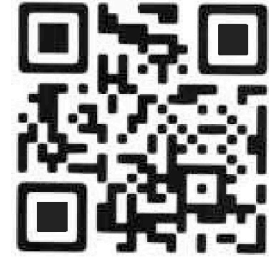




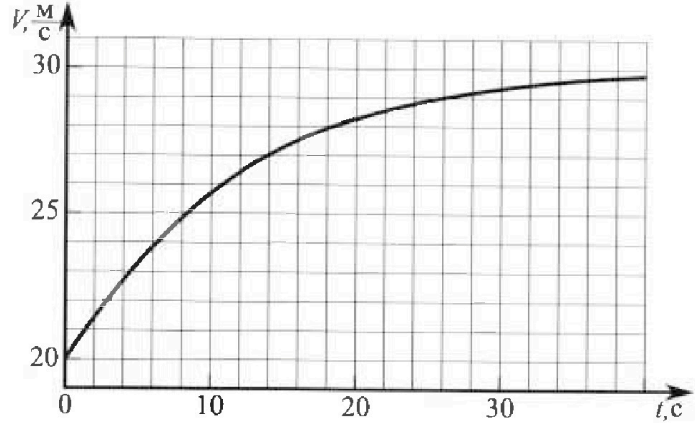
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

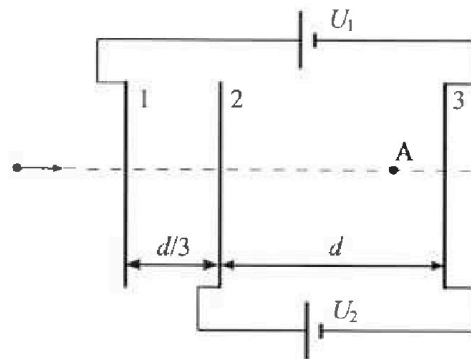
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделен тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент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

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворенного газа в объеме жидкости v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объем жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/($\text{м}^3 \cdot \text{Па}$). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объема 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.

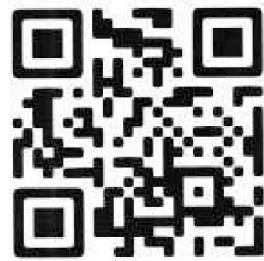
2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

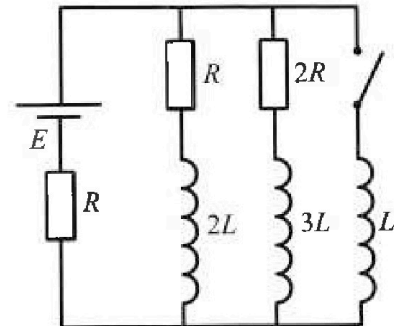
Вариант 11-02

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

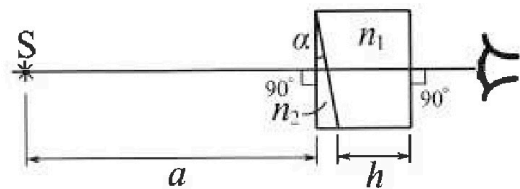


4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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



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



Дано
 $F_k = 405 \text{ Н}$

$m = 300 \text{ кг}$

$v_1 = 23 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Решение
 v



F_c - сила сопротивления
 F_d - сила, совершающая работу

1) Из графика

можно найти, что максимум скорости v_1 равен

$t_1 = 74 \text{ с}$. Дальность s

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

можно с помощью теоремы Пифагора найти, что график линейный, причем можно считать, что график имеет вид прямой.

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

$$y = kx + b$$

$$23,5 = 76x + b$$

$$y = x + b \rightarrow \text{наим. ур-ние}$$

$$27 = 74x + b$$

$$0,5 = 2x + b$$

в тем x будем находить
 найдем $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$$x = 0,25$$

2) Запишем II-ой закон Ньютона

Запишем II-ой закон Ньютона

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

для конечной скорости

$$F_d v_1 = W$$

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

$$F_d v_2 = W$$

$$F_d v_1 = W$$

$$F_d' = F_k$$

$$F_d' v_2 = W$$

$$F_d v_1 = F_k v_2$$

Из графика видно, что скорость увеличивается и значит $v_2 = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, чтобы в конечном состоянии достиг v_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 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!

27 программист

$$m a = F_{\text{г}} - F_1$$

$$F_1 = F_{\text{г}} - m a = \frac{F_{\text{к}} \sigma_{\text{к}}}{\sigma_1} - m a = \frac{405 \cdot 30}{27} - 300 \cdot \frac{1}{4} = 450 - 75 = 375 \text{ Н}$$

$$3) F_1 \sigma_1 = W_{\text{с}} \quad \frac{W_{\text{с}}}{W} = \frac{F_1}{F_{\text{г}}} = \frac{375}{405} = \frac{25}{27}$$

$$F_{\text{г}} \sigma_1 = W_{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } a = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; F_1 = 375 \text{ Н}; \frac{W_{\text{с}}}{W} = \frac{25}{27}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

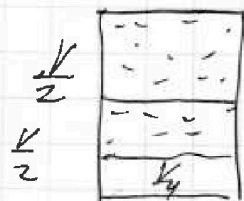
Дано

V
 T_0
 $\frac{V}{4} = V_{atm}$
 $T = \frac{4T_0}{3} = 3 \cdot 300 \text{ K}$

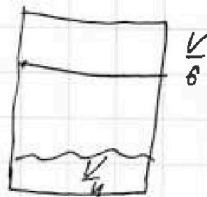
N2

Решение

1)



~~Решение~~
 Выделим одну из частей, заменим борец и рассмотрим газ.



$\frac{V}{5} = V_A$

Найдем объем заменив цилиндр

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

$V_A = \frac{V}{2} \rightarrow$ объем, делая заменим борец.

Заменим уравнение Менделеева-Клапейрона

$p V_4 = \nu_4 R T_0$

$\frac{V_4}{V_A} = \frac{\nu_4}{\nu_A}$

$p V_A = \nu_A R T_0$

$\frac{V}{\frac{V}{2}} = \frac{\nu_4}{\nu_A} \Rightarrow \frac{\nu_A}{\nu_4} = 2$

2) Найдем моментом уменьшения газа, который находится борец в боре

$R T = 3 \cdot 10^3$

$4 \nu = k p \frac{V}{4} = k \nu_4 R T_0 =$

$p V_4 = \nu_4 R T_0 = \frac{3 \cdot 10^3}{5} \cdot \frac{V}{4} \cdot 10^3 =$

$\frac{4}{3} R T_0 = 3 \cdot 10^3$

$R T_0 = \frac{9}{4} \cdot 10^3$

$\frac{p V}{4} = \nu_4 R T_0 = \frac{27}{20} \nu_4$

Заменим уравнение уравнения газа для объема с борец. $V_1' = \frac{4V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{24-10V}{24} = \frac{4V}{72}$

$p V_1' = \nu_4 R T$

$p V_2' = (\nu_4 + 4 \nu) R T$

$p = p_4 + p_{atm}$ ($p_{atm} \rightarrow$ объем паров борец) $T = 300 \text{ K}$.

$\frac{p V}{6} = \nu_4 R T_0$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

| | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

$$\frac{2 P_4 V}{12} = (V_4 + 4V) RT \quad (2) \quad \text{н/з прогнали}$$

$$(1) \cdot (2) \quad \frac{P V}{6 - 2 P_4 V} = \frac{(V_4 + 4V) RT}{12 RT}$$

$$\frac{2 P}{2 P_4} = \frac{4 V V_4}{20 V}$$

$$\frac{2 P}{2 P_4} = \frac{4 V_4}{40}$$

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

329

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

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

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

$$P = P_4 + P_{ATM} = \frac{80 P_{ATM}}{289} + P_{ATM} =$$
$$= \frac{289 + 80}{289} P_{ATM} = \frac{369 P_{ATM}}{289}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

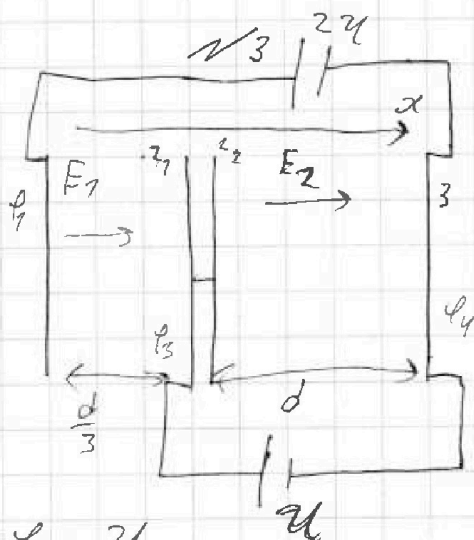


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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 Ньютона для пластин, находимый между обкладками 23

$\sigma \cdot m a_{23} = E_2 q$

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

2) Запишем уравнение движения для пластин между обкладками 23

$d = \frac{v_{k3}^2 - v_{k2}^2}{2 a_{23}}$

$2 d a_{23} = v_{k3}^2 - v_{k2}^2 \quad | \cdot \frac{m}{2}$

$m d a_{23} = \frac{m v_{k3}^2}{2} - \frac{m v_{k2}^2}{2}$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



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

№ 3 прообразом

Найти потенциалы точек в зоне II

Заменим II-ой зоной Кротова

$$\varphi_{12} = q E_1$$

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

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

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

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

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

Заменим уравнение энергии

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

$$\frac{d}{3} = \frac{\sigma_{12}^2 - \sigma_0^2}{2 d_{12}} \quad 1 - 2 \varphi_{12}$$

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

$$\sigma_{12}^2 = \frac{2 d_{12} d}{3} + \sigma_0^2$$

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

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

σ_{12} → скорость частицы в центре второй лампы

Заменим

уравнение энергии от лампы 2 до 4

$$\frac{2d}{3} = \frac{\sigma_A^2 - \sigma_{12}^2}{2 d_{23}}$$

$$\sigma_A^2 = \frac{4 d_{23} d}{3} + \sigma_{12}^2 = \frac{4 d_{23} d}{3} + \frac{2 d_{12} d}{3} + \sigma_0^2$$

$$\sigma_A^2 = \frac{4 \cdot 2 q d}{3 m d} + \frac{2 \cdot 3 q \varphi d}{3 m d} + \sigma_0^2$$

$$\sigma_A^2 = \frac{10 q \varphi}{3 m} + \sigma_0^2$$

Объем: $d_{12} = \frac{2 q}{d m}$; $K_3 - K_2 = 2 q \varphi$

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{10 q \varphi}{3 m} + \sigma_0^2}$$

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{10 q \varphi}{3 m} + \sigma_0^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



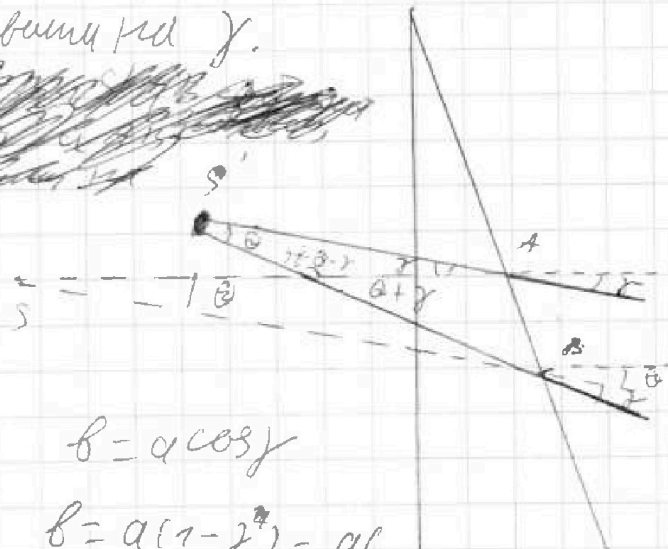
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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



Косинус угла равен отношению, образованной катетами вращенного угла γ .

~~Этот текст зачеркнут и нечитаем.~~



$$b = a \cos \gamma$$

$$b = a \left(1 - \frac{\eta^2}{2}\right) = a \left(1 - \frac{0,25}{2}\right) = a(1 - 0,075) =$$

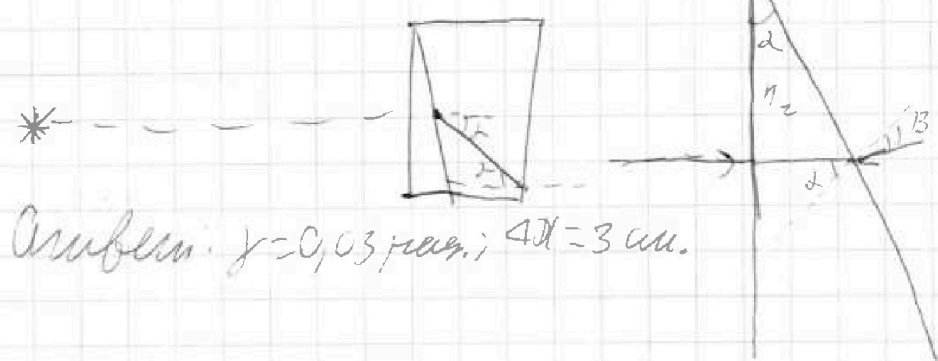
$$= a(1 - 0,075) = 7,943 \text{ см.}$$

$$a - b = 2 \text{ см} - 7,943 \text{ см} = 3 \text{ см}$$

Закон Снеллиуса.

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

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



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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

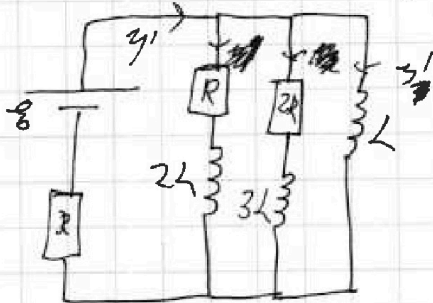
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Учтм. резист.

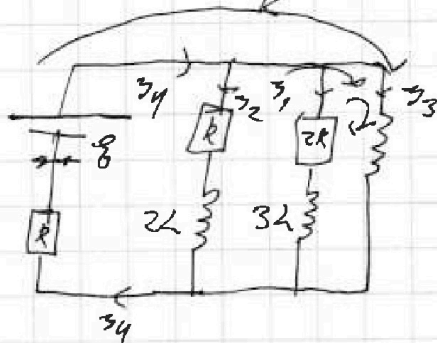
✓ 4 прочитанное (7)



~~В момент времени t=0 индукторы считаем короткими замыканиями~~
 В момент времени t=0 индукторы считаем короткими замыканиями
 индукторы считаем короткими замыканиями
 индукторы считаем короткими замыканиями

В момент времени t=0 индукторы считаем короткими замыканиями

$$I_1 = \frac{E}{3R}; \quad I_2 = \frac{E}{R}$$



II-е направление Кирхгофа

$$-2 \frac{dI_3}{dt} + \frac{dI_2 \cdot 3L}{dt} = -2 I_1 R$$

$$-L \frac{dI_3}{dt} + 2L \frac{dI_2}{dt} = -I_2 R$$

$$I_4 = I_1 + I_2 + I_3$$

$$E - L \frac{dI_3}{dt} = I_4 R$$

$$E - L \frac{dI_3}{dt}$$

$$E - L \frac{dI_3}{dt} = I_1 R + I_2 R + I_3 R$$

~~$$E - L \frac{dI_3}{dt} = \frac{3L}{2} \frac{dI_1}{dt} + \frac{L dI_2}{dt} + \frac{L dI_3}{dt}$$~~

~~$$E - L \frac{dI_3}{dt} = \frac{3L}{2} \frac{dI_1}{dt} + \frac{L dI_2}{dt} + \frac{L dI_3}{dt}$$~~

$$I_1 = \frac{dI_1}{dt}$$

$$-L \frac{dI_3}{dt} + 3L \frac{dI_1}{dt} = -2 I_1 R \quad | \cdot dt$$

* Умножив на dt
 получим уравнение
 во времени.

$$\int_0^t -L dI_3 + 3L dI_1 = -2 I_1 R \quad *$$

$$-L(I_3 - 0) + 3L(0 - I_{20}) = -2 I_1 R \quad | (-1)$$



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!

24 программа (2)

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

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

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

Ответ: $z_0 = \frac{E}{5R}$; $\frac{dz}{dt} = \frac{2E}{5L}$
 $q_1 = \frac{4EL}{5R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

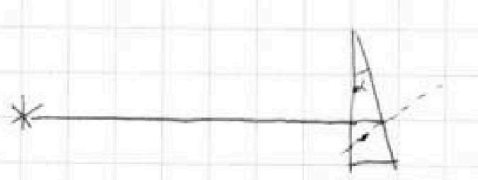
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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) N 5



Прямая при входе луча
перпендикулярна поверхности
и т.д. Это значит, что закон
Снеллиуса

Если $n_1 = n_2$, то прямая.
Кан свет при входе
из воздуха в воду
и т.д. Это значит
Снеллиуса
 $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$
 $\sin \alpha = \sin \beta$

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

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

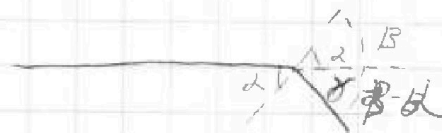
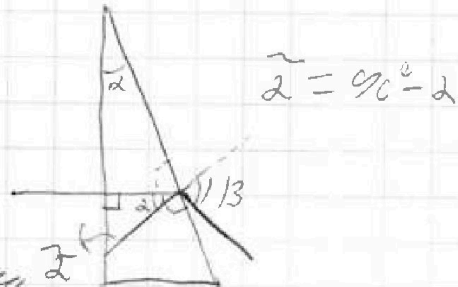
$$\text{то } \sin \alpha \approx \alpha$$

$$\alpha n_2 = \beta n_1$$

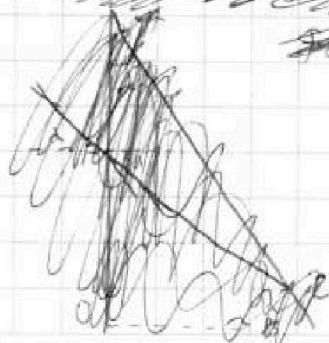
$$0,05 \cdot 1,6 = \beta n_1$$

$$\beta n_1 = 0,08 \quad \beta = 0,08$$

$$\gamma = \beta - \alpha = 0,03 \rightarrow \text{малый угол отклонения луча.}$$



2) ~~Снеллиуса~~



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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



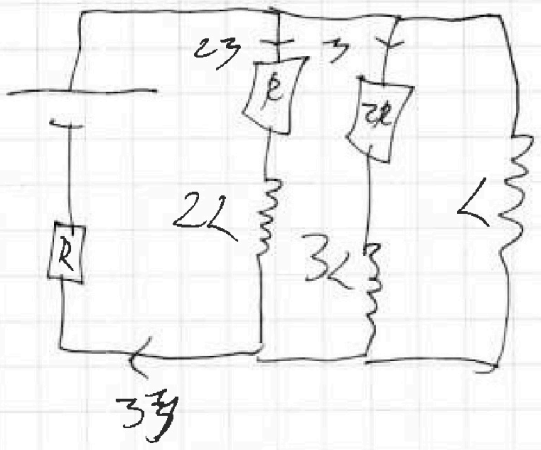
черновик

$$\begin{array}{r} 405 \overline{) 9} \\ 36 \quad \underline{45} \\ 45 \end{array}$$

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

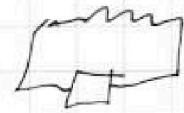
$$\begin{array}{r} 375 \overline{) 95} \\ 30 \quad \underline{25} \\ 25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 405 \overline{) 95} \\ 30 \quad \underline{24} \\ 705 \end{array}$$



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

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



$$2L I = 4R$$

$$E: -L \frac{dI_1}{dt} = 3R + 2R$$

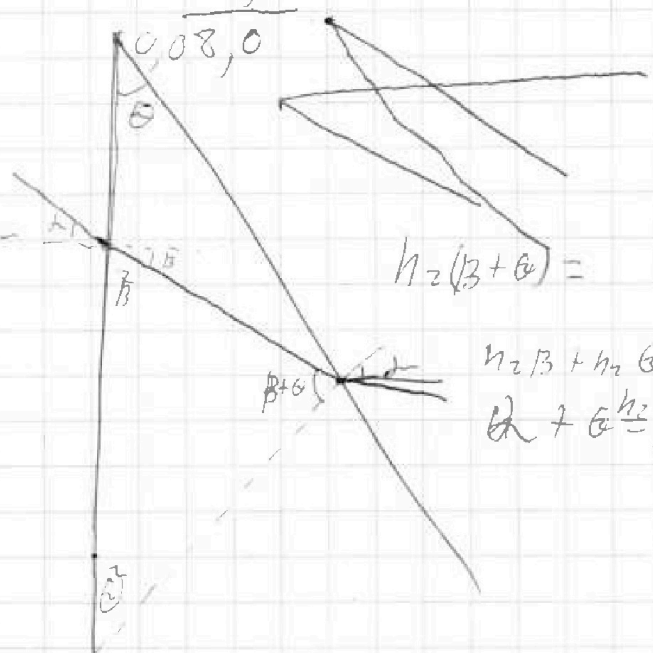
$$I = \frac{E}{R}$$

$$E: 2L - 2L \frac{dI_2}{dt} =$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 7,6 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ + 4 \\ \hline 40/9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ + 6 \\ \hline 329 \end{array}$$



$$h_2(B+G) =$$

$$h_2 B + h_2 G = 4R$$

$$h_2 + G h_2 = 4R$$

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

$$G B = G - R =$$