭ:  $\frac{mv^2}{2} + A_{comp} + A_{ges} = \frac{mv_0^2}{2}$ , где

$A_{comp}$  - работа сил сопротивления,  $A_{ges}$  - работа двигателя

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{mv^2}{2} + A_{comp} + A_{ges} \right) = \frac{d}{dt} \left( \frac{mv_0^2}{2} \right)$$

$$m v \dot{v} + \frac{dA_{comp}}{dt} + \frac{dA_{ges}}{dt} = 0,$$

$$\frac{dA_{comp}}{dt} = F_{comp} \frac{dx}{dt} = -\alpha v \cdot v = -\alpha v^2, \quad \frac{dA_{ges}}{dt} = P$$

$$m v \dot{v} + \alpha v^2 + P = 0, \quad P - мощность двигателя, передаваемая на вел. колеса$$

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!

SI

Дано:

$$m = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

$v(t)$

1)  $a(0) = ?$

2)  $F_0 = ?$

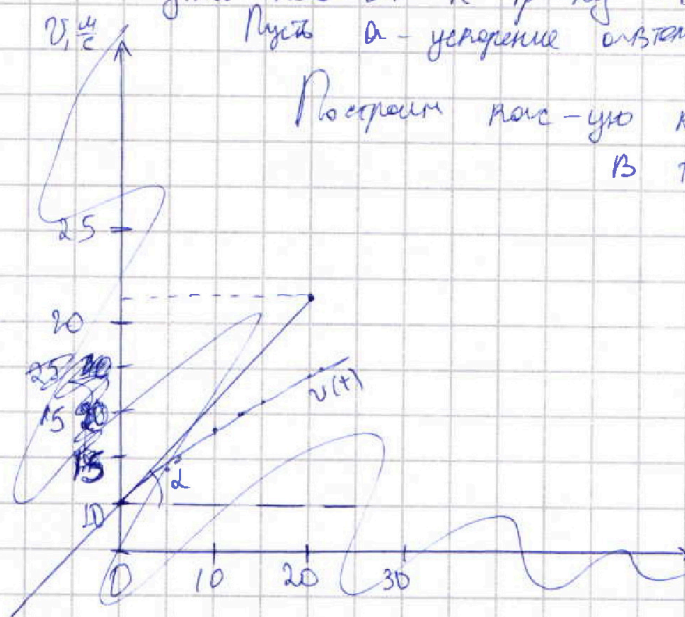
3)  $P_0 = ?$

Решение:

По условию  $a(t) = \frac{dv(t)}{dt}$ , то  $a(0)$

1) Т.к.  $a = \frac{dv}{dt}$ , то  $a(0)$  - тангенс угла кас-ой к гр-ку  $v(t)$  в т.О, Пусть  $a$  - ускорение автомобиля

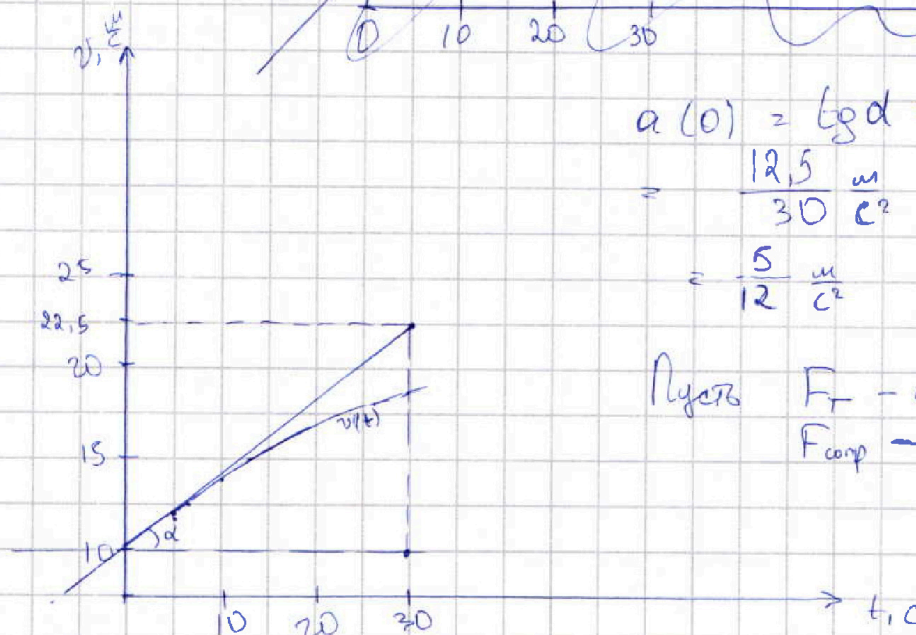
Построим кас-ую к гр-ку  $v(t)$  в т.О:



$$a(0) = \tan \alpha = \frac{22,5 - 10}{30} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$= \frac{12,5}{30} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{25}{30} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{5}{12} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Пусть  $F_T$  - сила тяги,  
 $F_{\text{сопр}}$  - сила сопротивления



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!

$$\frac{5}{2} \gamma = \frac{5}{9} \gamma + \frac{5}{9} kRT + 2$$

$$5\gamma \left( \frac{7}{18} \right) = \frac{5}{9} kRT + 2 \Rightarrow \gamma = \frac{18}{35} \left( \frac{5}{9} kRT + 2 \right) =$$

$$= \frac{18}{35} \left( \frac{5}{9} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 3 + 2 \right) = \frac{18}{35} \left( \frac{15 + 36}{18} \right) =$$

$$= \frac{51}{35}$$

Ответ: 1) 2 2)  $\frac{51}{35}$

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!



52

Дано:

$$p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2} = \frac{10^5}{2} \text{ Па}$$

$$T = 373 \text{ К}$$

$$RT = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$k = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

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

1)  $\frac{p_1}{p_2} = ?$

2)  $\frac{T}{T_0} = ?$

Решение:

1) До нагрева:



В состоянии равновесия:

$$\Delta p = k p_0 V_m = k \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4}$$

$$\begin{cases} p_1 RT_0 = p_0 \frac{V}{2} \\ p_2 RT_0 = p_0 \frac{V}{4} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V/2}{V/4} = 2$$

$$p_1 = 2p_2, \quad p_2 = \frac{p_0 V}{4RT_0}$$

2) После нагрева: давление  $p_H$  выше, паров при  $T = 373 \text{ К}$ :  $p_H = p_{\text{атм}}$  (гипотеза)

Пусть газы после нагрева  $p_2$ ,

тогда, т.к. поршень в равновесии, т.е.

система в равновесии, то  $p_1 = p_2 + p_H$

$$p_1 = p_2 + p_{\text{атм}}$$

$$\begin{cases} p_1 RT = (p_2 + p_{\text{атм}}) \frac{V}{5} \\ (p_2 + \Delta p) RT = p_2 \left( \frac{4V}{9} - \frac{V}{4} \right) = p_2 \cdot \frac{3V}{20} \end{cases}$$

$$\left( \frac{p_0 V}{2RT_0} \cdot RT = (p_2 + p_{\text{атм}}) \frac{V}{5} \right. \quad \left. \begin{cases} \frac{3p_0 RT}{2T_0} = \frac{p_2 + p_{\text{атм}}}{5} \\ \frac{p_0 T}{4T_0} + \frac{k p_0 RT}{4} = \frac{3}{20} p_2 \end{cases} \right.$$

$$\left( \frac{p_0 V}{4RT_0} + k \frac{p_0 V}{4} \right) RT = p_2 \cdot \frac{3V}{20}$$

Пусть  $\frac{T}{T_0} = \delta$ , тогда

$$\frac{5p_0}{2} \delta = \frac{20}{3} \left( \frac{p_0}{4} \delta + \frac{k p_0 RT}{4} \right) + p_{\text{атм}}$$

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

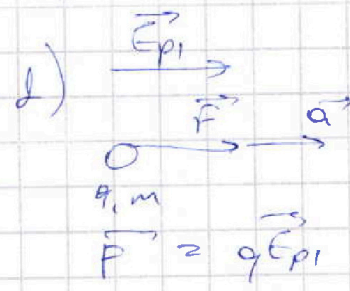
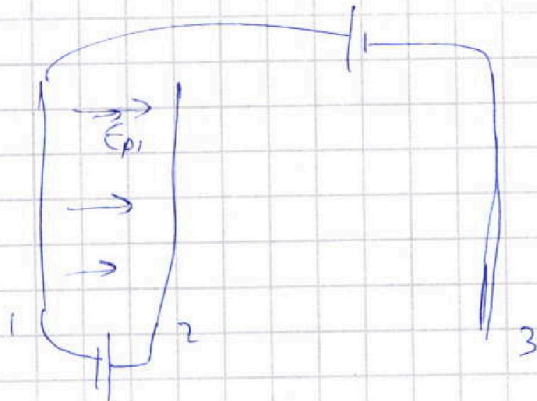
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



53 (продолжение)

Определим путь разульт. движению. там

$E_{p1}$  и  $E_{p2}$  соот-но  $\Rightarrow E_{p1} \cdot d = U$   
 $E_{p1} = \frac{U}{d}$



$F = ma \Rightarrow$

$\Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{Uq}{md}$

2) По ЗСЭ:  $K_1 + W = K_2 + W - A_{силы}$

$K_2 - K_1 = A_{силы} = Fd = \frac{Uq \cdot d}{d} = Uq$   $W$  - энергия поля

3) По ЗСЭ:  $K_1 + W = K_A + W - A_{силы}$

$\Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_A^2}{2} - \frac{F d}{4}$

$\Rightarrow v_A = v_0^2 + \frac{F d}{2m} = v_0^2 + \frac{Uq}{2m}$

$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$

Ответ: 1)  $\frac{Uq}{md}$  2)  $Uq$  3)  $\sqrt{v_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



53

Дано:

$$U_1 = U$$

$$U_2 = 3U$$

$d, 2d, m, q,$

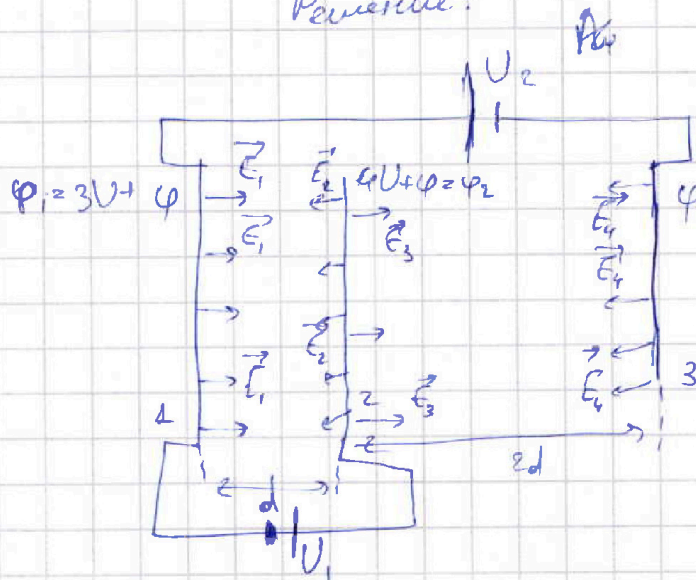
$v_0$

1)  $a = ?$

2)  $K_1, K_2 = ?$

3)  $v_A = ?$

Решение:



1) Размеры ~~плит~~ <sup>но</sup> ~~сетки~~  $\gg d, 2d \Rightarrow$

$\Rightarrow$  поле, или создаваемая поле считать однородным,

тогда пусть сетки (1) создает  $E_1$

Правые стороны сетки (1) и (2) создают

$E_1$  и  $E_3$  соответственно, их левые стороны

Левые стороны сетки (2) и (3) создают

$E_2$  и  $E_4$  соответственно

Пусть потенциал сетки (3)  $= \varphi$

$$\Rightarrow \varphi_1 = \varphi + 3U, \quad \varphi_2 = \varphi_1 + U = \varphi + 4U$$

$$\Rightarrow (E_4 - E_3 - E_1) \cdot 2d = \Delta\varphi = 4U$$

$E_1 = \dots \Rightarrow$  Поле между (1) и (2), и (2) и (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

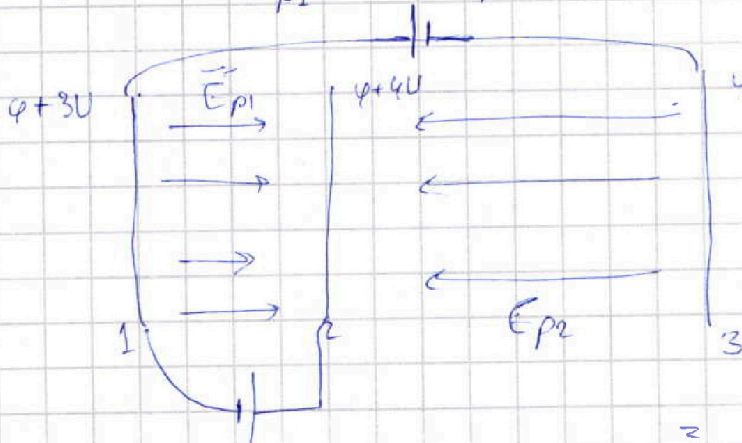
МФТИ

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



543 (Продолжение) (Связать не так указав номер)

одноименные пусть результирующее направление  
там  $E_{p1}$  и  $E_{p2}$  сов -но  $\Rightarrow E_{p1}d = U$   
 $E_{p1} = \frac{U}{d}$



$$1) \vec{E}_{p1} \rightarrow$$

$$\vec{F} = q\vec{E}_{p1}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\frac{F}{m} = a = \frac{E_{p1}q}{m} = \frac{Uq}{md}$$

2) По ЗСЭ:  $K_1 + W_1 = K_2 + W_2 - A_{\text{элем}}$ ,  $W$  - энергия макс

$$K_2 - K_1 = W_2 - W_1 + A = A_{\text{элем}} F =$$

$$= F \cdot d = E_{p1} q d = \frac{Uq}{d} d = Uq$$

3) Аналог По ЗСЭ:  $K_1 + W = K_A + W - A_{\text{элем}}$ ,

$K_A$  - кин. энергия в т. А

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} - F \cdot \frac{d}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_A^2 = v_0^2 + \frac{Fd}{2m} = v_0^2 + \frac{E_{p1} \cdot q d}{2m}$$

$$= v_0^2 + \frac{Uq}{2m}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$$

Ответ: 1)  $\frac{Uq}{md}$  2)  $Uq$  3)  $\sqrt{v_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

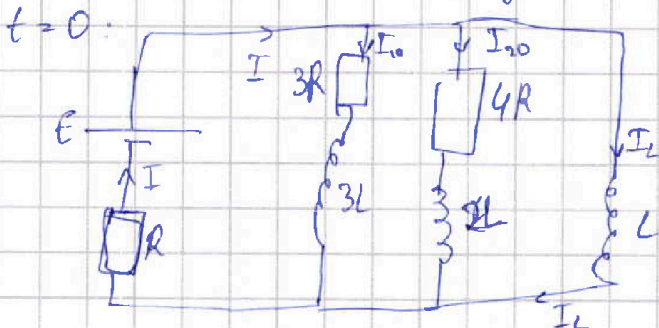
МФТИ

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



54 (Продолжение)

Пусть  $t=0$  в момент замыкания



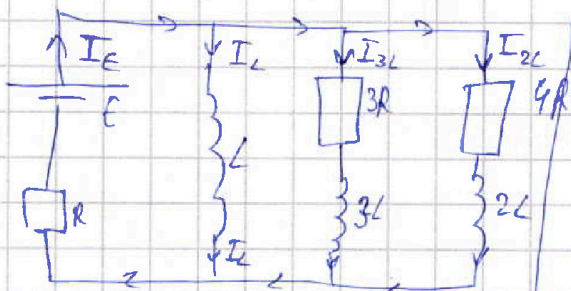
$I_L = 0$  кнопка  $\mathcal{E}$

$$L \dot{I}_L = E - RI = E - \frac{7}{19}E = \frac{12}{19}E$$

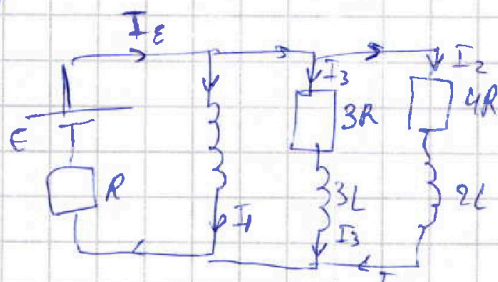
$$\dot{I}_L = \frac{12E}{19L}$$

3) Пусть  $t = \tau$  (произвольное по моменту  $t = \tau$  — момента наступления установившегося режима):

$t = \tau$ :



$t = \tau$ :



$$3 I_{3L} R + 3L \dot{I}_{3L} = \dot{I}_L \cdot L$$

$$\int_0^{\tau} (I_{3L} R + 3L \dot{I}_{3L}) dt = \int_0^{\tau} \dot{I}_L L dt$$

$$3 \Delta q_3 R + 3L \Delta I_{3L} = I_L L$$

$\Rightarrow$  в момент  $t = \tau$ :

$$3 \Delta q_3 R + 3L (I_3 - I_0) = L I_L$$

$$I_1 = \text{const} \Rightarrow \dot{I}_1 = 0 \Rightarrow$$

$$E - I_E R = 0 \Rightarrow \frac{E}{R} = I_E$$

$$\Rightarrow I_3 = 0 \Rightarrow I_2 = 0 \Rightarrow$$

$$I_1 = I_E = \frac{E}{R}$$

( $I_3 \cdot 3R = L \dot{I}_1 = 0 \Rightarrow I_3 = 0, I_0$  — момент замыкания)

$$3 \Delta q_3 R + 3L (-I_{10}) = L I_E$$

$$\Delta q_3 = \frac{L \frac{E}{R} + 3L \frac{E \cdot 4}{R \cdot 19}}{3R} = \frac{LE}{3R^2} \cdot \frac{31}{19}$$

Ответ: 1)  $\frac{4}{19} \frac{E}{R}$  2)  $\frac{12E}{19L}$  3)  $\frac{31}{19} \frac{LE}{3R^2}$

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 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!



54

Дано:

$R, E, L$ , схема

Найти:

1)  $I_{10} = ?$

2)  $I_L = ?$

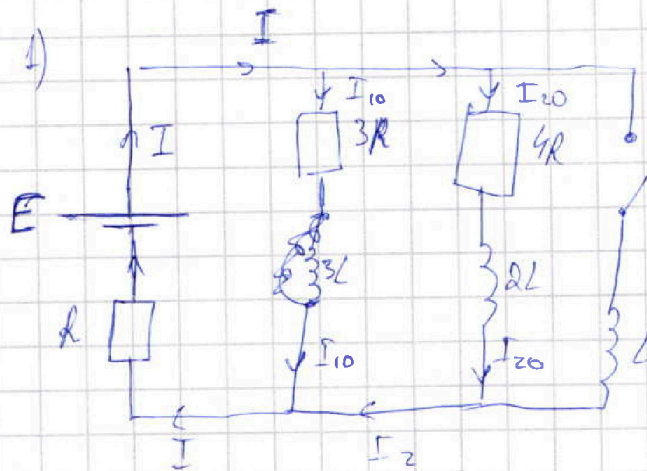
3)  $\Delta q_3 = ?$

Решение:

В установившемся режиме все токи

состав в схеме постоянны:

№ 4)



$$I = I_{10} + I_{20}$$

$$\left. \begin{aligned} E - RI &= 3RI_{10} \\ E - RI &= 4RI_{20} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$3RI_{10} = 4RI_{20}$$

$$I_{20} = \frac{3}{4} I_{10} \Rightarrow$$

$$I = I_{10} + I_{20} = \frac{7}{4} I_{10}$$

$$E - RI = 3RI_{10}$$

$$E - \frac{7}{4} RI_{10} = 3RI_{10} \Rightarrow I_{10} = \frac{E}{R} \cdot \frac{4}{19},$$

$$I = \frac{7E}{19R}$$

2) Как только реле замкнут, токи не успеют измениться в схеме

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!



55

Дано:

$n_1, n_2, \alpha = 0,9 \text{ рад}$

$d = 0,1 \text{ м}, h = 0,1 \text{ км}$

$d \ll h$

1)  $n_1 = 1, n_2 = 1,7$   
 $\gamma = ?$

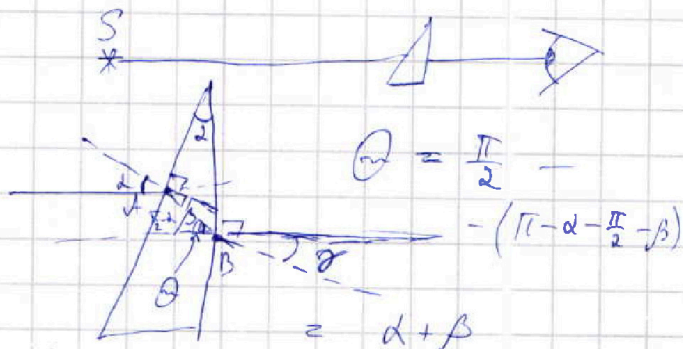
2)  $n_1 = 1, n_2 = 1,7$   
 $\theta = ?$

3)  $\theta = ?$ ,  $n_1 = 1,4$ ,  
 $n_2 = 1,7$

Решение:



$n_1 = n_2 \Rightarrow$  можем убрать эту границу



$n_1 \sin \alpha d = n_2 \sin \beta \Rightarrow d, \beta \rightarrow 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha = \frac{1}{1,7} \alpha$

$n_2 \sin \theta = n_1 \sin \gamma, \gamma \rightarrow 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow (\alpha + \beta) n_2 = \alpha = 2,7 \alpha = 0,27$

2) Для построения изобр. построим еще один путь из S, направленный под углом  $\alpha$  к горизонту, пересечем эти пути и будет изобр-ие  $S^k - S'$

Т.к.  $d \ll h$ , то перемещем путь B (↓) можем уменьшить (отрезок AB)



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

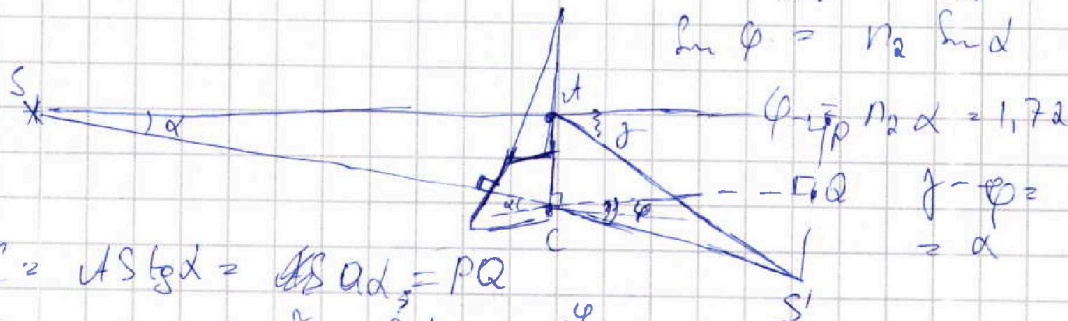
МФТИ

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



SS (продолжение)

$\alpha, \beta, \varphi \rightarrow 0 \Rightarrow \sin \alpha = \alpha \approx \tan \alpha, \sin \varphi = \varphi \approx \tan \varphi$



$AC = AS \tan \alpha = PS \tan \beta = PQ$

$\tan \beta = \frac{PS'}{AP}, \tan \varphi = \frac{PQ}{AP} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{PS'}{\beta} = \frac{AC + QS'}{\beta} = \frac{QS'}{\varphi} \Rightarrow$

$\Rightarrow QS' \left( \frac{\varphi}{\beta} - 1 \right) = AC \Rightarrow QS' = \frac{AC}{\frac{\varphi}{\beta} - 1}$

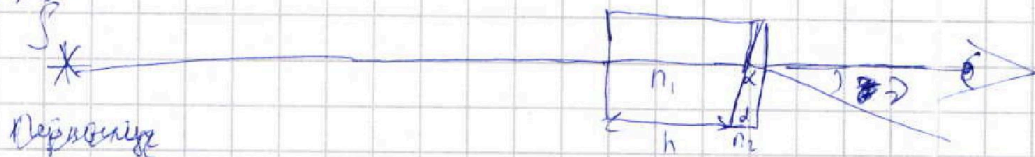
$\Rightarrow AP = \frac{PS'}{\beta} = AP = \frac{QS'}{\varphi} = \frac{AC}{\beta - \varphi}, PS' = \frac{\beta AC}{\beta - \varphi}$

$SS' = \sqrt{(a + AP)^2 + PS'^2} =$

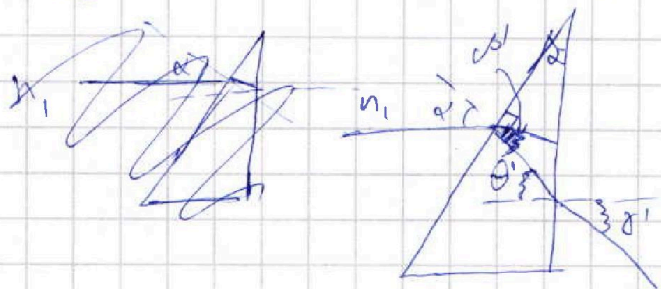
$= \sqrt{\left( a + \frac{ad}{\beta - \varphi} \right)^2 + \left( \frac{\beta ad}{\beta - \varphi} \right)^2} \approx a + \frac{ad}{\beta - \varphi} = 2a = 180 \text{ см}$

3) Построим изображение аналогично (2)

Первый луч:



Первый луч



$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

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

$\theta' = \alpha + \beta'$

$= \frac{n_1 + n_2}{n_2} \alpha$

$\sin \gamma' = n_2 \sin \theta' \Rightarrow \gamma' = n_2 \theta' = (n_1 + n_2) \alpha$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

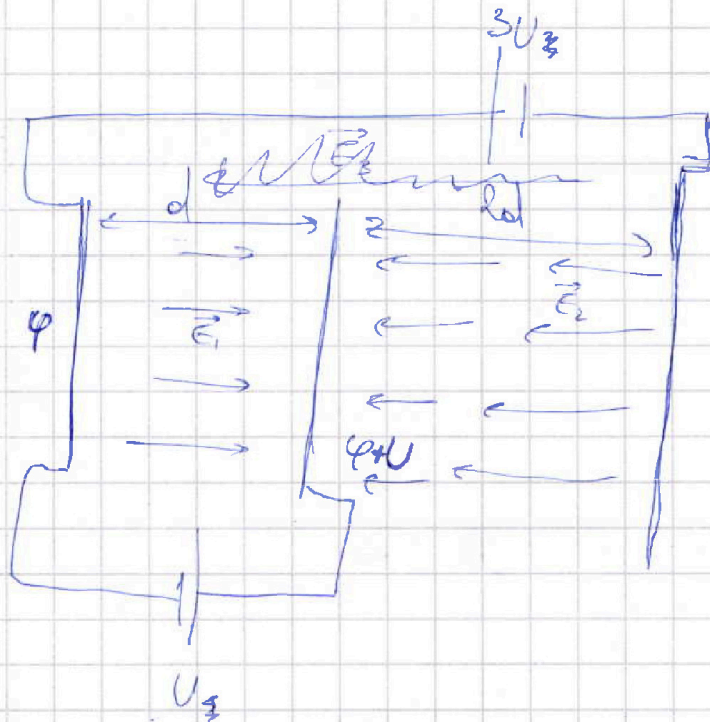
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Черновик



размеры  $\gg d \Rightarrow$   
 $\Rightarrow E = \text{const}$

$$E_2 = \frac{3U}{3d}$$

$$E_1 = \frac{U}{d}$$

$$E_2 = \frac{\varphi + U - \varphi + 3U}{2d}$$

$$= 2 \frac{U}{d}$$

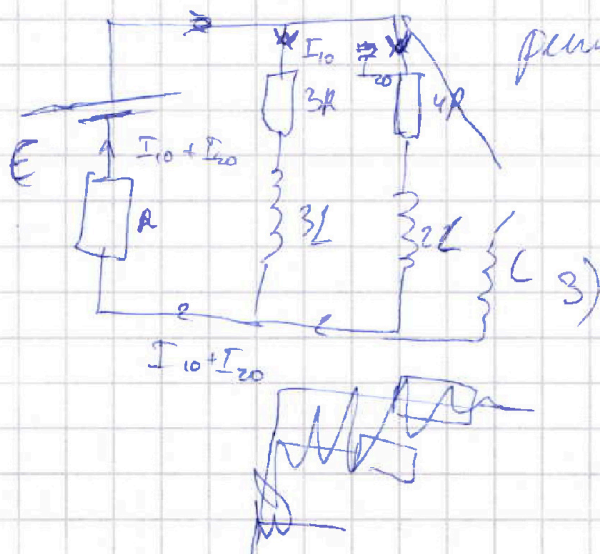
$$E_3 = \frac{-\varphi + 3U + \varphi}{3d} = \frac{U}{d}$$

$$ma = E_1 q$$

$$a = \frac{Uq}{md}$$

54

1)



плоским конт.  $\Rightarrow I = \text{const}$

$$E - R(I_{10} + I_{20}) =$$

$$= 3R I_{10} = 4R I_{20}$$



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



$$\vec{F}_{\text{сorp}} = \alpha v^2$$

$$dA = dF_{\text{сorp}} dx$$

$$\frac{dA}{dt} = -\alpha v^2$$

1) Потратить кинетическую

$$2) F_0 - F_{\text{сorp}} = ma$$

$$F_0 = ma + F_{\text{сorp}}$$

$$3) E = \frac{v}{dt} - A_{\text{сorp}} + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \quad / \frac{d}{dt}$$

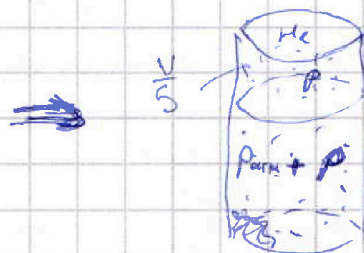
$$P - \frac{dA_{\text{сorp}}}{dt} + m \dot{v} v = 0$$

$$P - \alpha v^2 + m a \cdot v = 0$$

$$P = \alpha v^2 - m a \cdot v$$

52

До:



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

$$RT \approx 3 \cdot 10^3$$

$$\Delta V = k \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4}$$

$$\Delta_1 RT_0 = p_0 \cdot \frac{V}{2}$$

$$\Delta_2 RT_0 = p_0 \cdot \left( \frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) \cdot \frac{V}{4} \quad \text{---}$$

$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{V/2}{V/4} = 2$$

После:

$$\Delta_1 (\Delta_2 + \Delta V) RT = p \cdot \frac{V}{4} \left( \frac{4V}{5} - \frac{V}{4} \right)$$

$$\Delta_1 RT = (p + p_{\text{атм}}) \frac{V}{5}$$

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



- 1  2  3  4  5  6  7

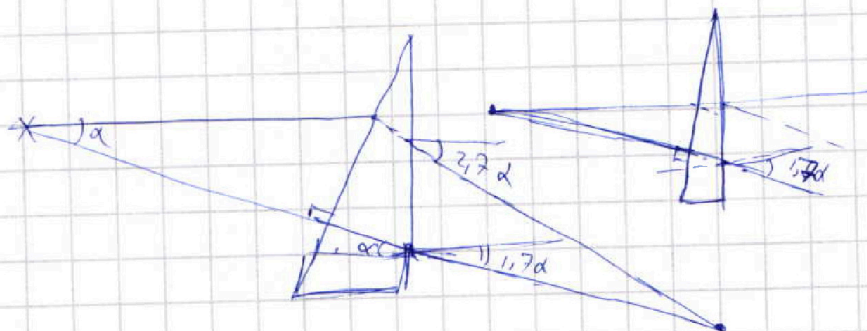
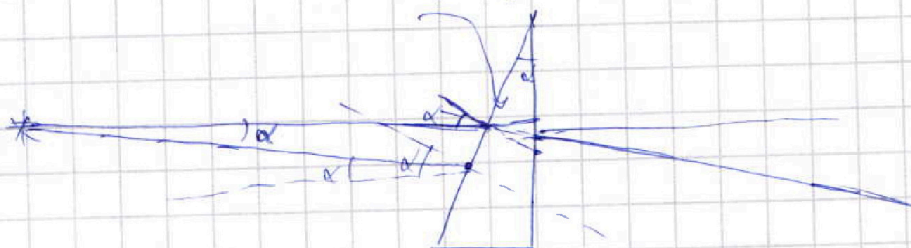


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Черновик

2)

применяем



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

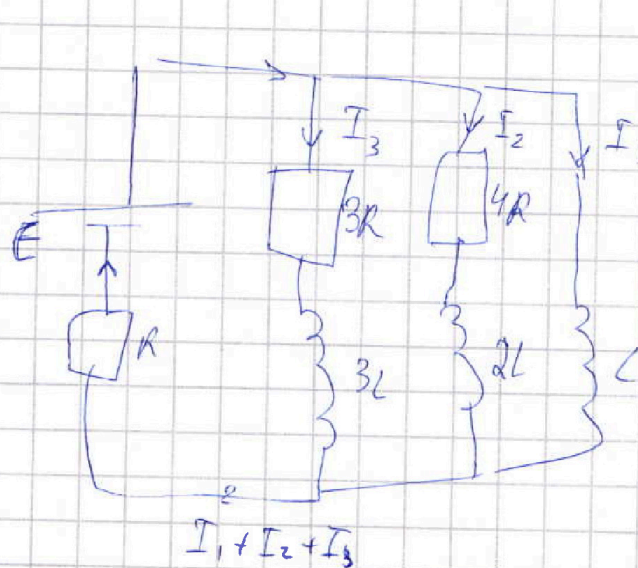


- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Черновик



$$240 \cdot 12 = 2880$$

$$2880 + 7500 = 10380$$

$$\begin{array}{r} 5180 \\ 48 \\ \hline 39 \\ 387 \\ \hline 30 \end{array} \quad \begin{array}{r} 6 \\ 8265 \\ \hline 590 \\ 48 \\ \hline 39 \\ 36 \\ \hline 30 \end{array} \quad \begin{array}{r} 6 \\ \hline 865 \end{array}$$

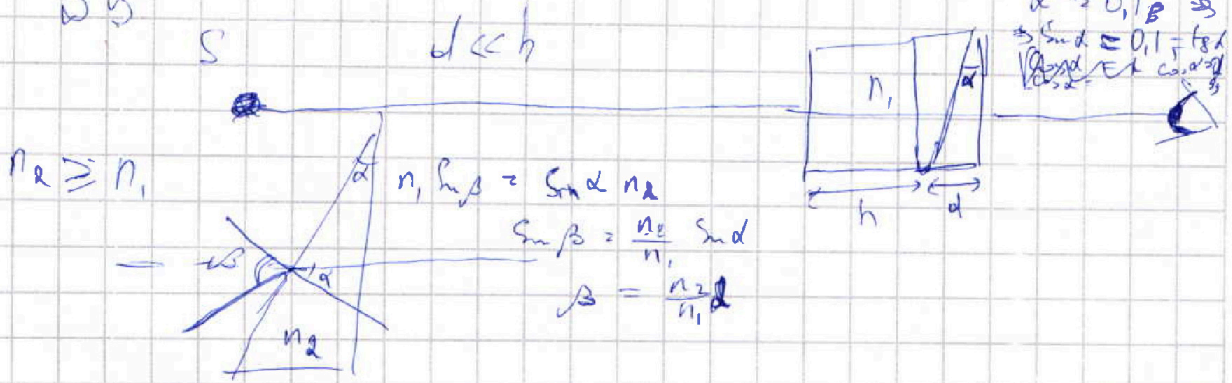
$$\int_0^L \dot{I}_1 = \int_0^L (4I_2 R + 2L \dot{I}_2) = \int_0^L 3R I_3 + 3L \dot{I}_3 = E - (I_1 + I_2 + I_3)R$$

$$L \dot{I}_1 = 4R I_2 + 2L \dot{I}_2 = 3R I_3 + 3L \dot{I}_3$$

$$\frac{L \dot{I}_1 - 3L \dot{I}_3}{3R} = I_2$$

← B момент t

SS



$\alpha \approx 0, \beta \approx \dots$   
 $\sin \beta \approx 0, \dots$   
 $\dots$

$$n_1 \sin \beta = n_2 \sin \alpha$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

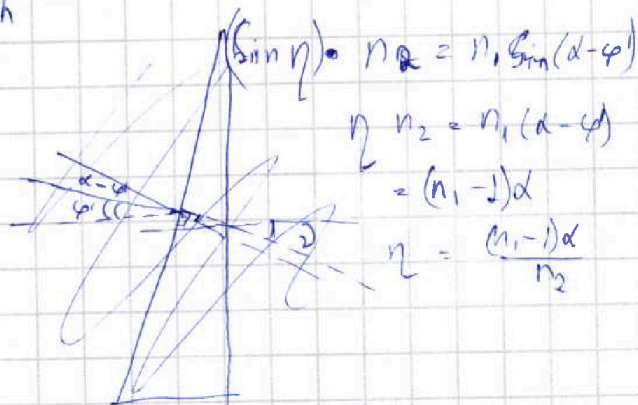
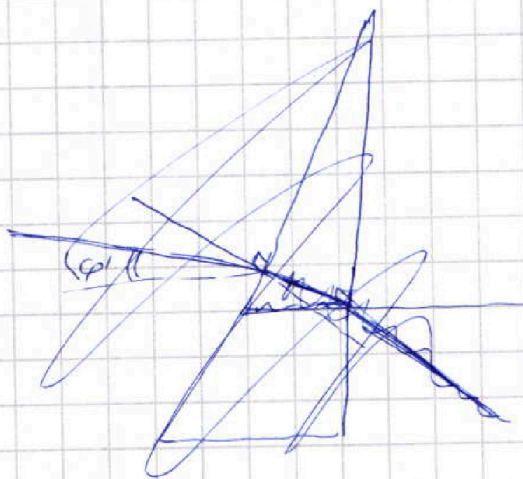
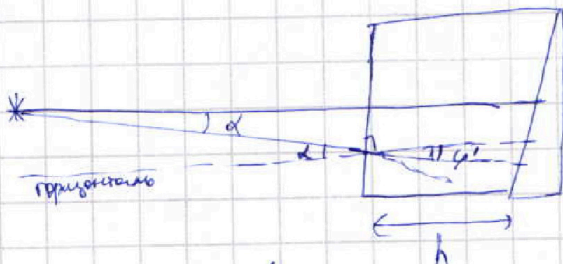


55 (продолжение)  
Второй шаг:

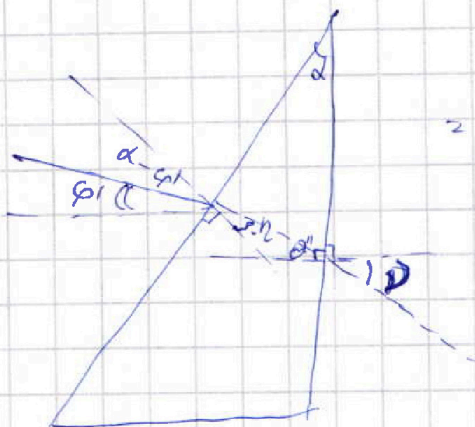
Отклоняем его по гл-ли над:

$$n_1 \sin \varphi' = \sin \alpha$$

$$\varphi' = \frac{\alpha}{n_1}$$



$$\begin{aligned} (\sin \eta) \cdot n_2 &= n_1 \sin(\alpha - \varphi') \\ n_2 &= n_1 (\alpha - \varphi') \\ &= (n_1 - 1) \alpha \\ n_2 &= \frac{(n_1 - 1) \alpha}{\eta} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Theta'' &= \frac{\pi}{2} - \left( \frac{\pi}{2} \pi - \alpha - \left( \frac{\pi}{2} - \eta \right) \right) \\ &= -\eta + \alpha = \alpha \left( 1 - \frac{(n_1 - 1)}{n_2} \right) \\ &= \alpha \cdot \frac{n_2 - n_1 + 1}{n_2} \end{aligned}$$

$$\sin \Theta'' \cdot n_2 = \sin \eta$$

$$\eta = \Theta'' n_2 = \alpha (n_2 - n_1 + 1)$$