



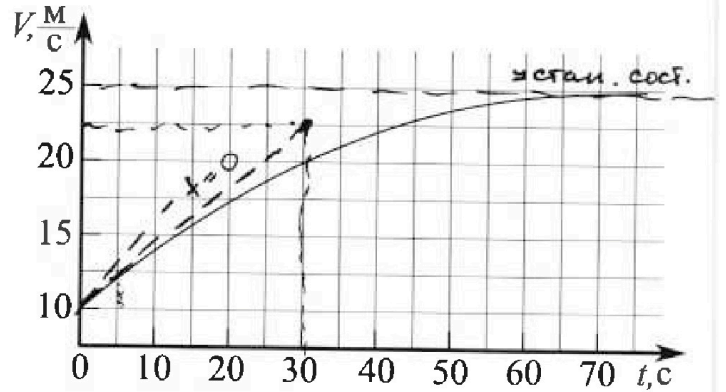
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

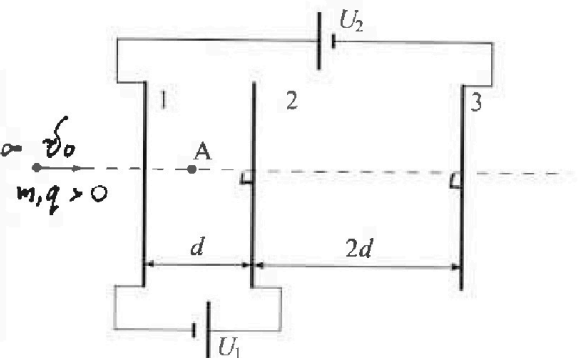
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

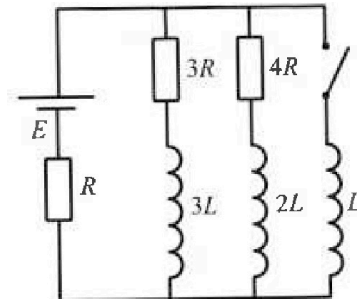
Вариант 11-03

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

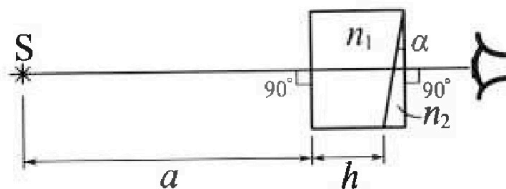
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.



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!

N1

Дано

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

1) $a_0 = ?$

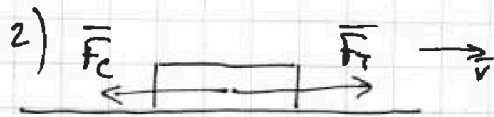
2) $F_0 = ?$

3) $P_0 = ?$

Решение

$$1) \bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt}$$

$$a_0 = v_0'(0) = k \approx \frac{15}{30} = 0,5 \text{ м/с}^2 \text{ (см рше. учн.)}$$



$$\bar{F}_c = -k\bar{v}$$

$$F_c = kv$$

$$2) \text{ЗН: } \bar{F}_T + \bar{F}_c = m\bar{a}$$

$$F_T - kv = ma$$

При $t > 75 \text{ с}$ $a \approx 0 \Rightarrow F_k - kV_{\text{уст}} = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow k = \frac{F_k}{V_{\text{уст}}} = \frac{600}{25} = 24$$

при $a = 0$

$$F_0 = kv_0 + ma_0 = 990 \text{ Н}$$

3) $P_0 = F_0 v_0 = 9900 \text{ Вт}$

Ответ:

1) $0,5 \text{ м/с}^2$

2) 990 Н

3) 9900 Вт

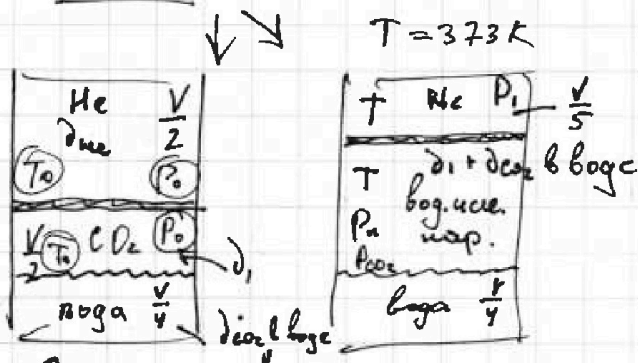
1 2 3 4 5 6 7

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



№2

Дано:



Найти:

$$\frac{d_{He}}{d_1} = ?$$

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

Помехи ↑ теплопр. и невесомый (T_0 — темп. пар., $P_0 = \frac{1}{2}$ атм)

$$d_{CO_2 \text{ в воде}} = k P_0 \frac{V}{4}$$

$$1) \begin{cases} P_0 \cdot \frac{V}{2} = d_{He} R T_0 \\ P_0 \cdot \frac{V}{4} = d_1 R T_0 \end{cases}$$

↑ поделим

$$\frac{d_{He}}{d_1} = 2$$

2) В сост. 2 пар пар. явл. идеальн. (T=373K) ⇒ P_{нн} = P_{атм} = 2 P₀.

$$P_1 \frac{V}{5} = d_{He} R T$$

$$\begin{cases} P_{CO_2} \cdot \frac{V_{CO_2}}{4} = (d_1 + d_{CO_2}) R T \\ \frac{11}{20} V (V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}) \end{cases} \Rightarrow P_{CO_2} = \frac{20}{11V} (d_1 + d_{CO_2}) R T$$

$$P_1 = P_n + P_{CO_2}$$

$$\frac{5 d_{He} R T}{V} = 2 P_0 + \frac{20}{11V} (d_1 + d_{CO_2}) R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\text{черновик}) \frac{T}{T_0} = \frac{10 k R T + 44}{45} = \frac{59}{45}$$

Ответ:

- 1) $\frac{d_{He}}{d_1} = 2$
- 2) $\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$

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!



№3

Дано:

рис-ок;

$d, 2d$

$U_1 = U$

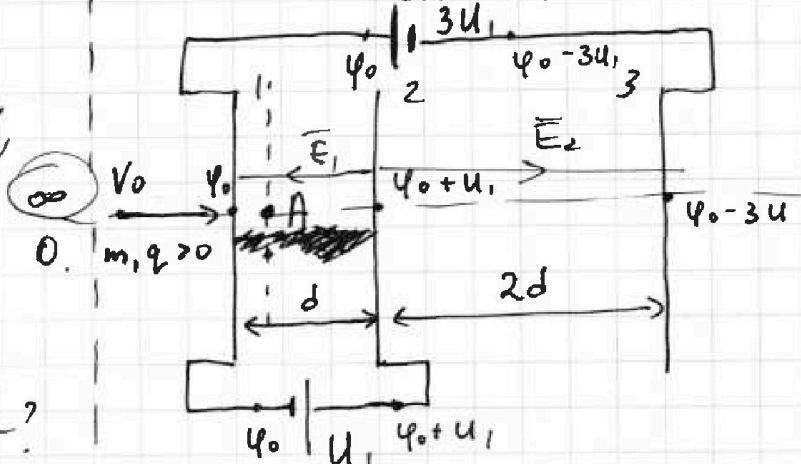
$U_2 = 3U$

1) a - ?

2) $k_1 - k_2$ - ?

3) $\psi(A)$ - ?

Решение



1) $E_1 = \frac{\psi_0 - U_1 - \psi_0}{d} = \frac{U_1}{d}$

$E_2 = \frac{\psi_0 + U_1 - (\psi_0 - 3U_1)}{2d} = \frac{4U_1}{2d} = \frac{2U_1}{d}$

2) $3U_1: \begin{cases} F_1 = ma, \\ F_1 = E_1 q = \frac{U_1 q}{d} \end{cases}$

$\Rightarrow a_1 = \frac{U_1 q}{m d}$

2) ЗСЭ: $k_1 + \psi_0 q = k_2 + (\psi_0 + U_1) q$

$k_1 - k_2 = U_1 \cdot q$

3) $\psi_A - \psi_0 = E_1 \frac{d}{4} = \frac{U_1}{4}$

?

.

.

Ответ: 1) $q_1 = \frac{U_1 q}{m d} = \frac{4q}{m d}$
2) $U_1 \cdot q$
" "
 $U_1 q$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

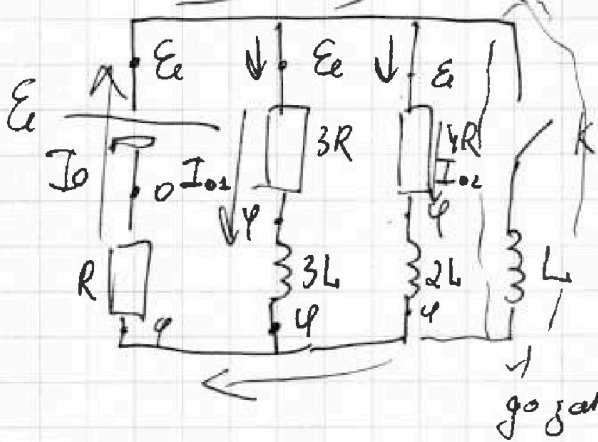
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



14 (метод поперечных сечений)



$$\begin{cases} I_0 = I_{01} + I_{02} \\ I_0 = \frac{U}{R} \\ I_{01} = \frac{E - \varphi}{3R} \\ I_{02} = \frac{E - \varphi}{4R} \end{cases} \Rightarrow$$

Дано:

R
L
E

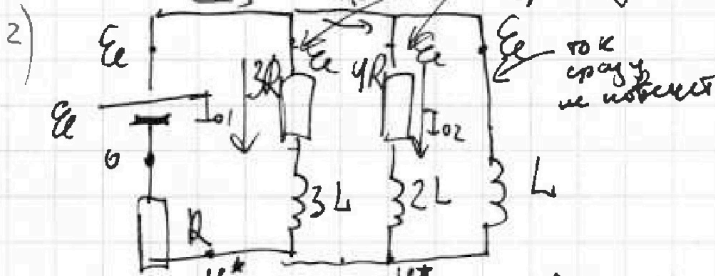
$I_{01} - ?$
 $I'(0) - ?$
 $q - ?$

до замыкания. все расем.

$$\Rightarrow \varphi = \frac{7(E - \varphi)}{12} \Rightarrow \left[\varphi = \frac{7}{19} E \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_{01} = \frac{4}{19} \cdot \frac{E}{R} \\ I_{02} = \frac{3}{19} \cdot \frac{E}{R} \end{cases} \text{ - ответ}$$

только сразу же увеличивается сразу после замыкания: (t=0)



$$I_0 = I_{01} + I_{02} = \frac{7}{19} \cdot \frac{E}{R}$$

$$\varphi^* - 0 = I_0 R = \frac{7}{19} \cdot \frac{E}{R} \Rightarrow \varphi^* = \frac{7}{19} E$$

$$U_L(0) = E - \varphi^* = E - \frac{7}{19} E = \frac{12}{19} E$$

$$U_L(0) = L \cdot I'_L(0) \Rightarrow I'_L(0) = \frac{U_L(0)}{L} = \frac{12}{19} \cdot \frac{E}{L}$$

ответ

см. продолжение

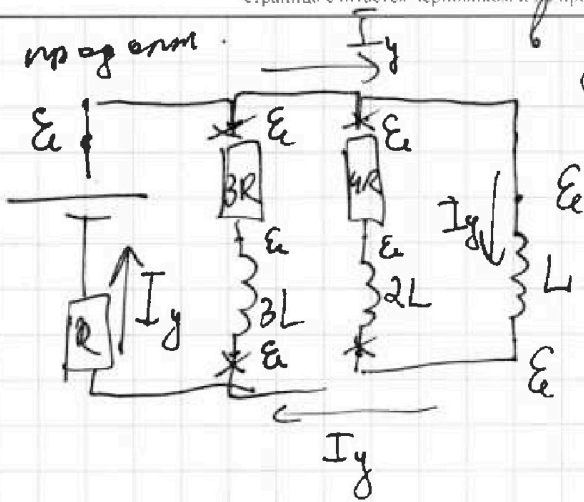
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

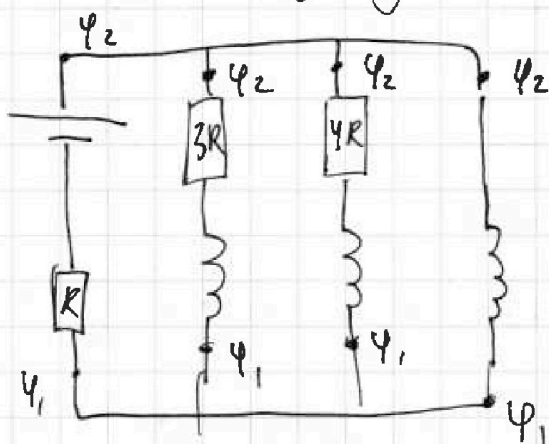
МОТИ

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



$$I_{y0} = \frac{E - 0}{R} = \frac{E}{R}$$

От $t=0$ go устан. сост-ия



$$\varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_2 - \varphi_3 + \varphi_3 - \varphi_1$$

$$= \underbrace{\varphi_3 - \varphi_1}_{I_1(t) \cdot 3R} + u_{3L}(t)$$

$$u_L(t) = 3R \cdot I_1(t) + u_{3L}(t)$$

$$L \frac{\Delta i}{\Delta t} = 3R I_1(t) + 3L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$L \cdot \Delta i = 3R \cdot \Delta q + 3L \Delta I_1$$

$$L \cdot \Delta i = 3R \Delta q + 3L \Delta I_1$$

отсюда $\frac{E}{R}$ просто вычислить! $\text{от } \frac{E}{R} \text{ go } q=0$

$$L \sum \Delta i = 3R \sum \Delta q + 3L \Delta I_1$$

$$L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) = 3R q + 3L \left(0 - \frac{4E}{19R} \right)$$

$$\frac{L E}{R} = 3R q - \frac{12}{19} \cdot \frac{4E}{R} \Rightarrow$$

Ответ:

1) $I_{02} = I_{10} = \frac{4}{19} \cdot \frac{E}{R}$

2) $I_L(0) = \frac{12}{19} \cdot \frac{E}{L}$

3) $q = \frac{31}{57} \cdot \frac{4E}{R}$

Не угадал переписал \Rightarrow

$q = \frac{316E}{57R^2}$ (критерий)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

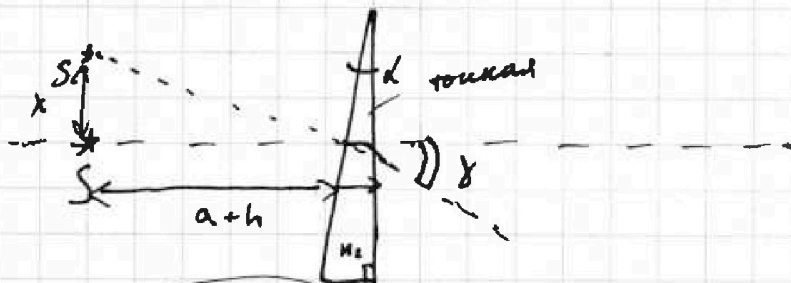
МФТИ

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



№5

1)



$$\delta = \alpha(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$$

Ответ:

1) 0,07 рад

2) 7 см

3) 3 см

2.) $\text{tg } \delta \approx \delta \quad (\text{tg } x \approx x \text{ при } x \rightarrow 0)$

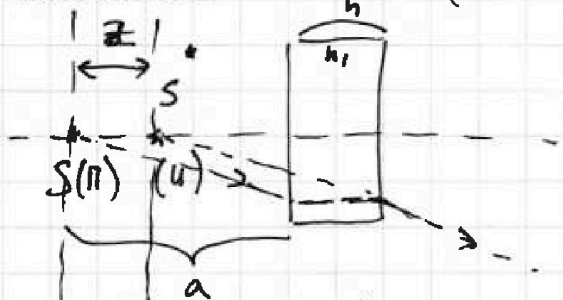
$$\text{tg } \delta = \frac{x}{a+h}$$

$$x \approx \delta(a+h) \approx \alpha(n_2 - 1)(a+h)$$

$$x \approx 0,07 \text{ рад} (0,09 \text{ м} + 0,14 \text{ м}) \approx 0,07 \text{ м} \approx 7 \text{ см}$$

3) Разделим жизнь:

1) Сначала через (1)



$$z = h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right)$$

$$\text{tg } \delta = \frac{y}{a}$$

$$\delta \approx \frac{y}{a}$$

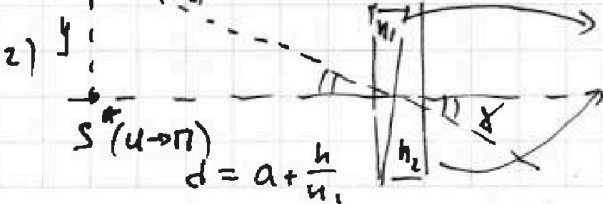
$$y \approx \delta \cdot a$$

$$y \approx \left(a + \frac{h}{n_1}\right) \alpha(n_2 - 1)$$

$$y \approx 0,03 \text{ м}$$

$$z = 0,04 \text{ м}$$

$$d = a - z + h = a - h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) + h = a + \frac{h}{n_1}$$



поворот на $\delta_1 = \alpha(n_1 - 1)$

поворот на $\delta_2 = \alpha(n_2 - 1)$

$n_1 < n_2 \Rightarrow \delta_1 < \delta_2$

$$\delta = \delta_2 - \delta_1 \Rightarrow \delta = \alpha(n_2 - n_1)$$

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

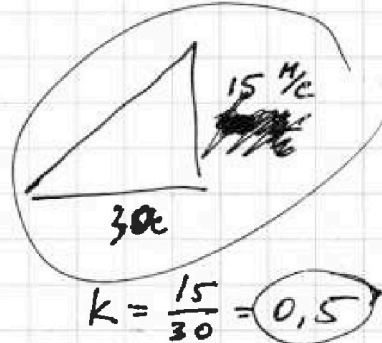
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

√1

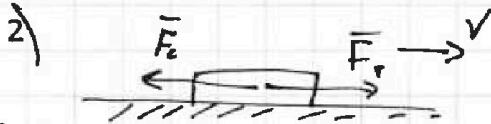
УФР позык

$$1) \bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt}$$

$$a_0 = v_0'(0) = k \text{ (см. рис)}$$



$$a = 0,5 \text{ м/с}^2$$



$$\text{По } OX: F_c = -kv$$

$$\text{2 3 М: } \bar{F}_T + \bar{F}_c = m\bar{a}$$

$$F_c = kv$$

$$F_T - kv = ma$$

$$\text{При } t > 75 \text{ с } a \approx 0 \Rightarrow F_k - kv_{уст} = 0$$

$$k = \frac{F_k}{v_{уст}} = \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

$$F_0 = kv_0 + ma_0$$

$$F_0 = 24 \cdot 10 + 1500 \cdot 0,5 = 990 \text{ Н}$$

$$3) P_0 = F_0 \cdot v_0 = 990 \cdot 10 = 9900 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) 0,5 м/с²

2) 990 Н

3) 9900 Вт

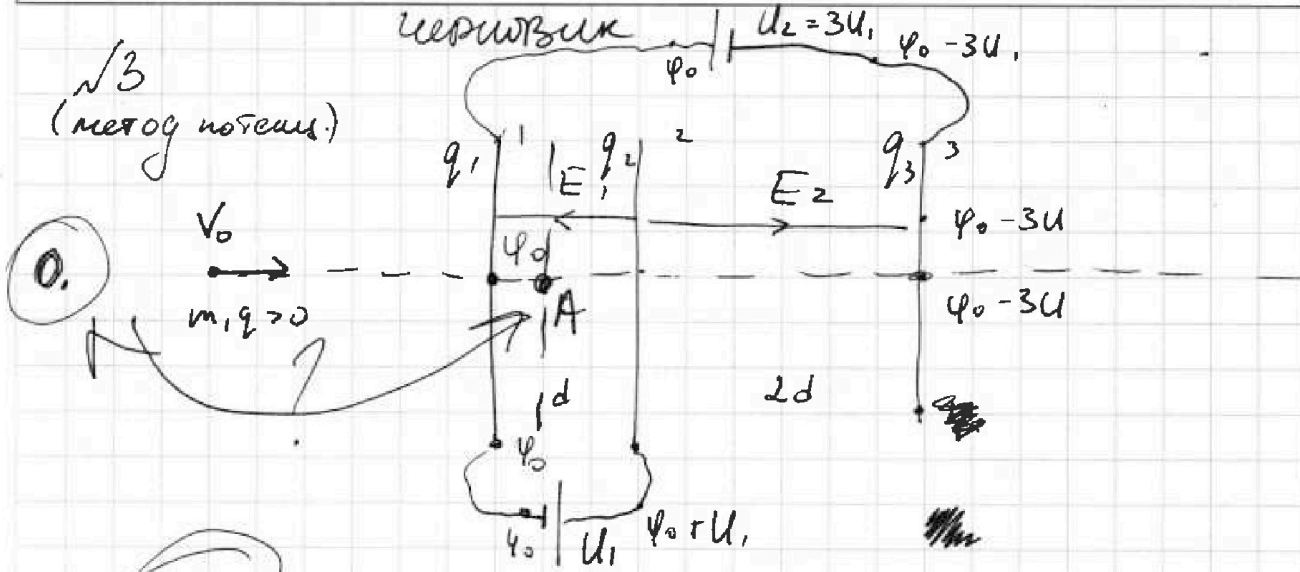
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

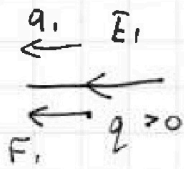
МОТИ



1) 3(3): $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$$E_1 = \frac{\varphi_0 - U_1 - \varphi_0}{d} = \frac{U}{d}$$

$$E_2 = \frac{\varphi_0 + U - (\varphi_0 - 3U)}{2d} = \frac{4U}{2d} = \frac{2U}{d}$$



2) 3(4): $F_1 = ma_1$

~~$F_1 = E_1 q = \frac{U \cdot q}{d}$~~

$F_1 = E_1 q = \frac{U \cdot q}{d}$

$ma_1 = \frac{U \cdot q}{d} \Rightarrow a_1 = \frac{U \cdot q}{m \cdot d}$

2) 3(3): $K_1 + \varphi_0 q = K_2 + (\varphi_0 + U) \cdot q$

$K_1 - K_2 = U \cdot q$

3. $\varphi_A - \varphi_0 = E_1 \cdot \frac{d}{4} = \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{4} = \frac{U}{4}$

~~$\varphi_0 = \dots$~~

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!



Handwritten solution on a grid background:

$$tg \gamma = \frac{y}{x}$$

$$y \approx d \delta$$

$$y \approx \left(a + \frac{b}{n_1} \right) \delta (n_2 - n_1)$$

$$y \approx \left(0,90 + \frac{0,14}{1,4} \right) \cdot 0,1 \cdot (0,3) = 0,03 \text{ м}$$

$$z = h \left(1 - \frac{1}{n_1} \right)$$

$$z = 4?$$

Diagram showing a right-angled triangle with hypotenuse S , vertical side y , and horizontal side x . The angle at the top is γ . A vertical line segment d is drawn from the top vertex to the hypotenuse, forming a smaller right-angled triangle with hypotenuse δ . The angle between the vertical side y and the hypotenuse δ is δ . The angle between the hypotenuse δ and the horizontal side x is $\delta_1 = \delta(n_1 - 1)$. The angle between the hypotenuse δ and the vertical side y is $\delta_2 = \delta(n_2 - 1)$. The angle δ is circled in the diagram.

Other handwritten notes include $S_{\text{сч}}$ and $z = 4$.

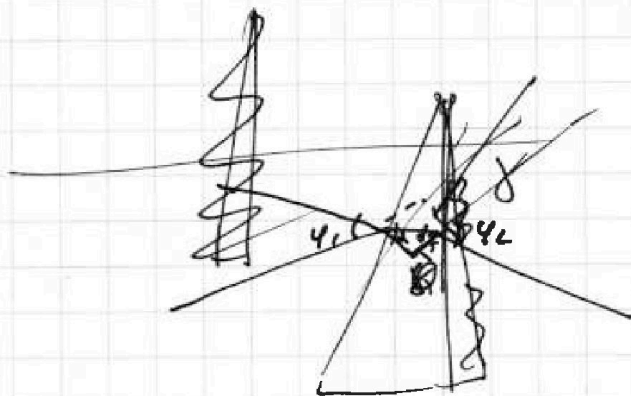
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МОТИ

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



$$n = \frac{314 \cdot \frac{L \cdot E}{57 R_2}}{314 \cdot \frac{L \cdot E}{57 R_1}} = 1.0$$

$$\frac{314}{57} \cdot \frac{L \cdot E}{R} = 3 R \varphi$$

$$2 \frac{L \cdot E}{R} = 3 R \varphi + \frac{12}{57} \frac{L \cdot E}{R}$$

$$\frac{L \cdot E}{R} = 3 R \varphi - \frac{12}{57} \frac{L \cdot E}{R}$$

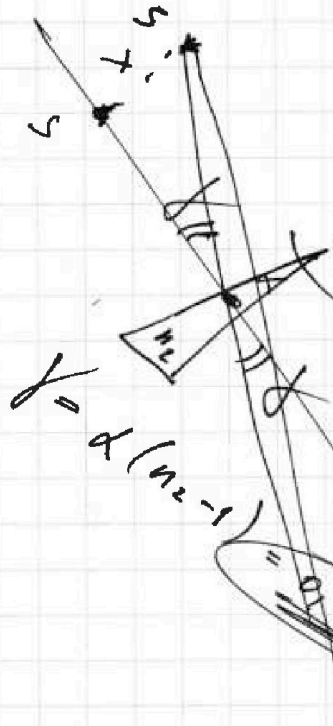
$$1 \cdot \sin \varphi_1 = n \sin \alpha_1$$

$$\varphi_1 \approx n \alpha_1, \quad \varphi_2 = n \alpha_2$$

$$\begin{aligned} \delta &= \varphi_1 - \alpha_1 + \varphi_2 - \alpha_2 \\ &= \varphi_1 + \varphi_2 - (\alpha_1 + \alpha_2) = \\ &= (2\alpha_1 + 2\alpha_2)(n - 1) \end{aligned}$$

$$\delta + \alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$$

$$\delta = (\alpha_1 + \alpha_2)(n - 1)$$



$$\delta = \alpha (n - 1)$$

$$\tan \alpha \approx \delta \quad \alpha \approx \delta (a + b) = 2(n - 1)(a + b)$$

2 задачи

$$d = a + \frac{h}{n_1}$$

$$d = b - \frac{h}{n} + \frac{h}{n_1}$$

