



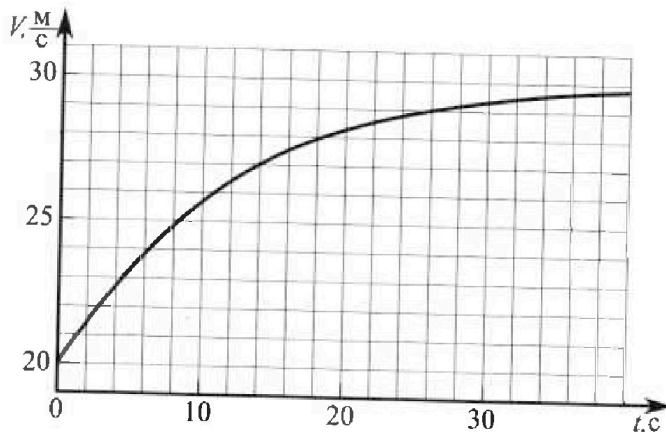
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



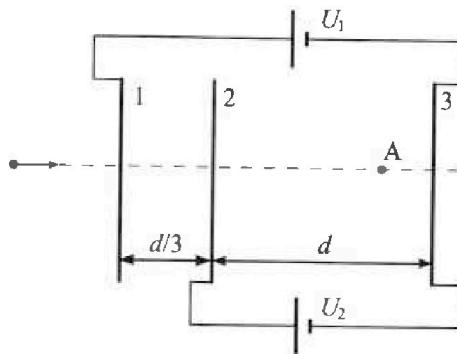
- Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.
 - Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .
 - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости V_1 ?
- Требуемая точность численного ответа на 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 $\Delta\nu$ растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta\nu = k p w$. 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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

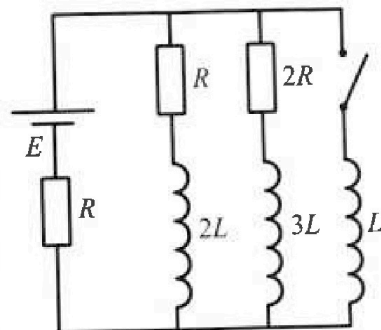
Вариант 11-02

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

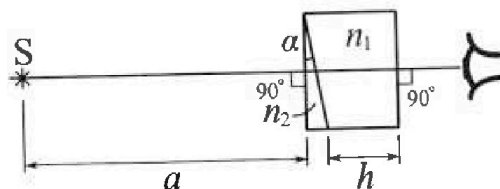
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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.



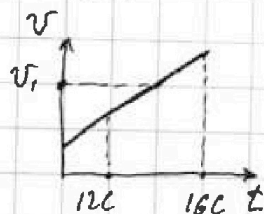
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

1) Будем считать, что за небольшой промежуток времени $v = \text{const}$, $a = \text{const}$, тогда $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$:



$$\Delta t = 16c - 12c; \Delta v \approx 1 \frac{m}{c} \rightarrow a_1 = \frac{1 \frac{m}{c}}{4c} = 0,25 \frac{m}{c^2}$$

2) Заметим, что в конце разгона $v_k = 30 \frac{m}{c}$ и $\bar{a} = \bar{v} = \text{const}$,

тогда по 2-му 3-му Ньютона: $\bar{F} + \bar{F}_k = 0$ или $F = F_k$,
где $F = \frac{N}{v_k}$, где N в свою очередь мощность, передаваемая на
ведущее колесо $\rightarrow \frac{N}{v_k} = F_k \rightarrow N = v_k F_k$.

Запишем 23Н для колеса, когда $v = v_1$: $F_k - F_1 = ma$, где
 $F_k = \frac{N}{v_1}$, т.е. $\frac{N}{v_1} - F_1 = ma$, $\rightarrow F_1 = \frac{N}{v_1} - ma = \frac{v_k F_k}{v_1} - ma = 450 \text{ Н} - 75 \text{ Н} =$
 $= 375 \text{ Н}$

3) Будем считать $N_1 = N - N_i$, где N_i — мощность идущая на преодоление
силы сопротивления, считаемся: $\frac{N_1}{v_1} = ma$, $\rightarrow N - N_i = ma v_1 \rightarrow$
 $\rightarrow N_i = N - ma v_1$

$$\text{Тогда искомая вел-ка } \beta = \frac{N_i}{N} = \frac{N - ma v_1}{N} = 1 - \frac{ma v_1}{v_k F_k} = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$$

Ответ: 1) $a_1 = 0,25 \frac{m}{c^2}$ 2) $F_1 = 375 \text{ Н}$ 3) $\beta = \frac{5}{6}$



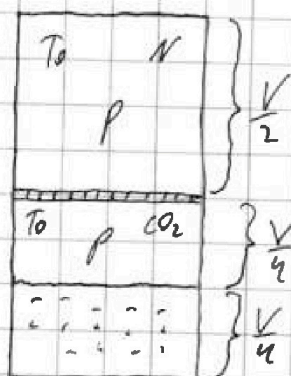
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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)



$$P = P_{CO_2} = P_N = \frac{2P_0 R T_0}{V} \rightarrow J_N = \frac{P V}{2 R T_0}$$

$$J_{CO_2} = \frac{P V}{4 R T_0} + \frac{K P V}{4} = \frac{P V}{4} \left(K + \frac{1}{R T_0} \right)$$

$$\frac{J_N}{J_{CO_2}} = \frac{4 P V}{2 R T_0 \cdot P V \left(K + \frac{1}{R T_0} \right)} = \frac{2}{R T_0 K + 1}$$

$$= \frac{5}{16} \cdot \frac{5}{4}$$

Answer 1) $\frac{J_N}{J_{CO_2}} = \frac{5}{16} \cdot \frac{5}{4}$

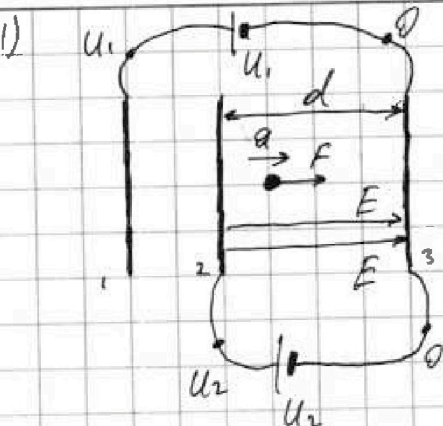
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



E - напря-ть $ЭП$ м/у 2-ой и 3-ей сеткой

$$E = \frac{U_2 - 0}{d} = \frac{U}{d}$$

$$\text{ЗЗК: } F = ma, \text{ где } F = E \cdot q \rightarrow \\ \rightarrow Eq = ma \rightarrow a = \frac{qU}{dm}$$

метод потенциалов

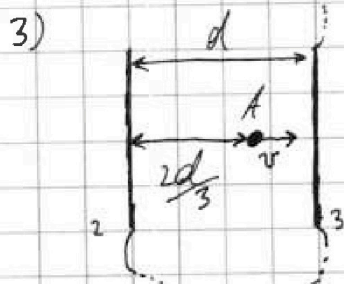
2) Запишем ЗСЭ для начального момента q и момента u и момента края 2-ой сетки, аналогично для момента края 3-ей сетки:

$$K_0 = K_2 + \varphi_2 q$$

$$K_0 = K_3 + \varphi_3 q$$

$$K_3 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_3); \varphi_2 = U_2, \varphi_3 = 0 \rightarrow \\ \rightarrow K_3 - K_2 = qU = qU$$

K_0 - кин. кин. эн-ия
 φ_2, φ_3 - потенциалы q на 2-ой и 3-ей сетках соответственно



Запишем ЗСЭ для начального момента u и момента когда частица оказалась в (.) A:

$$K_0 = K_A + \varphi_A q$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \varphi_A q; U_2 - \varphi_A = \frac{2d}{3} \cdot E \rightarrow$$

$$\rightarrow \varphi_A = U - \frac{2dE}{3} = \frac{U}{3}$$

Получаем, что: $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{qU}{3} \rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$

Ответ: 1) $a = \frac{qU}{dm}$ 2) $K_3 - K_2 = qU$ 3) $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$



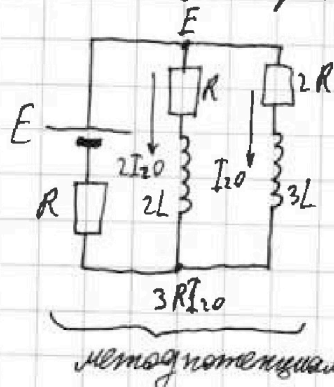
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

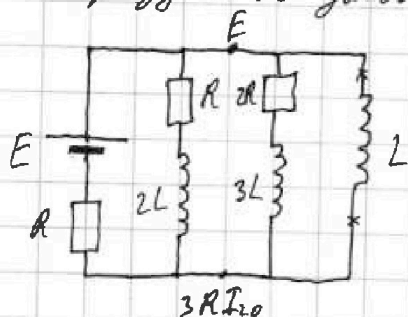
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Печать QR-кода недоступна!

1) В steady-аке решение $U_{2L} = U_{3L} = 0$:



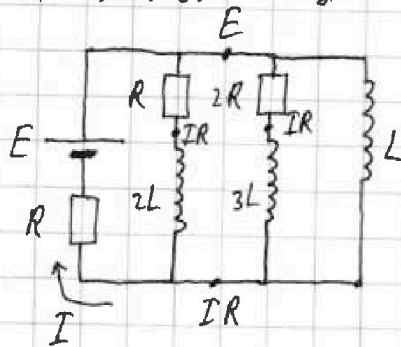
$$E = 3I_{20} \cdot R + 2R \cdot I_{20} \rightarrow I_{20} = \frac{E}{5R}$$

2) Сразу после замыкания ключа $I_L = 0$, а также $I_{2L} = 2I_{30}$ и $I_{3L} = I_{30}$:



$$U_L = E - 3RI_{20} = \frac{2}{5}E, U_L = L\dot{I} \rightarrow \dot{I} = \frac{2E}{5L}$$

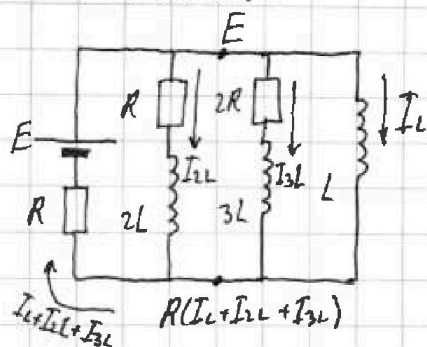
3) В новом steady-аке решение $U_L = U_{3L} = U_{2L} = 0$:



$$U_L = E - IR = 0 \rightarrow I = \frac{E}{R} = I_L(\text{уст})$$

Заметим, что через $2L$ и $3L$ ток течет.
 $I_{2L}(\text{уст}) = I_{3L}(\text{уст}) = 0$

Рассмотрим произвольный момент времени после замыкания ключа:



$$U_L = U_{2R} + I_{3L}, L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = 2R \cdot I_{3L} + L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t} \rightarrow L \Delta I_L = 2R \Delta I_{3L} + L \Delta I_{3L} (*)$$

Продифференцируем (*) от момента замыкания ключа до момента установления нового steady-ака:
 $L(I_L(\text{уст}) - 0) = 2R \cdot q_{2R} + L(I_{3L}(\text{уст}) - I_{30})$
 $L \frac{E}{R} = 2R q_{2R} + L(-\frac{E}{5R}) \rightarrow$



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!

$$\rightarrow q_{2R} = \frac{6LE}{10R^2} = \frac{3LE}{5R^2}$$

$$\text{Ответ: } 1) I_{10} = \frac{E}{5R} \quad 2) \dot{I} = \frac{2E}{5L} \quad 3) q_{2R} = \frac{3LE}{5R^2}$$



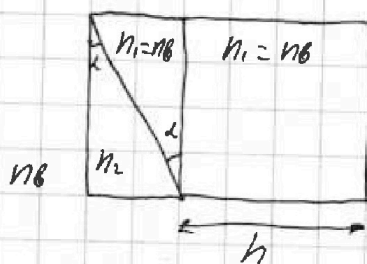
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

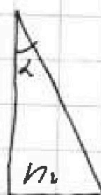
МФТИ

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

1)

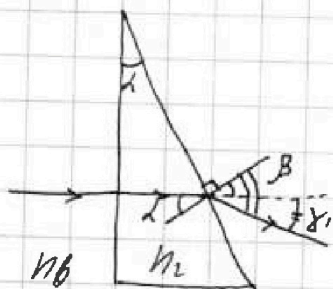


эквивалентно

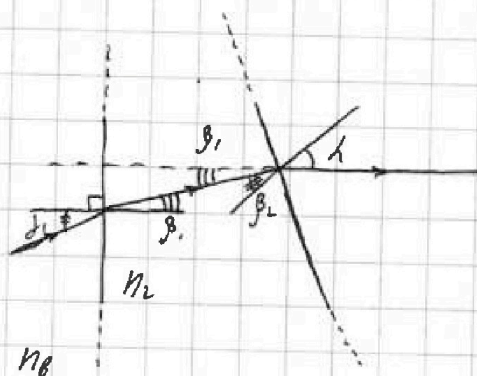
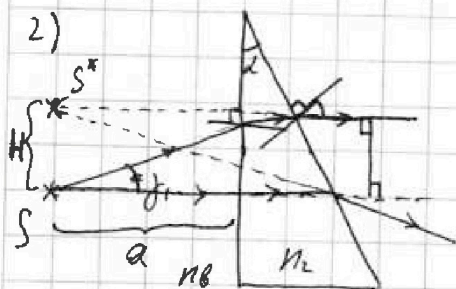


3-я схема: $n_2 \sin \alpha = n_6 \sin \beta \rightarrow \sin \beta = \frac{n_2 \sin \alpha}{n_6}$
т.к. углы малые: $\beta = \frac{n_2}{n_6} \alpha$

$\gamma_1 = \beta - \alpha = \alpha \left(\frac{n_2}{n_6} - 1 \right) = 0,03 \text{ рад}$



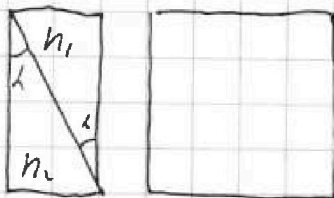
2)



$n_2 \sin \beta_2 = n_6 \sin \alpha \rightarrow \beta_2 = \frac{\alpha}{n_2} \rightarrow \beta_1 = \alpha - \beta_2 = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2} \right)$

$H = a \cdot \sin \gamma_1 \approx a \cdot \alpha \left(\frac{n_2}{n_6} - 1 \right) = 0,27 \text{ мм} \approx 0,3 \text{ мм}$

3) Разобьем призму с пок-ем преломления n_1 на ПППи призму подобную призме с пок-ем преломления n_2 :



Получившаяся призма, аналогично призме с пок-ем преломления n_2 будет отклонять лучи на угол (от первоначального направления):

$\gamma_2 = \alpha \left(\frac{n_1}{n_6} - 1 \right) = 0,04 \text{ рад}$, но

уже в другую сторону (если 1-ая призма отклоняла лучи "вниз" на угол γ_1 , 2-ая призма будет отклонять лучи "вверх")

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

МФТИ

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

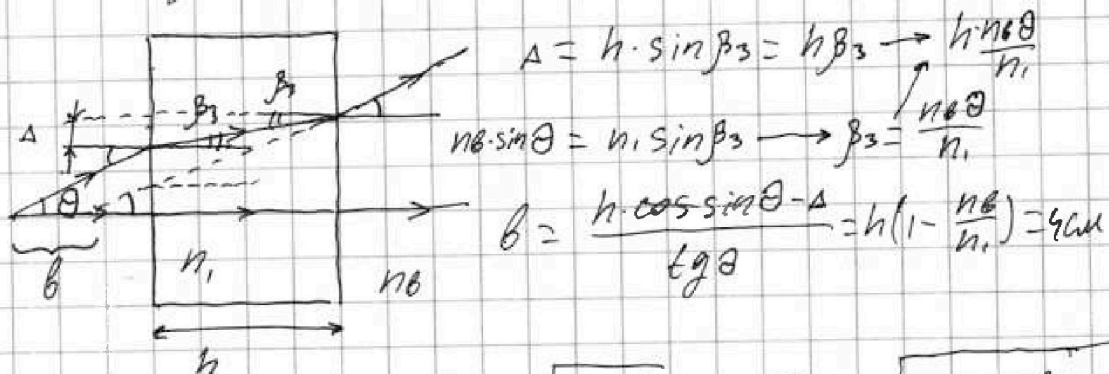
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Однако, формула для γ_z верна, только в том случае, если μ_z всеми призмами "вставлена" плоская, воздушная, плоскопараллельная пластинка.

Получается, для того, чтобы луч выходил из верхних
2-ух частей призма параллельно прямой "источник-глаз",
необходимо направить его под углом $\gamma_1 - \gamma_2$ к этой
прямой.

Из п.2 следует, что в таком случае изображение источника будет смещено перпендикулярно прямой на рас-ие $x = |a(j_1 - j_2)| = 0,03 \text{ см} \approx 3 \text{ мм}$

После чего луч попадет в ППП с пок-ей преломления n :



б-связь по прямой $\rightarrow c = \sqrt{x^2 + b^2} = 475 \text{ см} \sqrt{(a \cdot (m - m_1))^2 + \left(\frac{h \cdot m_1}{m_1}\right)^2}$
 $= 475 \text{ см}$

Problem: 1) $\mu_r = 0,03$ 2) $K = 6 \text{ cm}$ 3) $C = 4\sqrt{5} \text{ cm}$



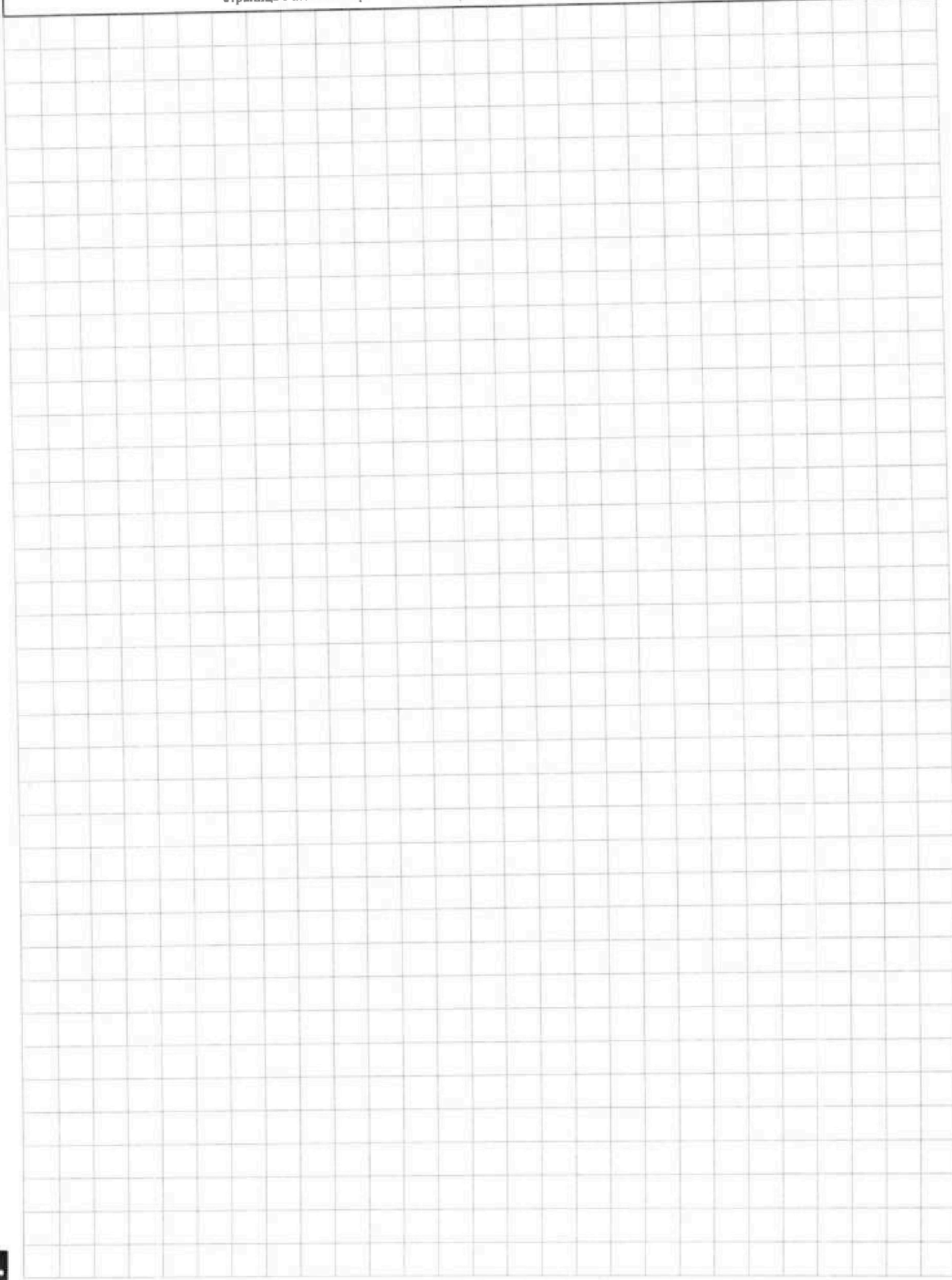
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



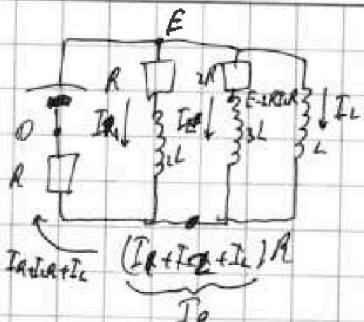
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

3)



$$E - RI_R + U_L - RI_R - RI_L - RI_C = 0$$

$$E - RI_R + (RI_R - R(I_R + I_L + I_C)) = U_L$$

$$E - R(I_R + I_L + I_C) = \frac{L}{\Delta t} \frac{dI_L}{dt}$$

$$2RI_R + U_L = U_L$$

$$U_L = 2RI_R - RI_C = 2RI_L - RI_R - RI_L - RI_C = R(I_L - I_R - I_C)$$

$$L \frac{dI_L}{dt} = R(3I_R + I_L - I_C)$$

$$L(I_R - 0) = R(3q_2 + q_1 - q_3)$$

$$2RI_L + U_{3L} = U_L$$

$$2RI_L = L \frac{dI_L}{dt} + 3L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

$$2R(I_{3L} + I_L) = L(I_R - 0) + 3L(0 - I_{3L})$$

$$q = \frac{L(I_R - 3LI_{3L})}{2R}$$

$$R \left(2 + \frac{1}{R \tau_0} \right) = R \tau_0 (k + 1)$$

$$4 \cdot 10^3$$

$$\Delta T_a = \frac{4R \tau_0}{3}$$

$$RI_L + U_L = U_L$$

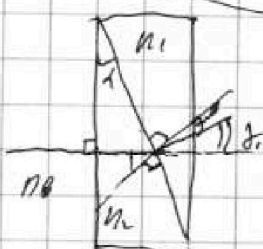
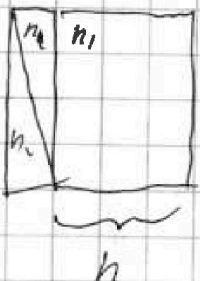
$$U_L = RI_L - R(I_R + I_L + I_C)$$

$$dR(I_R - I_L - I_C) = L \frac{dI_L}{dt}$$

$$2RI_L = R(q_1 - q_2 - q_3)$$

5)

1)



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

$$\beta_1 = L \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right)$$

$$\beta_1 = L - \beta$$

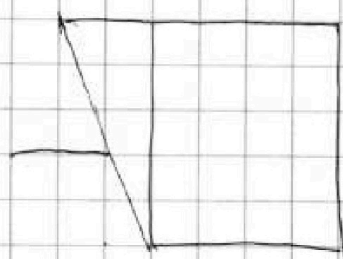
$$\left(L \left(L^{(n_2-1)} - L^{(n_1-1)} \right) \right)^2$$

$$L^{n_2-2} + L - L^{(n_1-1)}$$

$$\left(\alpha L^{(n_2-n_1)} \right)^2$$

$$1) \beta_1 = L(n-1)$$

2)



решение которой представлено на странице:

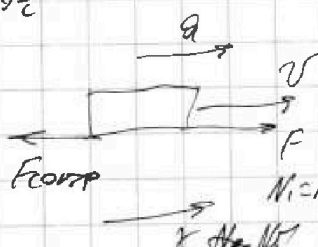


МФТИ

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!

$$v_0 = 19 \frac{t}{c}$$



$$ma = F - F_{\text{comp}}$$

$$m \frac{dv}{dt} = F - F_{\text{comp}}$$

~~FS = N~~ ~~FS = N~~
FS = N FS = N

$$\frac{KL \cdot M}{C^2 C} = \frac{KL \cdot M}{C^2} \cdot \frac{1}{C} \quad \checkmark$$

$$F = \frac{N}{25}$$

$$t = 14 \text{ s} \text{ and } v = v_c = 28 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad N - N_1 = m a_c v_1 \quad F = F_k$$

из параметров

$$X_A = 0,25 \frac{A}{L}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = n a_1$$

$$N = F_k V$$

$$\frac{N_1}{N} = \frac{\frac{m_a V_1}{n}}{\frac{m_a V_2}{n}} = \frac{9.75 \text{ K}}{10.25 \text{ K}} = \frac{9.75}{10.25} = \frac{4}{5} = \frac{2}{5}$$

$$2) F_1 = F_k - ma = 330 \text{ P}$$

425A 75H

$$\frac{m \cdot v}{\Delta t} = F_k - \mu v$$

$$m_A v = \sqrt{k_A} t - K v_A t$$

3) $\mu Q = F, F = \frac{N_E}{25}$

$$m_k \frac{v_k F_k}{r_k} - F_1 = ma$$

$$N_E = N_0 - N$$

N. 2
No.

3) $F = mg$

$$\frac{q_u}{d} = m \rightarrow a = \frac{q_u}{dm}$$

$$c) \frac{m v_0^2}{2} = \phi_0 + \frac{m v^2}{2}$$

$$2R_{gr} = \frac{6LE}{5R} \text{ or}$$

$$\frac{LI}{dt} = B$$

$$K_0 = 0.4 K_2$$

$$K_0 = p_{30} + K_3$$

$$U - \varphi = E \cdot \frac{rd}{3} \rightarrow \varphi = U - E \frac{rd}{3}$$

$$v^2 = v_0^2 - \frac{2ga}{3m}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = PA_9 + \frac{mv^2}{2} \rightarrow$$

$$\phi_A = \frac{u_2}{3}$$

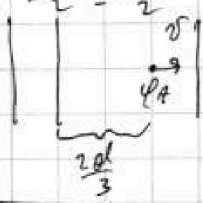
$$\frac{10}{9} \cdot 405 = \frac{10}{9} \cdot 45 \cdot 9 =$$

$$V_1 + Q_2 = V_2 + Q_1$$

$$K_1 = K_2 = \frac{1}{2}$$

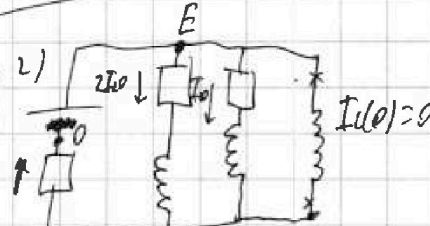
$$\frac{3}{8}$$

31



$$SIR = E - (I_u + SR)$$

$$U_{L(0)} = E - 3I_0 R = \frac{2}{8} E = \frac{1}{4} E \Rightarrow I = \frac{2E}{5L} \quad 3I_0 R$$





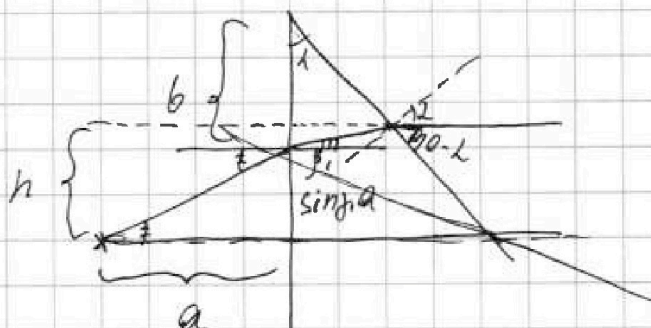
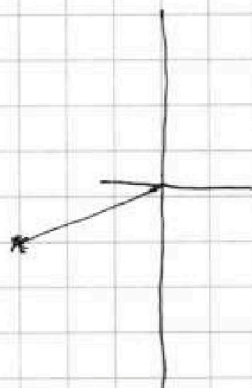
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

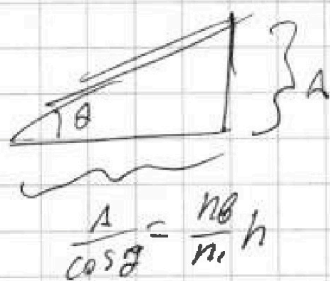
МФТИ

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

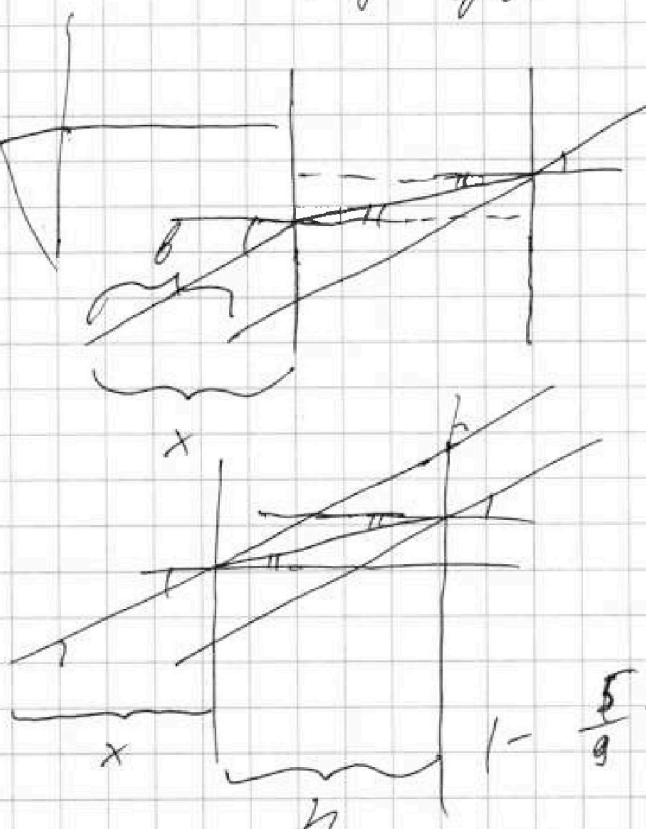


$$\frac{A}{\operatorname{tg} \theta} = h \frac{n_2}{n_1}$$

$$b \cdot \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha \cdot g_1 = b \cdot \beta_1 = 2L \left(1 - \frac{1}{n_1}\right)$$



$$\frac{A}{\cos \theta} = \frac{n_2}{n_1} h$$



$$1 - \frac{5}{9} = \frac{4}{9}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

