



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

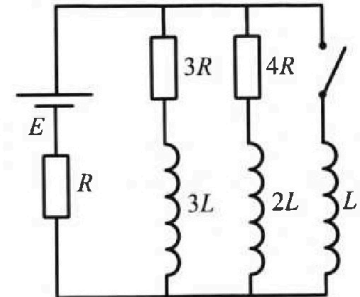


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.

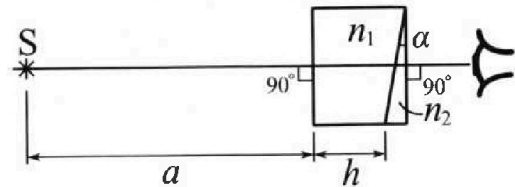


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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.



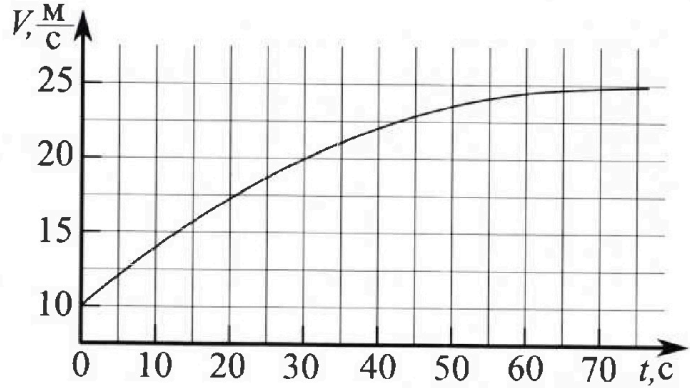
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

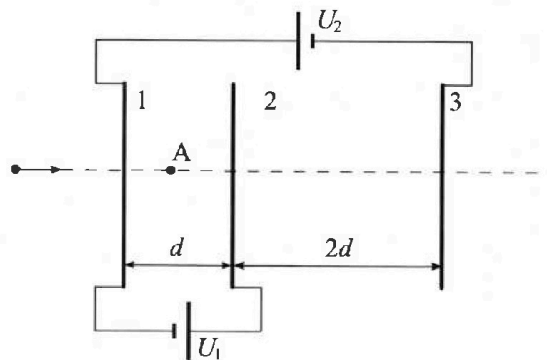
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 Δn 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/(м³·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.

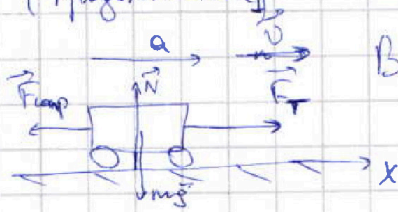
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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 ЗСЭ: $\frac{mv^2}{2} + A_{comp} + A_{ges} = \frac{mv_0^2}{2}$, 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) $F_0 = ?$

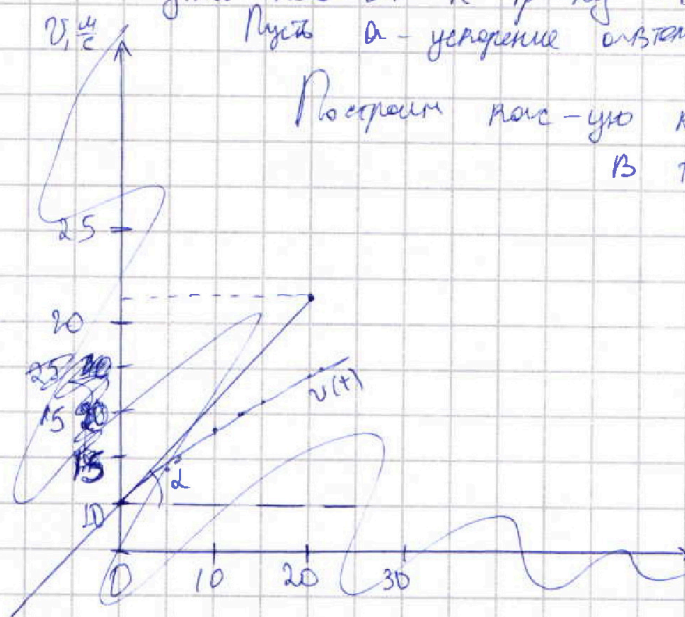
3) $P_0 = ?$

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:

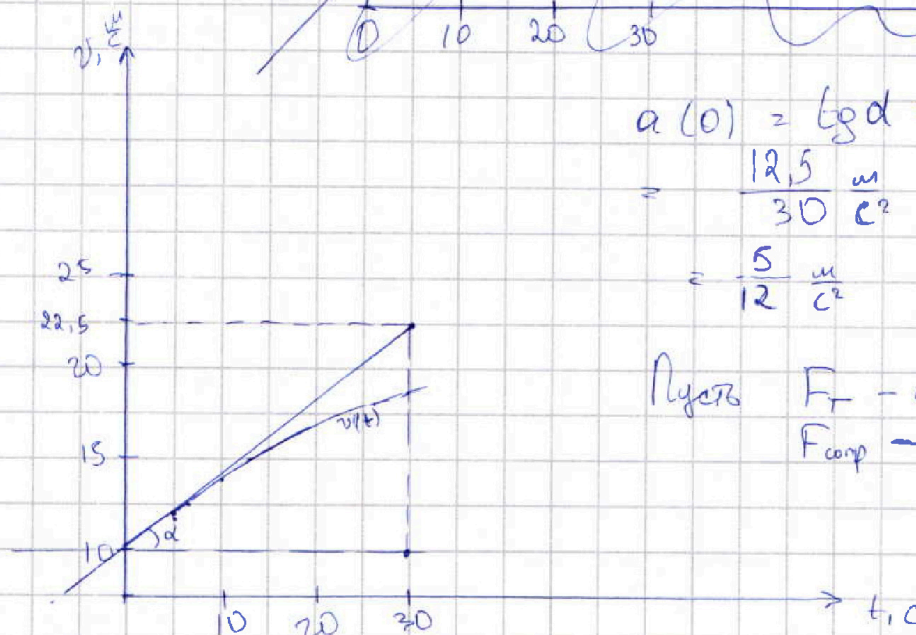


$$a(0) = \tan \alpha = \frac{22,5 - 10}{30} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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

$$= \frac{5}{12} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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"/>



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 $p_1 = p_2 + p_H$

$$p_1 = p_2 + p_{\text{атм}}$$

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

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

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

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

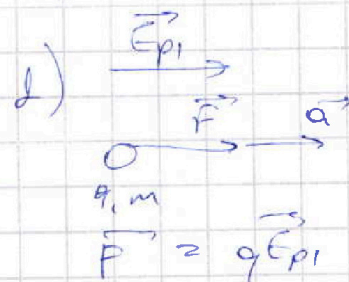
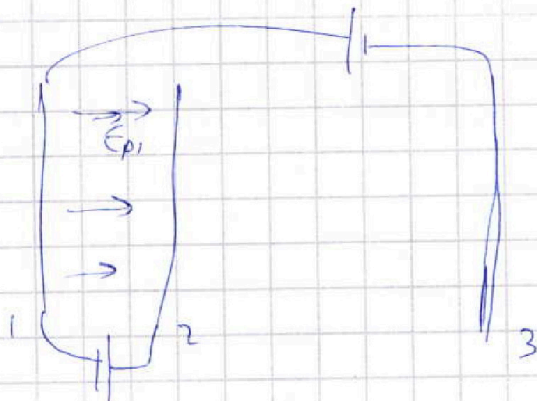
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



53 (продолжение)

Определим путь разульт. движени. 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: $K_1 + W = K_2 + W - A_{сил}$

$K_2 - K_1 = A_{сил} = Fd = \frac{Uq}{d}d = Uq$ W - энергия поле

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

$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} - \frac{Fd}{4}$

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

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

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:

$$U_1 = U$$

$$U_2 = 3U$$

$d, 2d, m, q,$

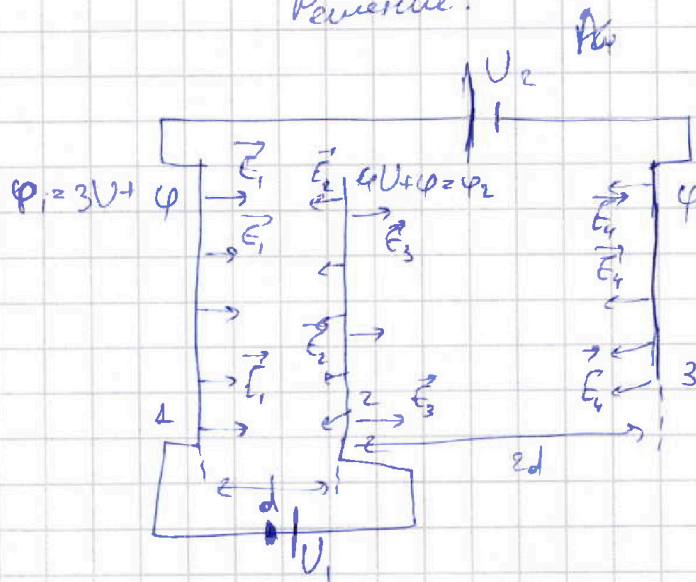
v_0

1) $a = ?$

2) $K_1, K_2 = ?$

3) $v_A = ?$

Решение:



1) Размеры ~~плит~~ ^{но} ~~сетки~~ ^{но} $\gg d, 2d \Rightarrow$

\Rightarrow поле, или создаваемая поле считать однородным,

тогда пусть сетка (1) создает E_1

Правые стороны сетки (1) и (2) создают

E_1 и E_3 соотв-но, их левые ст-ны

Левые стороны сетки (2) и (3) создают

E_2 и E_4 соот-но ^{туда}

Пусть потенциал сетки (3) $= \varphi \Rightarrow$

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

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

$E_1 = \dots \Rightarrow$ 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

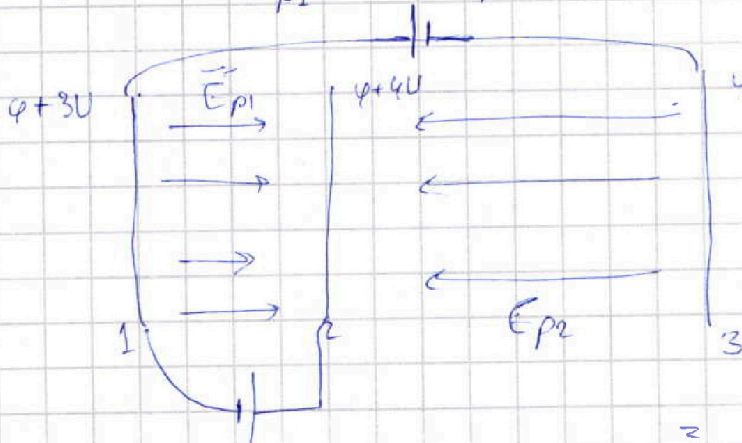
МФТИ

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)

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

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

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

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

$$K_2 - K_1 = W_2 - W_1 + A = A_{\text{электр}} = F \cdot d$$

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

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

K_A - кин. энергия в т. А

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

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

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

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

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

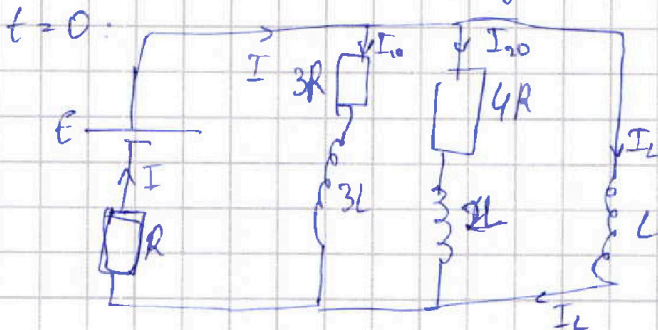
МФТИ

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



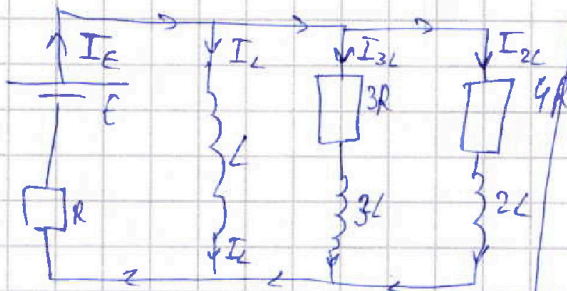
$I_L = 0$ в момент замыкания

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

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

3) Пусть $t = \tau$ (процесс установившегося режима) наступил в момент $t = \tau$ — момента замыкания:

$t = \tau$:



$$3 I_{3L} R + 3L \dot{I}_{3L} = \dot{I}_2 \cdot L$$

$$\int_0^{\tau} (I_{3L} R + 3L \dot{I}_{3L}) dt = \int_0^{\tau} \dot{I}_2 L dt$$

$$3 \Delta Q_3 R + 3L \Delta I_{3L} = I_2 L$$

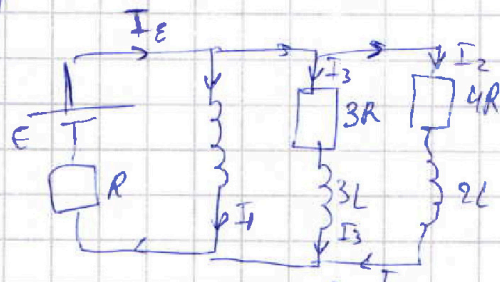
\Rightarrow в момент $t = \tau$:

$$3 \Delta Q_3 R + 3L (I_3 - I_0) = L I_2$$

$$3 \Delta Q_3 R + 3L (-I_0) = L I_2$$

$$\Delta Q_3 = \frac{L \frac{E}{R} + 3L \frac{E \cdot 4}{R \cdot 19}}{3R} = \frac{LE}{3R^2} \cdot \frac{31}{19}$$

$t = \tau$:



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

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

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

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

$$(I_3 \cdot 3R = L \dot{I}_3 = 0 \Rightarrow I_3 = 0, I_0 \text{ — момент замыкания})$$

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) $I_L = ?$

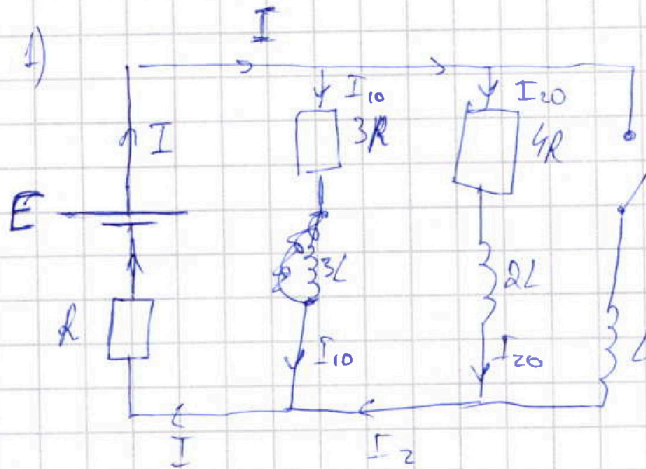
3) $\Delta q_3 = ?$

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

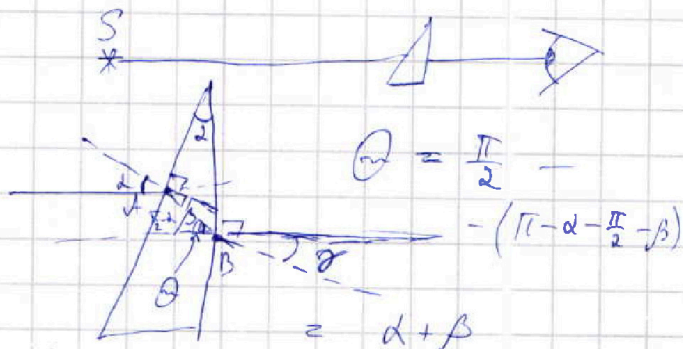
2) $n_1 = 1, n_2 = 1,7$
 $\theta = ?$

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

Решение:



$n_1 = n_2 \Rightarrow$ можем убрать эту границу



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

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

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

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

2) Для построения изобр. построим еще один путь из S, направленный под углом α 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

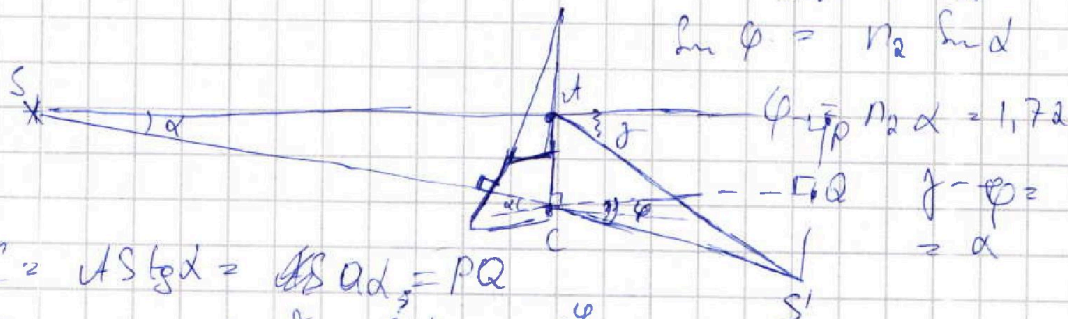
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



SS (продолжение)

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

$$\sin \varphi = n_2 \sin \alpha$$



$$AC = AS \tan \alpha = AS \sin \alpha = PQ$$

$$PQ = AS \sin \beta = \frac{PS'}{\sin \beta} \sin \beta = PS'$$

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

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

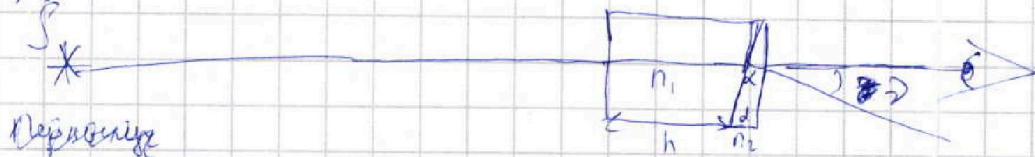
$$\Rightarrow AP = \frac{PS'}{\beta} = AP = \frac{QS'}{\varphi} = \frac{AC}{\beta - \varphi}, PS' = \frac{\beta AC}{\beta - \varphi}$$

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

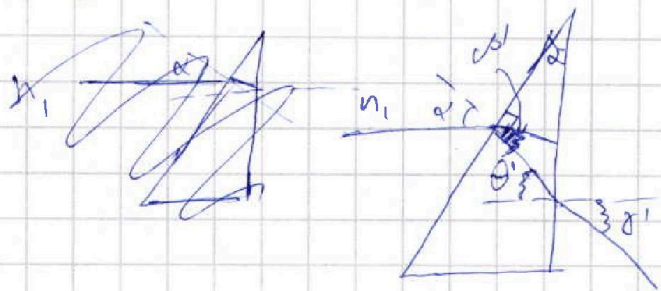
$$\approx \sqrt{\left(a + \frac{a d}{\beta - \varphi} \right)^2 + \left(\frac{\beta a d}{\beta - \varphi} \right)^2} \approx a + \frac{a d}{\beta - \varphi} = 2a = 180 \text{ см}$$

3) Построение подобно (2)

Первый шаг:



Первый шаг



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

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

$$\varphi = \alpha + \beta =$$

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

$$\sin \varphi = n_2 \sin \varphi \Rightarrow \varphi = n_2 \varphi = (n_1 + n_2) \alpha$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

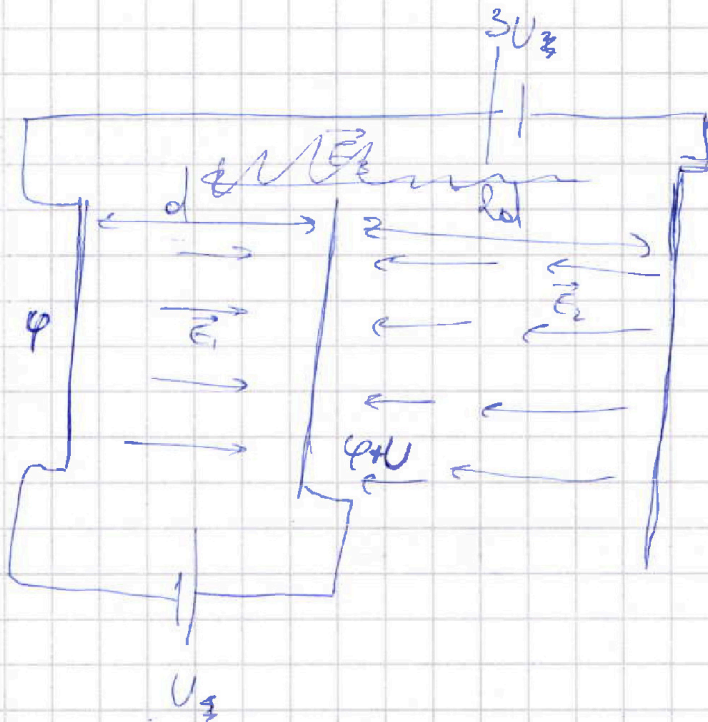
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Черновик



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

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

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

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

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

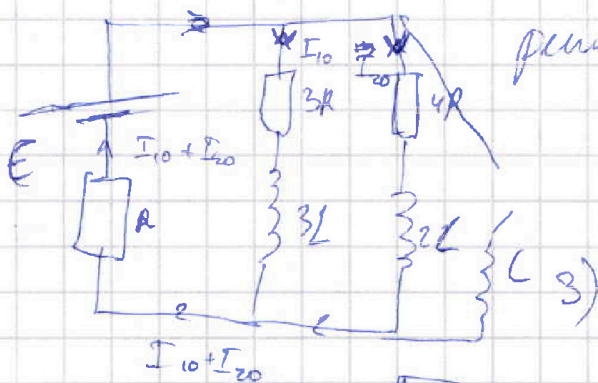
$$E_3 = \frac{-\varphi + 3U + \varphi}{3d} = \frac{U}{d}$$

$$ma = E_1 q$$

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

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



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

Черновик



$$\vec{F}_{\text{comp}} = \alpha \vec{v}$$

$$dA = F_{\text{comp}} dx$$

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

1) Потратить кинетическую

$$2) F_0 - F_{\text{comp}} = ma$$

$$F_0 = ma + F_{\text{comp}}$$

$$3) E = \frac{v}{R_0} - A_{\text{comp}} + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \quad / \frac{d}{dt}$$

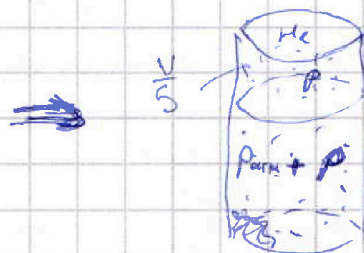
$$P - \frac{dA_{\text{comp}}}{dt} + m \dot{v} v = 0$$

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

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

52

До:



$$52) = k P \cdot W = k$$

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

$$52) = k \frac{P_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{4}$$

$$2) RT_0 = P_0 \cdot \frac{V}{2}$$

$$2) RT_0 = P_0 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) \cdot \frac{V}{4} \quad \text{---}$$

$$\frac{2_1}{2_2} = \frac{V/2}{V/4} = 2$$

После:

$$2) (2_2 + 52) RT = P \cdot \frac{V}{4} \left(\frac{4V}{5} - \frac{V}{4} \right)$$

$$2) RT = (P + P_{\text{atm}}) \frac{V}{5}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

 МФТИ

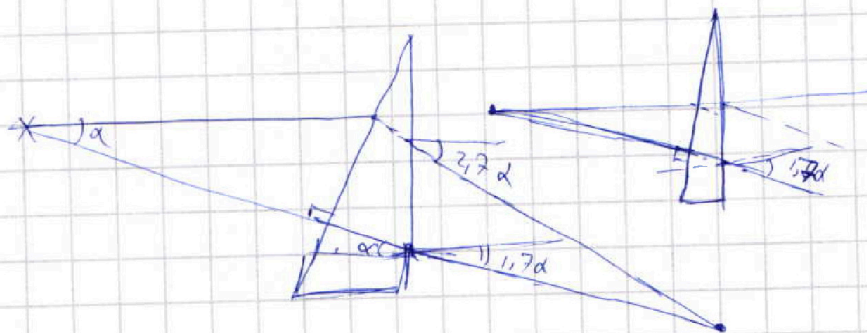
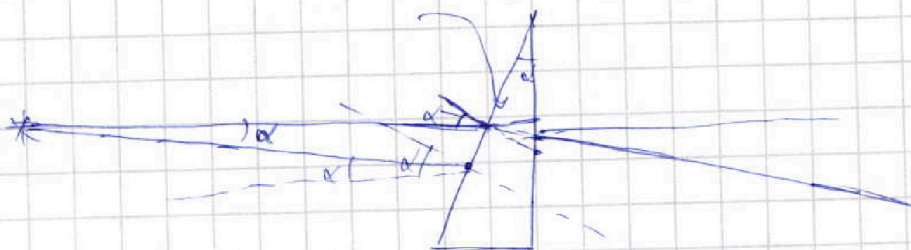
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

2)

применяем



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

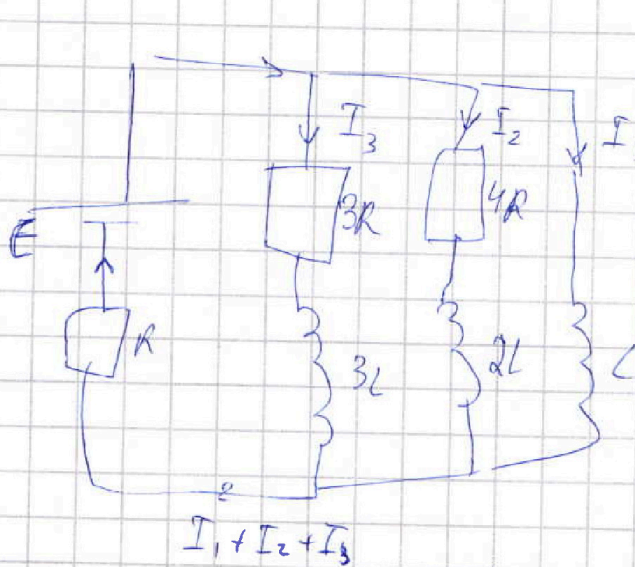


- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Черновик



$$\begin{aligned}
 240 \cdot 12 &= \\
 &= 12^2 \cdot 20 = 2880 \\
 2880 + 7500 &= \\
 &= 9500 + 880 = \\
 &= 10380
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r}
 5180 \quad 6 \\
 48 \quad 8205 \\
 \hline
 39 \quad 590 \quad 6 \\
 \quad 48 \quad 165 \\
 \hline
 387 \quad 39 \\
 \quad 36 \\
 \hline
 30 \quad 30
 \end{array}$$

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

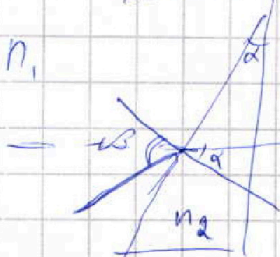
$$L \dot{I}_1 - 3L \dot{I}_3 = 4R I_2 + 2L \dot{I}_2 = 3R I_3 +$$

$$\frac{L \dot{I}_1 - 3L \dot{I}_3}{3R} = \dots \leftarrow \text{в момент } t$$

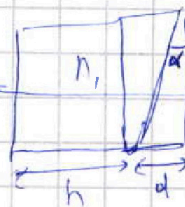
SS

S d < h

$$n_2 \geq n_1$$



$$\begin{aligned}
 n_1 \sin \beta &= n_2 \sin \alpha \\
 \sin \beta &= \frac{n_2}{n_1} \sin \alpha \\
 \beta &= \frac{n_2}{n_1} \alpha
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \alpha > 0, \beta > \\
 \Rightarrow \sin \beta > 0, \sin \alpha > \\
 \Rightarrow \beta > \alpha \Rightarrow \text{total internal reflection}
 \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

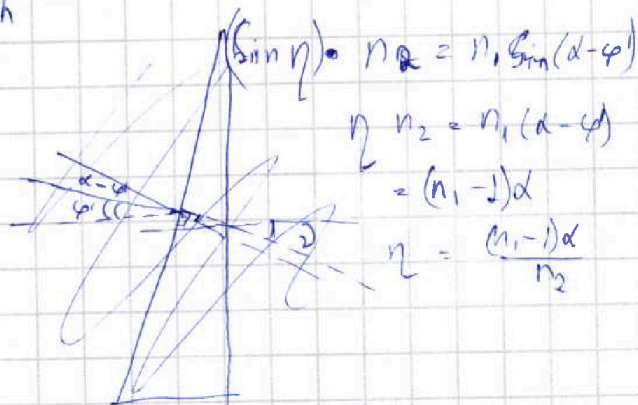
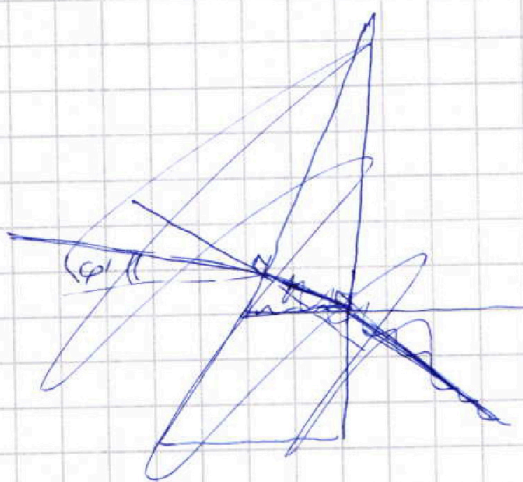
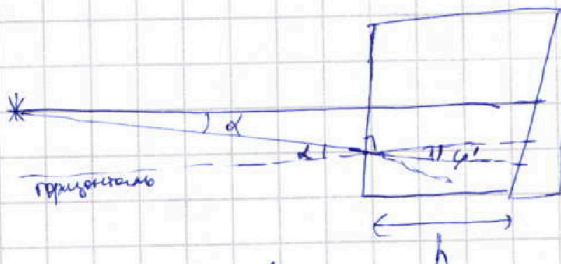


55 (продолжение)
Второй шаг:

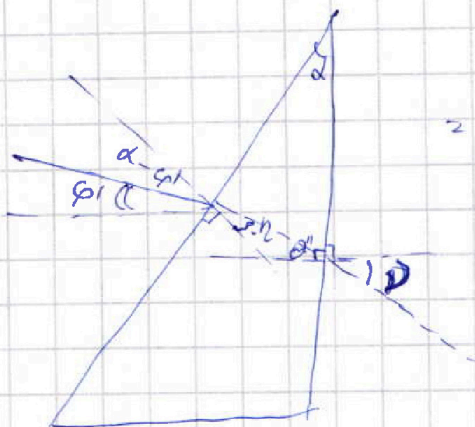
Отклоняем его по гл-ли над:

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

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



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



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

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

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