



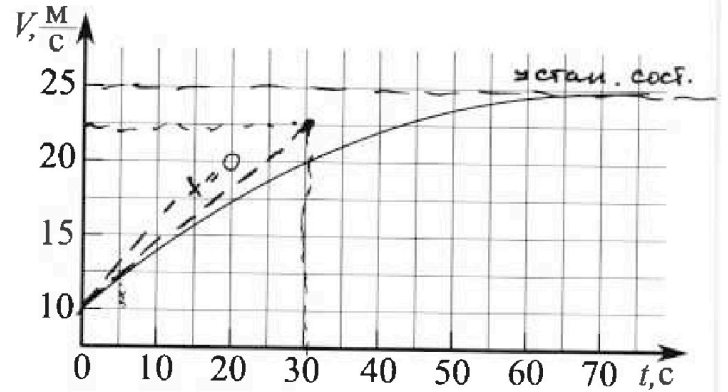
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

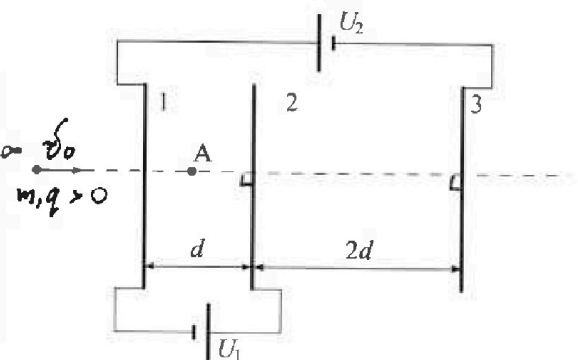
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $\Delta v$  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/(м<sup>3</sup>·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

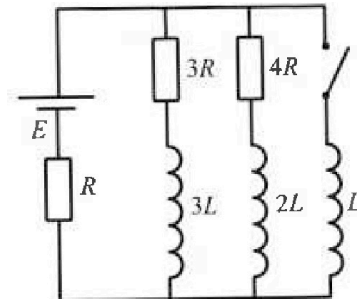
Вариант 11-03

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

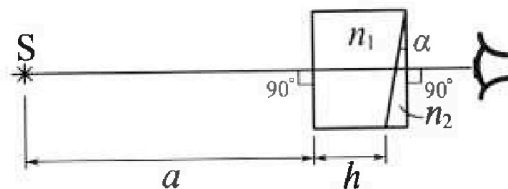
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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
<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!

№1

Дано

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

1)  $a_0 = ?$

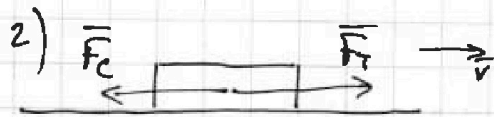
2)  $F_0 = ?$

3)  $P_0 = ?$

Решение

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

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



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

$$23 \text{ Н} : \bar{F}_T + \bar{F}_c = m\bar{a}$$

$$F_T - kv = ma$$

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

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

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)  $990 \text{ Н}$

3)  $9900 \text{ Вт}$



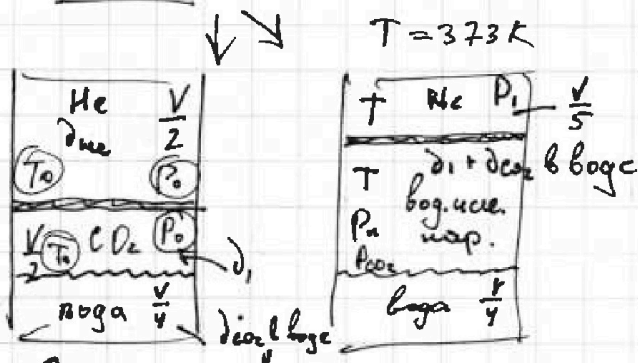
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

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 ( $T_0$  окр.,  $P_0 = \frac{1}{2}$  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 нар вод. явл. идеальн. газ. ( $T = 373K$ )  $\Rightarrow P_{нн} = P_{атм} = 2 \text{ атм}$

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

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

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

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

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

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;

$d, 2d$

$U_1 = U$

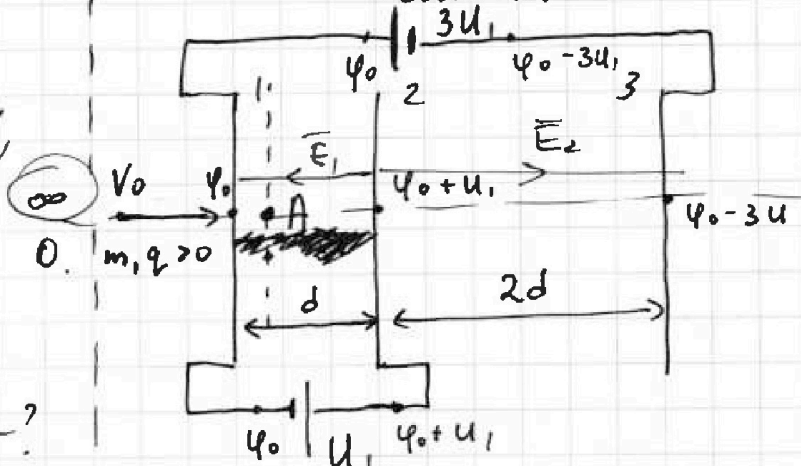
$U_2 = 3U$

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:

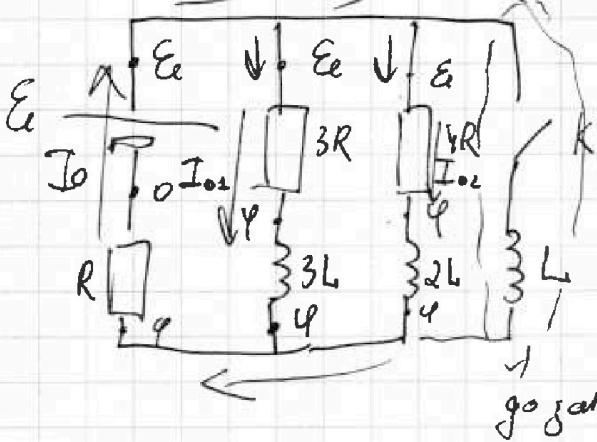
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1) (метод потенциалов)



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

Дано:

R  
L  
E

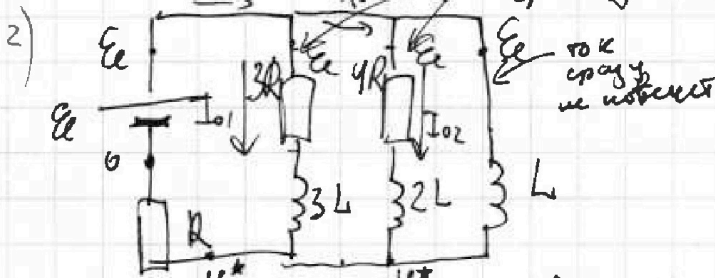
$I_{01} - ?$   
 $I'(0) - ?$   
 $q - ?$

до замык. 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 включается 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

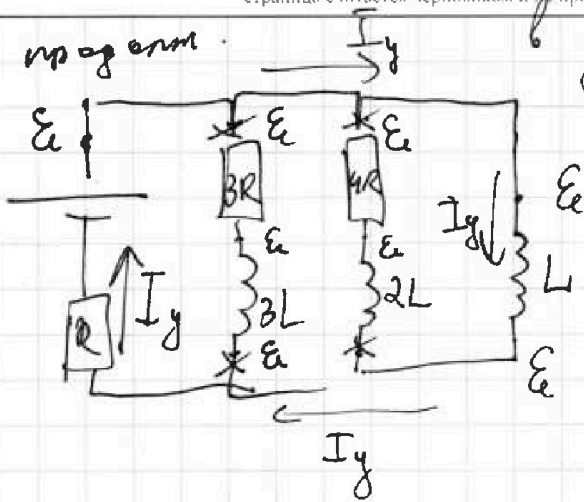
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

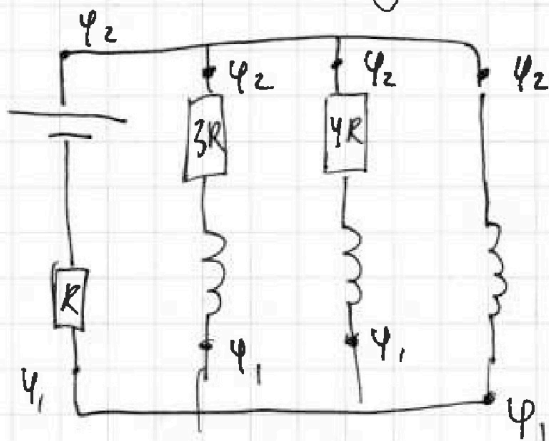
МОТИ

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  $\frac{E}{R}$  применяем! от  $\frac{E}{R} = 0$

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

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

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

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 ушла чертиска  $\Rightarrow$

$q = \frac{316E}{57R^2}$  (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

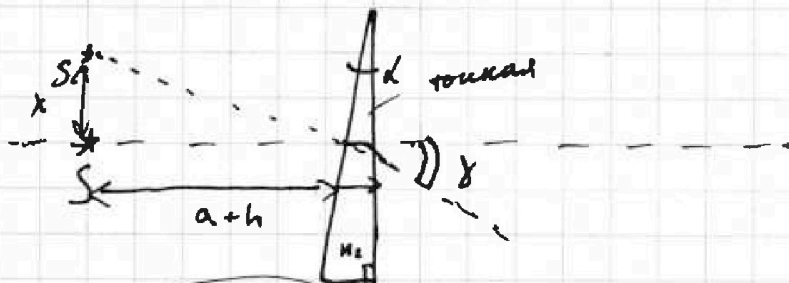
МФТИ

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



№5

1)



$$x = d(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$$

Ответ:

1) 0,07 рад

2) 7 см

3) 3 см

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

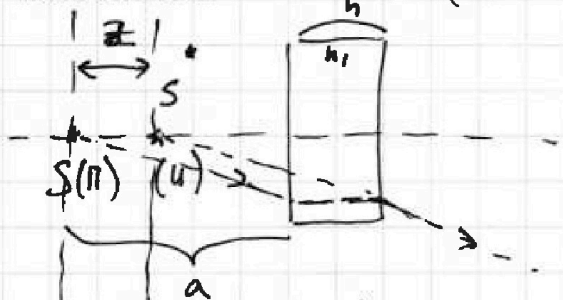
$$\text{tg } \delta = \frac{x}{a+h}$$

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

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

3) Разделим жизнь:

1) Сначала через (1)



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

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

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

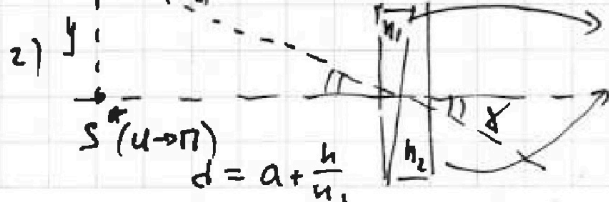
$$y \approx \delta \cdot a$$

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

$$y \approx 0,03 \text{ м}$$

$$z = 0,04 \text{ м}$$

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



поворот на  $\delta_1 = d(n_1 - 1)$

поворот на  $\delta_2 = d(n_2 - 1)$

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

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

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

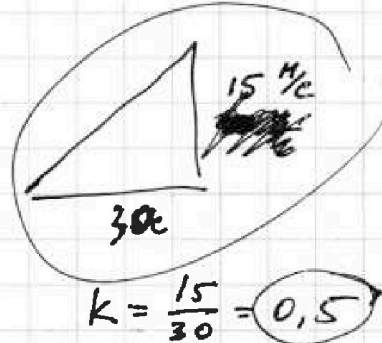
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$\sqrt{1}$

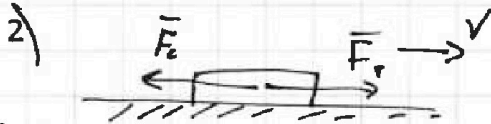
УФР позык

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

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



$$a = 0,5 \text{ м/с}^2$$



$$\text{По } OX: F_c = -k\bar{v}$$

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

$$F_c = kv$$

$$F_T - kv = ma$$

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

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

$$F_0 = kv_0 + ma_0$$

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

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

Ответ: 1)  $0,5 \text{ м/с}^2$

2)  $990 \text{ Н}$

3)  $9900 \text{ Вт}$

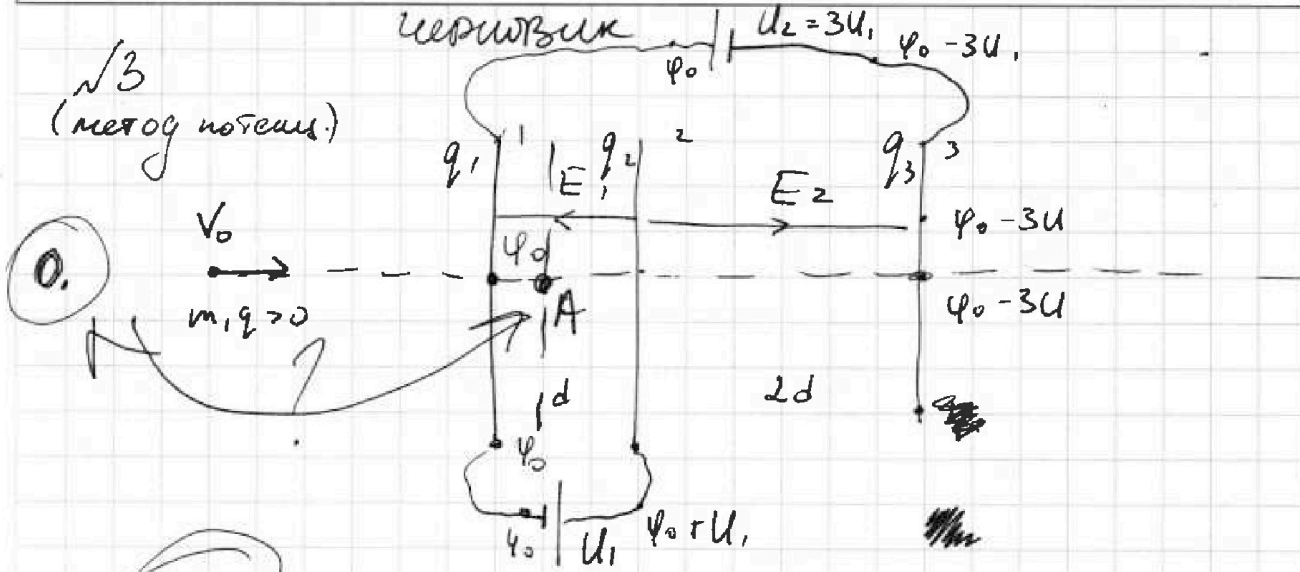
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

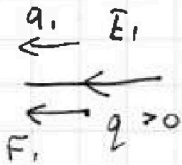
МОТИ



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

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

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



23H:  $F_1 = ma_1$

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

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

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

$K_1 - K_2 = U \cdot q$

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

~~$\varphi_0 = \dots$~~



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 mathematical work 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  $S$  and angle  $\gamma$ . A vertical line of length  $y$  is drawn from the top vertex to the hypotenuse. A horizontal line of length  $x$  is drawn from the top vertex to the vertical line. A small angle  $\delta$  is indicated at the top vertex between the hypotenuse and the vertical line. Labels include  $g$ ,  $S$ ,  $\delta_1 = \delta(n_1 - 1)$ ,  $\delta_2 = \delta(n_2 - 1)$ , and  $\delta = \delta(n_2 - n_1)$ .

Other handwritten notes include  $S_{\text{сч}}$ ,  $z$ ,  $y$ ,  $x$ ,  $h$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ , and  $h$ .

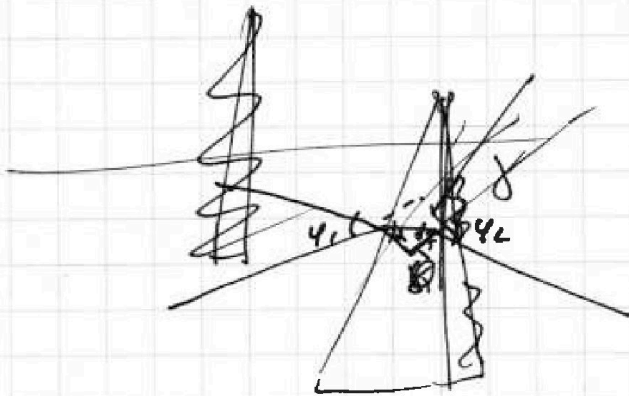
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$n = \frac{314 \cdot \epsilon}{57 R_2}$$

$$31 \frac{\epsilon}{R_1} = 3 R_2$$

$$R_2 = \frac{R_1}{3} + \frac{12 \sqrt{\epsilon}}{31}$$

$$\frac{L \epsilon}{R} = 3 R_2 - \frac{12 \sqrt{\epsilon}}{31}$$

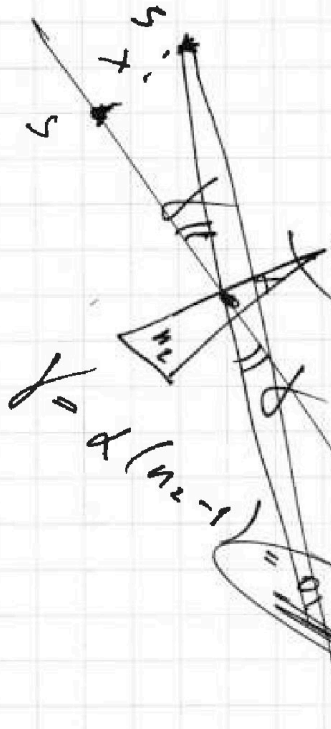
$$1 \cdot \sin \varphi_1 = n \sin \alpha_1$$

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

$$\delta = \varphi_1 - \alpha_1 + \varphi_2 - \alpha_2 = \varphi_1 + \varphi_2 - (\alpha_1 + \alpha_2) = (n-1)(\alpha_1 + \alpha_2)$$

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

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



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

$$\tan \delta \approx \delta, \quad x \approx \delta(a+h) = \alpha(n-1)(a+h)$$

2 шаг

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

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

