



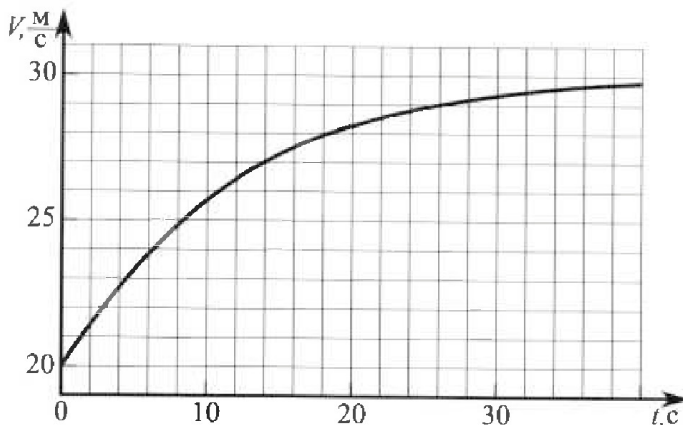
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

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



1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ 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 $F_k = 405$ Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости V_1 ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

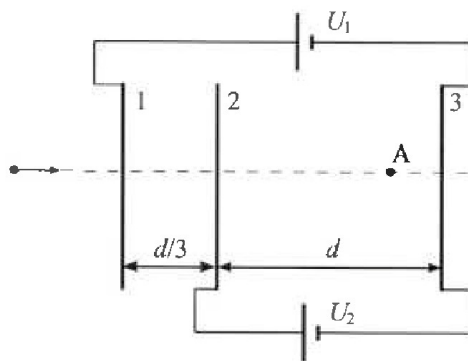
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/6$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv 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/(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 конечное давление в сосуде P . 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 $U_1 = 2U$ 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 A на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

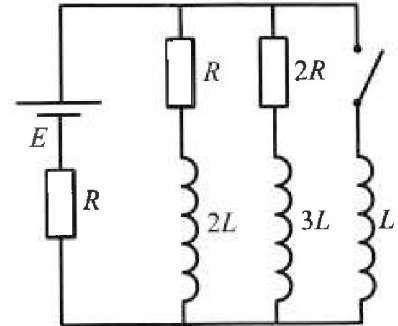
Вариант 11-02

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

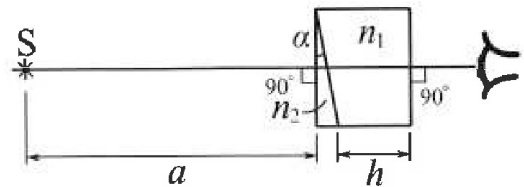
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ 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 $a = 200$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,05$ 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 $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,8$, $n_2 = 1,6$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

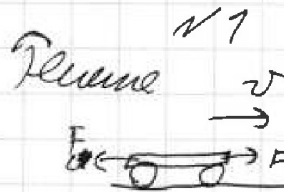
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Дано
 $F_k = 405 \text{ Н}$

$m = 300 \text{ кг}$

$v_1 = 23 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$
 с



F_k — сила сопротивления
 F_g — сила, которую
разгоняет двигатель

1) Из графика

можно найти, что максимальная
преобразованная скорость v_1 через

$t_1 = 74 \text{ с}$. Самостоятельно график в

прямую от $t_1 = 74 \text{ с}$ до $t_2 = 76 \text{ с}$. На этом участке

можно с достаточной точностью считать, что график линейный, поэтому можно
записать линейное уравнение этой прямой.

Или проложим через точки $(24; 74)$ и $(23,5; 76)$

$$y = kx + b \quad 24,5 = 76x + b \quad y = x + b \rightarrow \text{найти уравнение.}$$

$$23 = 74x + b \quad 0,5 = 2x + b$$

В нем x будет означать
мощность $P = \frac{dW}{dt} \rightarrow P = 9,25 \frac{\text{кВт}}{\text{с}}$

$$x = 0,25$$

2) Запишем II-ой закон Ньютона

Запишем II-ой закон Ньютона
для конечной скорости

$$0x: m a = F_g - F_k$$

$$0x: 0 = F_g' - F_k$$

$$F_g' v_k = N$$

$$F_g' v_k = N$$

$$F_g' v_1 = N$$

$$F_g' = \frac{N}{v_1}$$

$$F_g' = F_k$$

$$F_g' v_k = N$$

$$= \frac{F_g' v_k}{v_1} = \frac{F_k v_k}{v_1}$$

Из графика видно, что
скорость увеличивается
и известно $v_k = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$,
поэтому в конечной
его можно считать v_k .

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!

27 процентиль

$$mg = F_g - F_1$$

$$F_1 = F_g - mg = \frac{F_k \sigma_k}{\sigma_1} - mg = \frac{405 \cdot 30}{27} - 300 \cdot \frac{7}{4} = 450 - 525 = -75 \text{ Н}$$

$$3) F_1 \sigma_1 = W_c \quad \frac{W_c}{W} = \frac{F_1}{F_g} = \frac{375}{405} = \frac{25}{27}$$

$$F_g \sigma_1 = W_c$$

$$\text{Ответ: } \sigma = 0,25 \frac{\text{Н}}{\text{Н}}; F_1 = 375 \text{ Н}; \frac{W_c}{W} = \frac{25}{27}$$

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

V

T_0

$$\frac{V}{4} = V_{\text{атм}}$$

$$T = \frac{4T_0}{3} = 3 \cdot 33 \text{ K}$$

$$\frac{V}{8} = V_A$$

Найдем объем замкнутого газа

$$V = \frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$$

Заменим уравнение Менделеева-Клапейрона

$$p V_A = \nu_A R T_0$$

$$p V_A = \nu_A R T_0$$

$$\frac{V_A}{V_A} = \frac{\nu_A}{\nu_A}$$

$$\frac{V}{\frac{V}{4}} = \frac{\nu_A}{\nu_A} \Rightarrow \frac{\nu_A}{\nu_A} = 2$$

2) Найдем количество увеличенного газа, которое находится в баллоне

$$4\nu = k p \frac{V}{4} = k \nu_A R T_0 =$$

$$p V_A = \nu_A R T_0 = 3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{4}{3} \cdot 10^3 =$$

$$\frac{p V}{4} = \nu_A R T_0 = \frac{3 \cdot 4}{20} \nu_A$$

Заменим уравнение состояния газа для количества

$$V_1' = \frac{4V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{24-10V}{24} = \frac{4V}{72}$$

$$p V_1' = \nu_A R T$$

$$p V_1' = (\nu_A + 4\nu) R T$$

$$p = p_A + p_{\text{атм}} \quad (p_{\text{атм}} \rightarrow \text{давление паров баллона } T = 333 \text{ K})$$

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!

$$\frac{2P_4 V}{12} = (V_4 + 4V) RT \quad (2) \quad \text{из уравнения}$$

$$(1)-(2) \quad \frac{P V}{6-2P_4 V} = \frac{(V_4 + 4V) RT}{24 RT}$$

$$\frac{2P}{2P_4} = \frac{44V_4}{20V_4}$$

$$\frac{2P}{2P_4} = \frac{44}{40}$$

$$P_4 = \frac{80}{329} P$$

329

$$P_2 = \frac{80}{329} P_{\text{ATM}} + \frac{80}{329} P_4$$

$$\frac{289}{329} P_4 = \frac{80}{329} P_{\text{ATM}} + \frac{80}{329} P_4$$

$$P_4 = \frac{80}{289} P_{\text{ATM}}$$

$$P = P_2 + P_{\text{ATM}} = \frac{80}{289} P_{\text{ATM}} + P_{\text{ATM}} =$$
$$= \frac{289 + 80}{289} P_{\text{ATM}} = \frac{369}{289} P_{\text{ATM}}$$

$$\text{Ответ: } P = \frac{369}{289} P_{\text{ATM}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

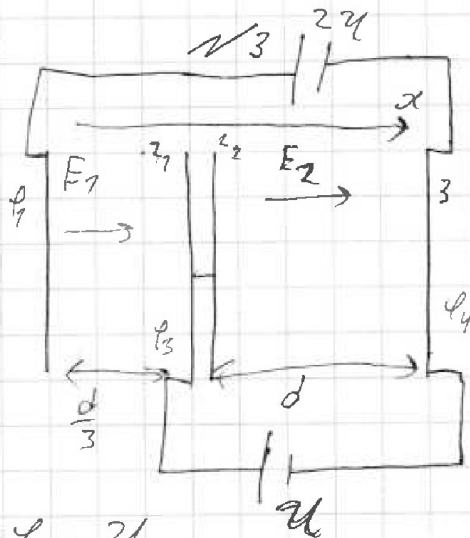
МФТИ

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



Дано

d
 m
 q
 v_0



E_2 — напряженность
в зоне 23

E_1 — напряженность
в зоне 12

$$1) \varphi_3 - \varphi_4 = U$$

$$E_2 d = \varphi_3 - \varphi_4 = U$$

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

Запишем II-ой закон Копмана для пластин,
находящихся между обкладками 23

$$\sigma \pi' m d_{23} = E_2 q$$

$$q_{23} = \frac{E_2 q}{m} = \frac{U q}{d m}$$

2) Запишем уравнение энергии
для частицы между обкладками 23

$$d = \frac{v_0^2 - v_{12}^2}{2 a_{23}}$$

$$2 d a_{23} = v_0^2 - v_{12}^2 \quad | \cdot \frac{m}{2}$$

$$m d a_{23} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_{12}^2}{2}$$

$$K_3 - K_2 = m d a_{23} = \frac{m d \cdot U q}{m d} = U q$$

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!

в 3-х вариантах

Найти вторым методом в зоне 12

Заменим II-ой зоной Кротова

$$m a_{12} = q E_1$$

$$\varphi_1 - \varphi_4 = 2\varphi$$

$$a_{12} = \frac{q E_1}{m}$$

$$(1) \varphi_1 - \varphi_3 = \varphi_{12}$$

$$a_{12} = \frac{3 q \varphi}{m d}$$

$$(2) \varphi_3 - \varphi_4 = \varphi$$

Заменим уравнение длины

$$(1) + (2) \varphi_1 - \varphi_4 = \varphi + \varphi_{12}$$

$$\frac{d}{3} = \frac{v_{12}^2 - v_0^2}{2 a_{12}} \quad 1 - 2 a_{12}$$

$$2\varphi = \varphi + \varphi_{12}$$

$$\varphi_{12} = \varphi$$

$$v_{12}^2 = 2 \frac{a_{12} d}{3} + v_0^2$$

$$\frac{E_1 d}{3} = \varphi_{12} = \varphi$$

$$E_1 = \frac{3 \varphi}{d}$$

v_{12} — скорость частицы от второго ионизатора

Заменим ~~вторым~~ уравнением функции от массы $2 \varphi_0 A$

$$\frac{2d}{3} = \frac{v_A^2 - v_{12}^2}{2 a_{23}}$$

$$v_A^2 = \frac{4 a_{23} d}{3} + v_{12}^2 = \frac{4 a_{23} d}{3} + \frac{2 a_{12} d}{3} + v_0^2$$

$$v_A^2 = \frac{4 \cdot 10 q d}{3 m} + \frac{2 \cdot 3 q \varphi d}{3 m} + v_0^2$$

$$v_A^2 = \frac{10 q \varphi}{3 m} + v_0^2$$

$$\text{Отсюда } a_{12} = \frac{2 q}{d m}; \quad K_3 - K_2 = 2 q$$

$$v_A = \sqrt{\frac{10 q \varphi}{3 m} + v_0^2}$$

$$v_A = \sqrt{\frac{10 q \varphi}{3 m} + v_0^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

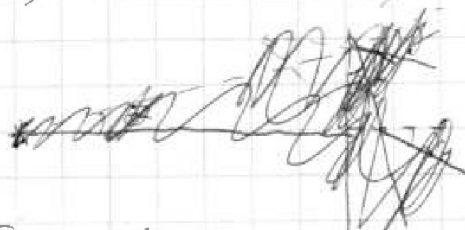
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

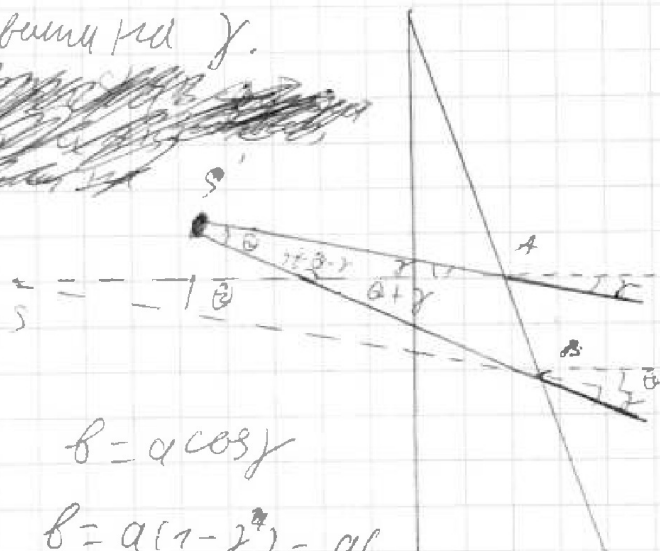
МФТИ

$\gamma = \frac{1}{2}(\eta - \tau) \rightarrow$ угол, на который амплитуды
лучи после преломления вращены.



Косинус угла между лучами, образованный
лучами, направленными на γ .

~~Вспомогательный треугольник, образованный
лучами, направленными на γ .~~



$$b = a \cos \gamma$$

$$b = a \left(1 - \frac{\eta}{2}\right) = a \left(1 - \frac{0,03}{2}\right) = a(1 - 0,015) =$$

$$= a(1 - 0,015) = 1,985 \text{ см.}$$

$$4 - b = 2 \text{ см} - 1,985 \text{ см} = 0,015 \text{ см}$$

3)

Закон
Снеллиуса.

$$n_2 \sin \alpha = n_3 \sin \beta$$



$$\beta = \frac{n_2 \sin \alpha}{n_3}$$

Ответ: $\gamma = 0,03$ рад; $4x = 3$ см.

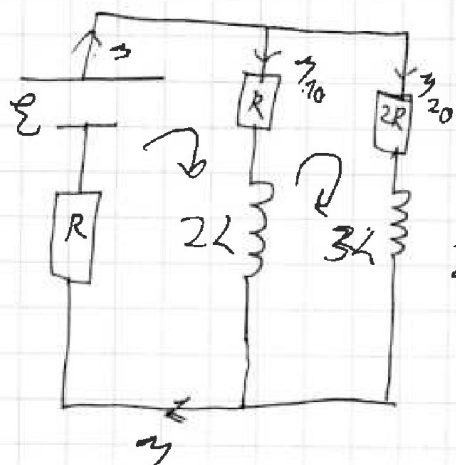
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



1) При установившемся режиме магнитная цепь себя ведет как провод.

Заменим индуктивности на резисторы.

$$E = \gamma_{20} R + \gamma R$$

$$0 = 2\gamma_{20} R - \gamma_{20} R \quad | : R$$

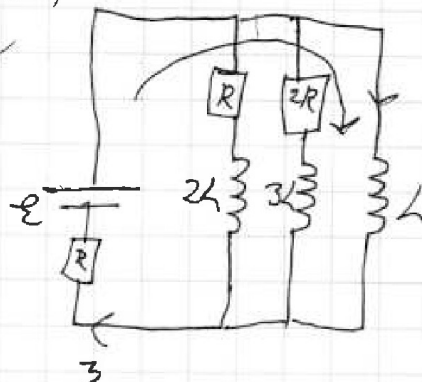
I-ое уравнение Кирхгофа $\gamma_{20} = 2\gamma_{20}$

$$\gamma = \gamma_{20} + \gamma_{20} = \gamma_{20} + 2\gamma_{20} = 3\gamma_{20}$$

$$E = 2\gamma_{20} R + 3\gamma_{20} R$$

$$E = 5\gamma_{20} R$$

$$\gamma_{20} = \frac{E}{5R}$$



справа после замкнутого ключа
снова ток в катушке не
намагничен.

Заменим провод индуктивностью

$$E + E_{\text{инд}} = \gamma R$$

$$L \frac{d\gamma}{dt} = E - 3\gamma_{20} R$$

$$E - L \frac{d\gamma}{dt} = 3R$$

$$L \frac{d\gamma}{dt} = E - \frac{3}{5} E$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{2E}{5L}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

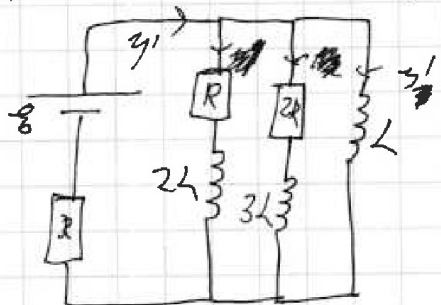
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Ген. Перм.

✓ 4 прогнанные (7)

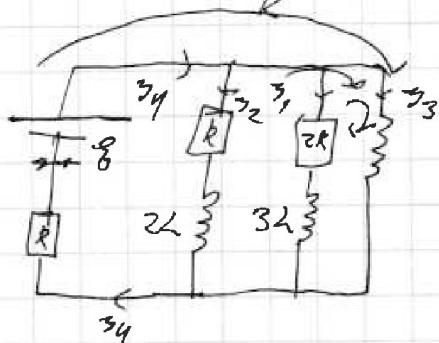


~~Всем доброго утра~~

Всем доброго утра всем и
много всего хорошего ^{всегда}
~~и~~ счастливой жизни.

В момент соединения шара вода переливается
правее:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_R; \quad \mathcal{E}' = \frac{\mathcal{E}}{\gamma}$$



II-бел итабига Кирданава

$$-2 \frac{d\gamma_3}{dt} + \frac{d\gamma_{1,3}}{dt} \leq -2 \gamma_1 k$$

$$-\frac{d\gamma_3}{dt} + 2\gamma_2 \frac{d\gamma_2}{dt} = -\gamma_2 R$$

$$E - \frac{L d^3 z}{dt^3} = 34 R$$

$$\mathcal{E} - \frac{L d I_3}{dt} = \frac{1}{2} R I_1 + \frac{1}{2} R I_2 + \frac{1}{2} R I_3$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} - \frac{3}{2} \frac{dy}{dt} + \frac{4y}{dt} = 0$$

~~$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = \frac{1}{2} m \frac{d}{dt} (v^2) = \frac{1}{2} m \cdot 2v \frac{dv}{dt} = m v \frac{dv}{dt}$$~~

$$y_1 = \frac{dx}{dt}$$

$$-\frac{L d^3}{dt} + 3L \frac{d^3}{dt} = -2\gamma R \cdot dt$$

$$\int -L \frac{d^2 q_3}{dt^2} + 3L \frac{d^2 q_7}{dt^2} = -2dq_7 R^*$$

$$-\angle(z'-0) + 3\angle(0-z_0) = -2\pi R[-1]$$

2 * промывка от
парафенового шлама
90 гр. молибдена.



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 ч программы (2)

$$Lz' + 3Lz_{20} = 2q_1 R \quad q_1 = \frac{4LE}{5R^2}$$

$$\frac{LE}{R} + \frac{3LE}{5R} = 2q_1 R$$

$$\frac{8LE}{5R} = 2q_1 R \quad 1:2R$$

Answer: $z_{20} = \frac{L}{5R}, \quad \frac{dz}{dt} = \frac{2L}{5R}$
 $q_1 = \frac{4EL}{5R^2}$

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!



1)

N5



прямая при входе луча
перпендикулярна стороне угла
и т.д. Это значит, что закон
Снеллиуса

Снеллиуса

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

$$n_2 \sin \alpha = 0 \Rightarrow \sin \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0^\circ$$

Заменим закон Снеллиуса

$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta, \text{ так как } \alpha \text{ и } \beta \text{ малые углы,}$$

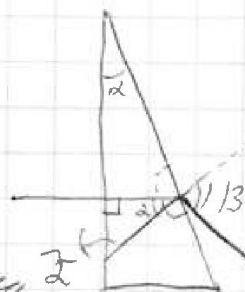
$$\text{то } \sin \alpha \approx \alpha$$

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

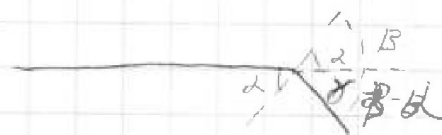
$$0,05 \cdot 1,6 = \sin \beta$$

$$\sin \beta = 0,08 \quad \beta = 0,08$$

$$\gamma = \beta - \alpha = 0,03 \Rightarrow \text{угол отклонения мал.$$



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



2) ~~Оптический эффект, возникающий при прохождении света через границу раздела двух сред, когда луч отклоняется от прямолинейного пути. Это явление называется дисперсией.~~



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. Печать QR-кода недопустима!



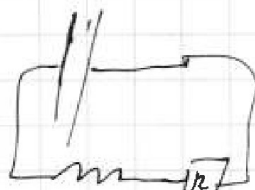
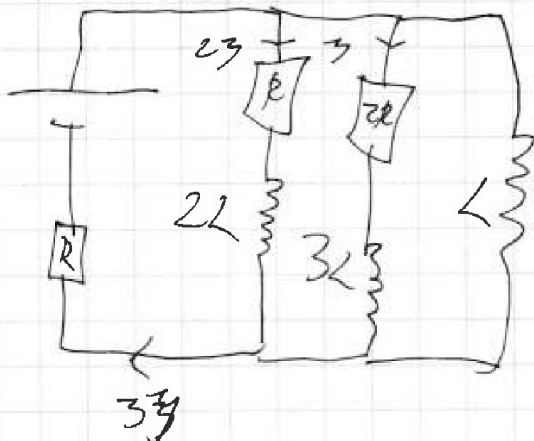
черновик

$$\begin{array}{r} 405 \overline{) 9} \\ 36 \overline{) 45} \\ 45 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 450 \\ 75 \\ \hline 325 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 375 \overline{) 95} \\ 30 \overline{) 25} \\ 25 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 405 \overline{) 95} \\ 30 \overline{) 25} \\ 705 \end{array}$$



$$E - L \frac{dI}{dt} =$$

$$L \frac{dI}{dt} = 4R$$



$$24R = 0.2R$$

$$E: -L \frac{dI}{dt} = 34R + 237R$$

$$3 = \frac{E}{R}$$

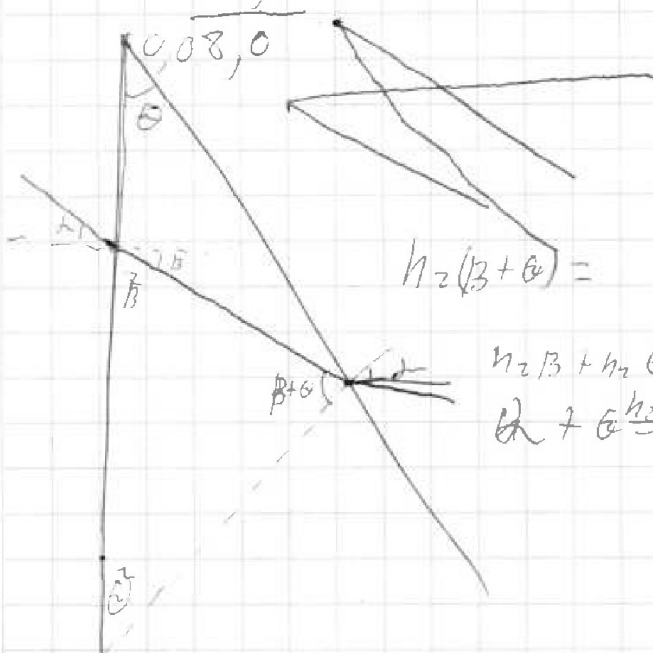
$$E: 24 - 2L \frac{dI}{dt} =$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 7.6 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ + 44 \\ \hline 409 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ + 64 \\ \hline 329 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 289 \\ 80 \\ \hline 369 \end{array}$$



$$h_2(B + G) =$$

$$h_2 B + h_2 G = 17.7$$

$$h_2 + G h_2 =$$

$$G(B + G) =$$