

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

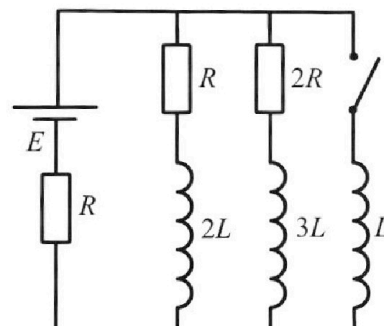
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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  $n_b = 1,0$ . 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.

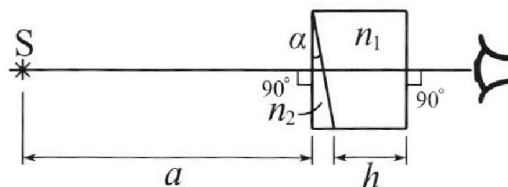


рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , 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.



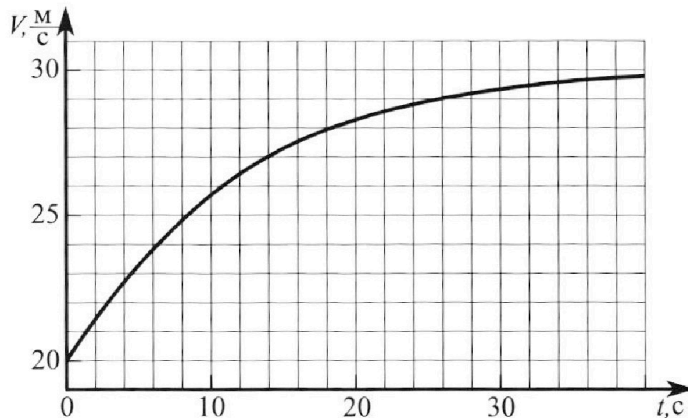
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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%.

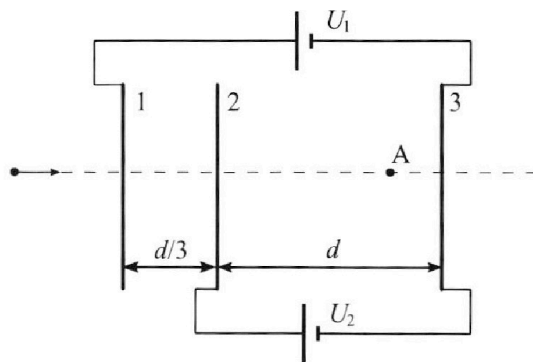
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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  $\nu$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta\nu = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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 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.

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:  $m = 300 \text{ г}$ ;  $F_k = 405 \text{ Н}$ ;  $v(t)$   $v_1 = 27 \text{ м/с}$

1)  $a_1$  - ? (ускорение при  $v_1$ )

Из графика:  $v(26) = 29 \text{ м/с}$ ;  $v(33) \approx 29,5 \text{ м/с}$   
За промежуток  $[26; 33]$  график с порошкой  
точностью - прямая, поэтому  $a_1 = \frac{v(33) - v(26)}{33 - 26} \text{ м/с}^2$   
это угловой коэффициент касательной  
к точке  $(27; v(27))$ , который с хорошей  
точностью совпадает с угловым  
коэффициентом прямой.

$$a_1 \approx \frac{0,5}{7} \approx \frac{1}{14} \text{ м/с}^2$$

2)  $F_1$  - ? Пусть  $P$  - мощность выделяемая  
на 1<sup>е</sup> колесо:  $P = \frac{dA}{dt}$ , где  $dA$  - работа с  
времени  $t$  до  $t+dt$ ,  $dt \rightarrow 0$ .

$dA = P_{\text{сопр}} dt = A_{\text{сопр}} + dK$ ,  $dK$  - изменение ки-  
нетической энергии;  $A_{\text{сопр}}$  - работа  
или сопротивление

ЛКСТЛ

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!

$$A_{\text{comp}} = \int F \cdot dx; \Delta k = \frac{mv^2(t+dt)}{2} - \frac{mv^2(t)}{2} =$$
$$= \frac{m}{2} (v(t+dt) - v(t)) (v(t) + v(t+dt)) = \frac{m}{2} 2v(t)dv$$

$\Rightarrow P_0 = R \cdot dt$  — малое перемещение  $dx \rightarrow 0$

$$P_e = \frac{F \cdot dx}{dt} + \frac{mv dv}{dt} = Fv + mva, F — сила сопротивления  
вперед.$$

В конце скорости уменьшаются к  $v_k = 30 \text{ м/с}$ ,

$$\Rightarrow a = 0 \text{ м/с}^2 \Rightarrow P_0 = 30 \cdot 405 + 0 = 12150 \text{ Вт}$$

$$P_0 = v_1 F_1 + m v_1 a_1$$

$$F_1 = \frac{P_0 - m v_1 a_1}{v_1} = \frac{P_0}{v_1} - m a_1$$

$$F_1 = \frac{12150 + 300 \cdot 2}{27} - 300 \cdot \frac{1}{14} = \frac{4050}{9} - \frac{300}{14} = 450 - \frac{200}{14} =$$

$$= \frac{450 \cdot 14 - 200}{14} = \frac{6300}{14} = \frac{450 \cdot 14 - 200}{14} = \frac{5970}{14} = \frac{2985}{7} \text{ Н}$$

$$3) \eta = \frac{P_{\text{comp}}}{P_{\text{max}}} \quad ? \quad \eta = \frac{v_1 F_1}{\frac{1}{2} P_0}, \text{ м.к. } A_{\text{comp}} = F dx \Rightarrow$$

$$P_{\text{comp}} = Fv$$

ЛИСТ 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!

$$\eta = \frac{27 \cdot \frac{165}{7}}{12150} = \frac{27 \cdot 165}{7 \cdot 12150} = \frac{165}{7 \cdot 45}$$

$$\eta = \frac{27 \cdot 2985}{7 \cdot 12150} = \frac{2985}{7 \cdot 450} = \frac{597}{7 \cdot 90} = \frac{199}{210}$$

Ответ: 1)  $a_1 = \frac{1}{14} \text{ м/с}^2$ ; 2)  $F_I = \frac{2985}{7} \text{ Н}$ ;

3)  $\eta = \frac{199}{210}$ .

ЛИСТ 3

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!

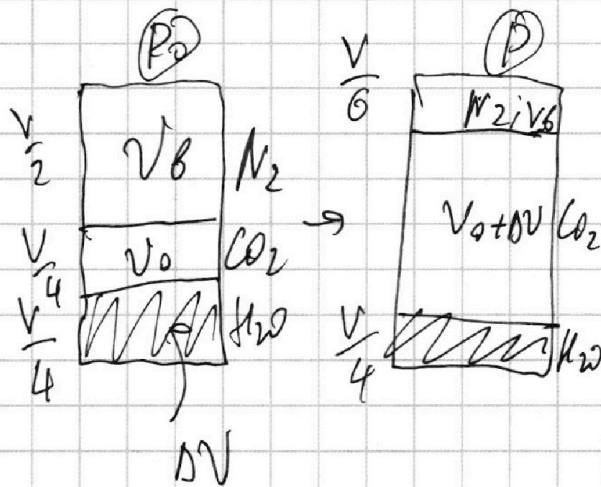


N2

Дано:  $T = \frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K}$

$k = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль / (м}^3 \cdot \text{Па)}$

$R T \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$



1) Пусть  $V_0$  - кол-во  $\text{CO}_2$

$\text{N}_2$  неразмешивается, а  $DV$  - размешивается

$V_0$  - кол-во  $\text{N}_2$ ;  $P_0$  - установившееся давление в начальном состоянии

Тогда  $\frac{V_0}{V_0} = ?$

По з-ну Клапейрона-Менделеева

$P_0 V_0 \in \left\{ \begin{array}{l} P_0 \frac{V}{4} = V_0 R T_0 \quad (\text{N}_2 \text{ занимает } \frac{V}{4}) \\ P_0 \frac{V}{2} = V_0 R T_0 \end{array} \right.$

$P_0 V = 4 V_0 R T_0 = 2 V_0 R T \Rightarrow 4 V_0 = 2 V_0 \Rightarrow \frac{V_0}{V_0} = 2$

2)  $p = ?$

Для конечного состояния:

ЛМСТ 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
<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!

По 3-му критерию Менделеева

$$\frac{V}{6} p = \nu_0 R T. \quad p = \frac{6 \nu_0 R T}{V} = \frac{6 \cdot 2 \nu_0 R \cdot \frac{4}{3} T_0}{V}$$
$$= \frac{16 \nu_0 R T_0}{V} \Rightarrow p = \frac{4}{3} p_0$$

$$p_0 = \frac{4 \nu_0 R T_0}{V} \Rightarrow p = \frac{4}{3} p_0$$

$p = p_{CO_2} + p_{H_2O}$  по 3-му закону Дальтона, т.к.  $H_2O$   
при  $373^\circ K$  испаряется до  $p_{H_2O}$ ,  $p_{CO_2}$  — какое  
кое давление  $CO_2$ :

$$p_{CO_2} \left( \frac{5V}{6} - \frac{V}{4} \right) = (\nu_0 + \delta \nu) R T, \text{ т.к. при } T$$

$CO_2$  не растворяется.

По 3-му закону Генри  $\delta \nu = k p_0 \frac{V}{4}$

$$p_{CO_2} \cdot \frac{7V}{12} = R T \left( \nu_0 + k p_0 \frac{V}{4} \right)$$

$$p_{CO_2} \cdot \frac{7V}{12} = \frac{4}{3} R T_0 \nu_0 + \frac{k p_0 V}{4} R T$$

$$R T_0 \nu_0 = p_0 \frac{V}{4} \Rightarrow \frac{7}{12} p_{CO_2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{p_0}{4} + \frac{k p_0 R T}{4}$$

ЛИСТ 5

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!

$$\frac{7}{12} p_{\text{coz}} = \frac{p_0}{3} + \frac{k p_0 R T}{4} \quad \left| \begin{array}{l} p_{\text{coz}} = p - p_{\text{atm}} \\ p_0 = p/4 \end{array} \right.$$

~~$$\frac{7}{12} p - \frac{7}{12} p_{\text{atm}} = \frac{p}{12} + \frac{k p R T}{4}$$~~

~~$$\frac{7}{12} p - \frac{7}{12} p_{\text{atm}} = \frac{p}{6} + \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 p}{4}$$~~

~~$$\frac{5}{12} p = \frac{7}{12} p_{\text{atm}} + \frac{18}{40} p$$~~

~~$$\frac{5}{12} p = \frac{7}{12} p_{\text{atm}} + \frac{9}{20} p \quad | \cdot 60$$~~

~~$$25 p = 35 p_{\text{atm}} + 27 p$$~~

~~$$\frac{7}{12} p - \frac{7}{12} p_{\text{atm}} = \frac{p}{12} + \frac{k p R T}{16}$$~~

~~$$\frac{p}{2} = \frac{7}{12} p_{\text{atm}} + \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 p}{16}$$~~

~~$$p = \frac{7}{6} p_{\text{atm}} + \frac{18}{80} p; \quad \frac{62}{80} p = \frac{7}{6} p_{\text{atm}}$$~~

~~$$p = \frac{80 \cdot 7}{6 \cdot 62} p_{\text{atm}} = \frac{140}{93} p_{\text{atm}}$$~~

~~$$\text{Ответ: } \frac{v_6}{v_0} = 2; \quad p = \frac{140}{93} p_{\text{atm}}$$~~

ЛНСТ6



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

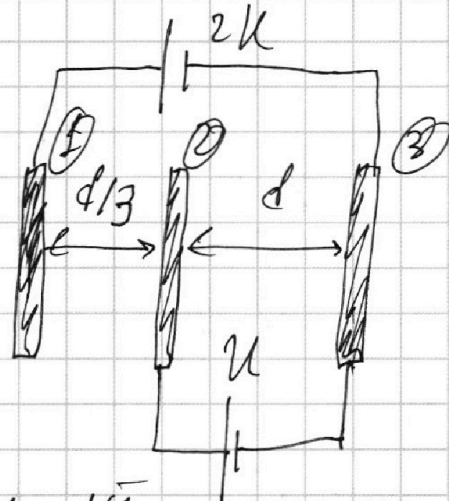
МФТИ

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



№3

Дано:  $d$ ;  $U_1 = 2U$ ;  $U_2 = U$ ,  
 $m, q > 0, \vec{v}_0$



1)  $a = ?$  (искать ускорение)

Пусть  $\varphi_1 = 0$  — потенциал  $1^{\text{ой}}$  сетки  
Тогда  $\varphi_3 = -2U$  (в положении равновесия),  
 $\varphi_2 = -U$  чтобы ток не тек (при обходе цепи по часовой стрелке потенциал  $\downarrow$  на  $2U$  и  $U$  наоборот)

$$|E_{23}| = \frac{|\varphi_3 - \varphi_2|}{d} = \frac{U}{d} \text{ по 2-ой 3-ей закону Котельникова}$$

$$ma = F_{\text{электрич}} = \frac{Uq}{d} \quad (F_{\text{эл}} = qE)$$

$$\Rightarrow a = \frac{Uq}{md}$$

2)  $K_3 - K_2 = ?$  Пусть  $\varphi_{\infty}$  — потенциал на  $\infty$  лист 7

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!

По ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} + q\varphi_\infty = K_2 + q\varphi_2$$

$$\frac{mv_3^2}{2} + q\varphi_\infty = K_3 + q\varphi_3$$

$$0 = K_3 - K_2 + q\varphi_3 - q\varphi_2$$

$$K_3 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_3) = q(-U - (-2U)) = qU$$

$$K_3 - K_2 = qU$$

3)  $v_A$  - ? (максимальная скорость)

от 2 до 3  $E = \text{const}$  (и направлена одинаково)  $\Rightarrow$  потенциал равномерно убывает от  $-U$  до  $-2U$

$$\varphi_A = -\frac{5U}{3} \text{ (т.к. составим } \frac{2}{3} \text{ от } (-2U) - U)$$

По ЗСЭ:  $\frac{mv_0^2}{2} + q\varphi_\infty = \frac{mv_A^2}{2} - \frac{5U}{3}q$

Кинет.

$$K_3 - K_2 = \frac{mv_3^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = K_p$$

ЛИСТ 8

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"/>

МФТИ

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

~~$U_2 > U_3 \Rightarrow$  на 23 тело разогнается с~~

~~$$a = \frac{Uq}{d \cdot m} \Rightarrow v_3 = v_2 + da = v_2 + \frac{Uq}{m} t$$~~

~~$$\begin{cases} v_3 = v_2 + \frac{Uq}{m} t \\ \frac{mv_3^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = Uq \end{cases}$$~~

Ответ: 1)  $a = \frac{Uq}{m \cdot d}$ ; 2)  $K_3 - K_2 = Uq$

ИСТГ

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

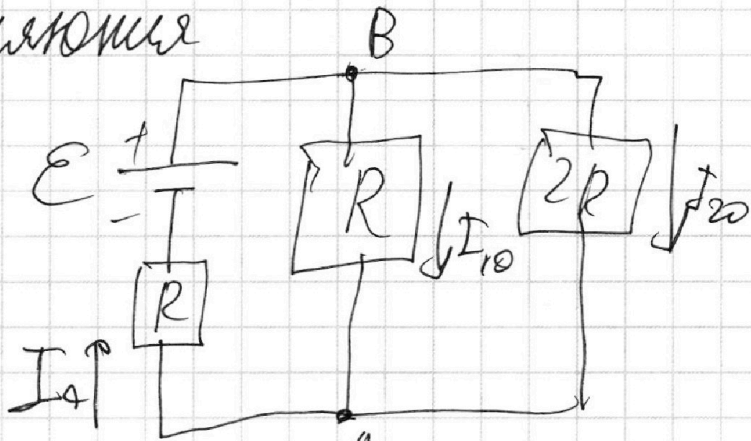
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:  $\mathcal{E}, R, L$   $N_4$

Найти: 1)  $I_{20}$  - ?

При разомкнутом ключе в уст. положении катушки не вносят измерений, т.к. ток не меняющийся

Обозначим ток  
через резистор  $R$ :  $I_{10}$ .



$$R_{\text{общ}} = R + R_{\text{параллельное}} = R + \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} = \frac{5}{3} R$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}}} = \frac{3\mathcal{E}}{5R}$$

$I_{10} + I_{20} = I_0$  и  $I_{10} R = I_{20} \cdot 2R$  т.к. напряжение между A и B - одинаково.

$$\Rightarrow \begin{cases} I_{10} = 2I_{20} \\ I_{10} + I_{20} = I_0 \end{cases} \Rightarrow I_{20} = \frac{I_0}{3}$$

$$I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

(ЛНСТ  $I_0$ )

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!

Плюс замыкания (сразу):

$$\mathcal{E} - I_0 R = L \dot{I}, \text{ где } \dot{I} - \text{изменяющаяся скорость изменения тока}$$

(т.к. напряжение между A и B одинаково и  $\mathcal{U}_L = L \dot{I}$ )

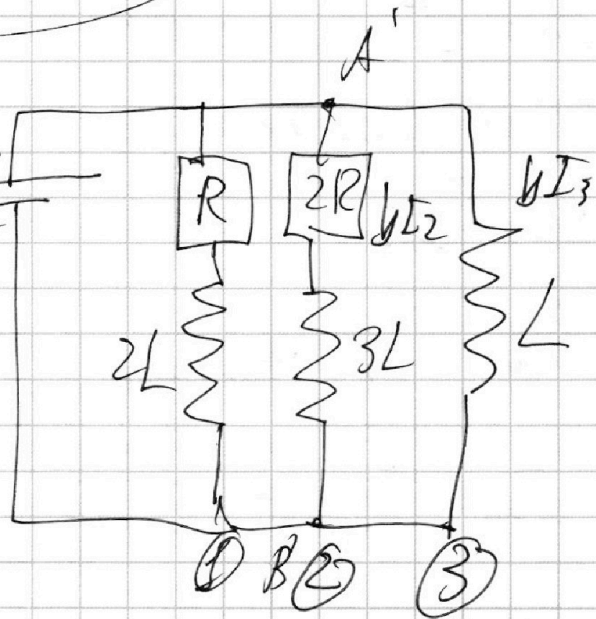
$$\Rightarrow \dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{L} - \frac{\mathcal{E}}{5L} = \frac{4\mathcal{E}}{5L}$$

3)  $\mathcal{P}_{2R} - ?$  (мощность)

$\mathcal{U}_2 = \mathcal{U}_3$  - напряжение между A' и B'

$$\Rightarrow 2R I_2 + 3L \dot{I}_2 = L \dot{I}_3$$

$I_2$  и  $I_3$  - токи в ветвях 2 и 3 от времени



Интегрируем:  $2R q_2 + 3L I_2 = L I_3 + \text{const}$

Начальные условия:  $q_2 = 0$  (с начала

операции замыкания заряд тока [Лист 11]

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!

не протек).  $I_2 = I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$ ;  $I_3 = 0$  - ток  
пока не мерит

$$\Rightarrow 0 + \frac{3L\mathcal{E}}{5R} = 0 + \text{const} \Rightarrow$$

$$\text{const} = -\frac{3L\mathcal{E}}{5R}$$

В конце: устранив ветви  $I_3$  ( $L_1 = 0$  и  
 $I_2 = 0$  т.к.  $R_3 = 0$  - провода без сопротивл.  
лемы)  $\Rightarrow I_2 = 0$ ;  $I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R}$  (R-обш.  
сопротивление новой пометки)

$$\Rightarrow 2Rq_2 + 0 = \frac{L\mathcal{E}}{R} - \frac{3L\mathcal{E}}{5R}$$

$$2Rq_2 = \frac{2L\mathcal{E}}{5R}$$

$$q_2 = \frac{L\mathcal{E}}{5R^2}$$

Ответ: 1)  $I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$ ; 2)  $\dot{I} = \frac{4\mathcal{E}}{5L}$

$$3) q_2 = \frac{L\mathcal{E}}{5R^2}$$

ПРАКТИК

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

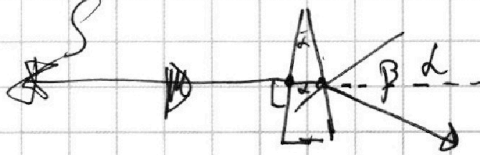
МФТИ

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



№5

Дано:  $h = 9 \text{ см}$ ;  $a = 200 \text{ см}$   
 $n_0 = 1,0$        $d = 0,05$



1)  $n_1 = n_0 = 1,0$ ;  $n_2 = 1,6 \Rightarrow$  призма с  $n_1$  кетт  
(можно считать что её нет)

Тогда incident ray падает под  
углом  $d$  и выходит под углом  $\beta$   
к  $\perp$ .

Тогда  $\delta = \beta - d$  - отклонение

По з-ну Снеллиуса  $n_1 \sin d = n_2 \sin \beta$

$d \ll 1 \Rightarrow \beta \ll 1 \Rightarrow \sin d \approx d$ ;  $\sin \beta \approx \beta$

$$1,6d = \beta \Rightarrow \delta = 1,6d - d = 0,6d = \frac{3}{5}d$$

$$\delta = \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{20} = 0,03$$

2)  $l$  - искомое расстояние;  $l$  - ?

Рассмотрим луч, выходящий под  
углом  $d$  от  $S$ .

Преломится в точке  $L$ : ПУСТ 13

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!



$$\sin \alpha - 1,0 = \sin \beta_0 \cdot 1,6$$

$$\alpha = 1,6 \beta_0$$

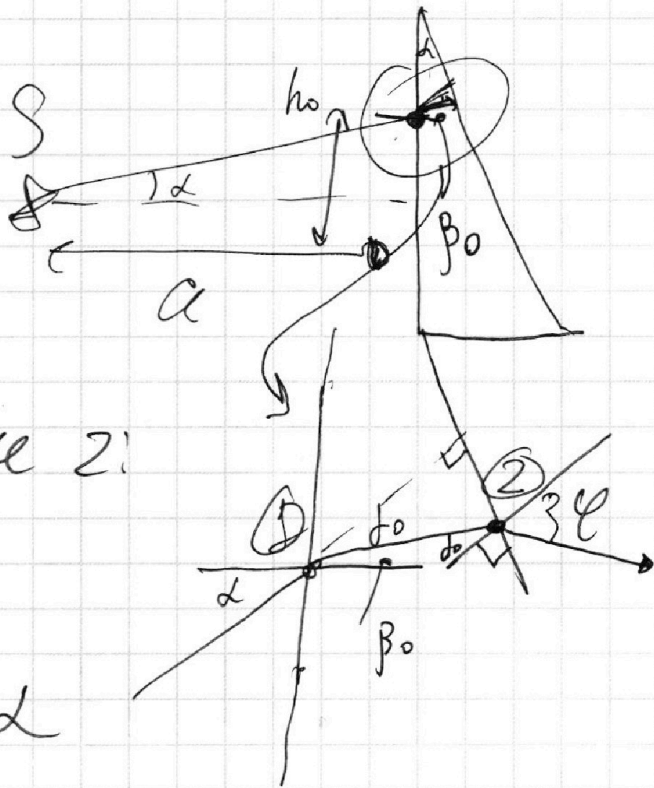
$$\beta_0 = \frac{5}{8} \alpha$$

$$h_0 = \alpha - \beta_0 = \frac{3}{8} \alpha$$

Преломление в точке 2:

$$\frac{3}{8} \alpha - 1,6 = 1,0 \cdot \varphi$$

$$\varphi = \frac{3}{8} \alpha - \frac{8}{5} = \frac{3}{5} \alpha$$



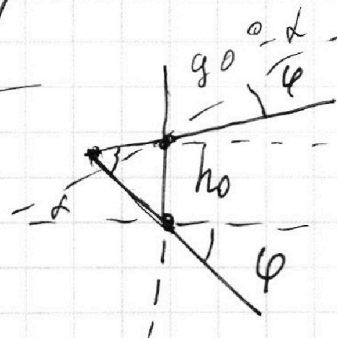
$$h_0 = a \cdot \sin \alpha = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ м} - \text{высота}$$

до точки  
второго луча

луч меняет своё направление

$$\text{на угол } \varphi = \frac{3}{5} \alpha = \varphi$$

$$90^\circ - \alpha + \varphi = 90^\circ - \frac{2}{5} \alpha$$



Тогда изображение  
точке S' формируется  
в D со стороны h\_0 и

ЛИСТ 14



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

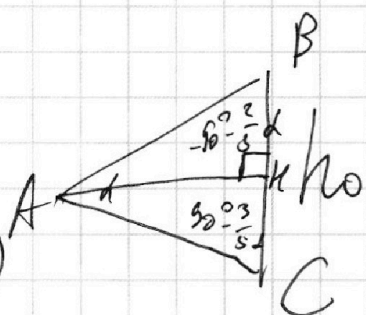
МФТИ

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

умалим  $90^\circ - \frac{2}{5}d$ ;  $90^\circ - \varphi = 90^\circ - \frac{3}{5}d$ ;  $d$ .

М-на синусов

$$\frac{10 \text{ см}}{\sin d} = \frac{AC}{\cos\left(\frac{2}{5}d\right)} = \sin\left(90^\circ - \frac{2}{5}d\right)$$



$$AC = \frac{10}{0,05} \cdot \cos\left(\frac{2}{5}d\right) = 200 \cos \frac{2}{5}d$$

AK-высота BCK:  $\sin\left(90^\circ - \frac{3}{5}d\right) = \frac{AK}{AC}$

$$AK = \cos \frac{3}{5}d \cdot 200 \cos \frac{2}{5}d$$

$$\cos \frac{3}{5}d \approx 1 \text{ так как } d \text{ - малый.}$$

$$AK \approx 0; \quad \cos\left(90^\circ - \frac{3}{5}d\right) \approx \frac{3}{5}d = \frac{AK}{AC}$$

$$AK = \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{20} \cdot 200 \cos \frac{2}{5}d = 6 \cos \frac{2}{5}d$$

Рассчитаем:  $\sqrt{200^2 + 6^2 \cos^2 \frac{2}{5}d}$  см

Ответ: 1) 0,03; 2)  $\left(\sqrt{200^2 + 6^2 \cos^2\left(\frac{2}{5} \cdot 0,05\right)}\right)$  см.

Лист 15

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!



$\text{N}_2$   $T_0$   $\text{CO}_2$   $P_0$   $P$   $P_{\text{атм}}$   $\text{H}_2\text{O}$   $\text{H}_2\text{O}$   $\text{H}_2\text{O}$

$\frac{V}{2}$   $\nu_0$   $\frac{V}{2}$   $\Delta V$   $\nu_0 = 2\nu_0$   $\frac{5V}{6}$   $\frac{V}{6}$

$28^2/\text{моль}$   $\text{CO}_2 = 32 + 16$   $\frac{10V}{12} - \frac{3V}{12}$

$\nu_0 R T_0 = p_0 \cdot \frac{V}{4}$   
 $\nu_0 R T_0 = p_0 \frac{V}{2}$

$\nu_0 R T = p \frac{V}{6}$

$\frac{7}{2}$

$(\nu_0 + \Delta V) R T = \frac{7V}{12} p_{\text{CO}_2} = \frac{7V}{12} p - \frac{7V}{12} p_{\text{атм}}$

$p = p_{\text{CO}_2} + p_{\text{атм}}$

$(\nu_0 + \Delta V) R T = \frac{7}{2} \nu_0 R T - \frac{7V}{12} p_{\text{атм}}$

$\frac{7V}{12} p V = \frac{7}{12} p_{\text{атм}} V + R T (\nu_0 + k \frac{V}{4} p_0)$

$\frac{7}{12} p V = \frac{7}{12} p_{\text{атм}} V + p_0 \frac{V}{4} + \frac{V}{4} p_0 k \cdot R T$

$\frac{7}{12} p = \frac{7}{12} p_{\text{атм}} + \frac{p_0}{4} + \frac{p_0 k R T}{4}$

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!



Черновик

$$\begin{cases} 2V_6 RT_0 = p_0 \frac{V}{4} \\ V_6 RT = p \frac{V}{6} \end{cases}$$

$$p_0 \frac{V}{8} = p \frac{V}{4}$$

$$\begin{cases} V_6 RT_0 = \frac{p_0 V}{4} \\ V_0 RT_0 = \frac{pV}{4} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2V_6 RT_0 = p_0 \frac{V}{4} \\ \frac{4}{3} V_6 RT_0 = \frac{pV}{6} \end{cases}$$

$$\frac{p_0 V}{8} = \frac{pV \cdot 3}{8 \cdot 4} \quad p_0 = p$$

$$V_8 = 2V_0$$

$$\frac{4 \cdot 2V_6 RT_0}{V} \quad \frac{6 \cdot V_6 \cdot R \cdot 4}{3V}$$

$$\frac{47}{240} P$$

$$\frac{7}{12} P = \frac{7}{12} P_{atm} + \frac{P}{4} + \frac{P}{4} k R$$

$$\frac{47}{240} P = P$$

$$\frac{80 \cdot 7}{6 \cdot 62} = \frac{40 \cdot 7}{3 \cdot 62} = \frac{20 \cdot 7}{3 \cdot 31} = \frac{140}{93}$$

$$V_6 R \cdot \frac{4}{3} T_0 = p \frac{V}{6}$$

$$V_0 RT_0 = \frac{p_0 V}{6} \quad P_{atm} = \frac{193}{240} P$$

$$\frac{2}{3} \cdot \frac{p_0 V}{2} = \frac{pV}{6} \quad p = \frac{2}{3} p_0$$

$$P = 4P_0 \quad 193$$

$$V_{CO_2} = \frac{4}{3} R T_0 V_0 + R T \cdot k p_0 \frac{V}{4}$$

$$\frac{18}{160} = \frac{9}{80} + \frac{1}{12}$$

$$P_{CO_2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{p_0}{4} + \frac{R T k p_0}{9} = \frac{P}{12} + \frac{P}{16} \cdot 1,8 = \frac{27}{240} + \frac{20}{240}$$

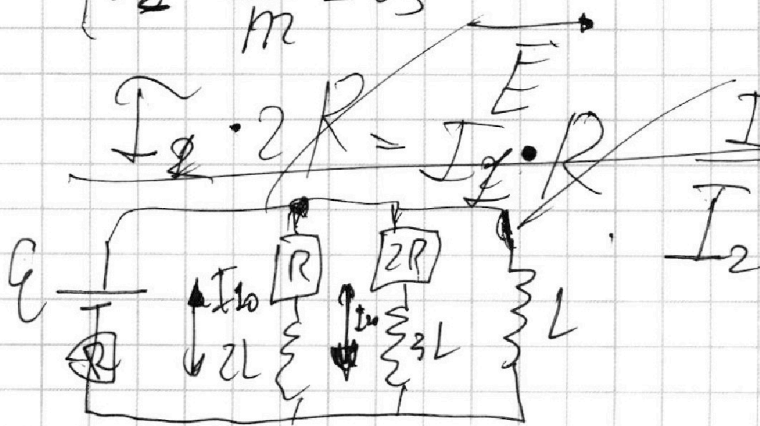
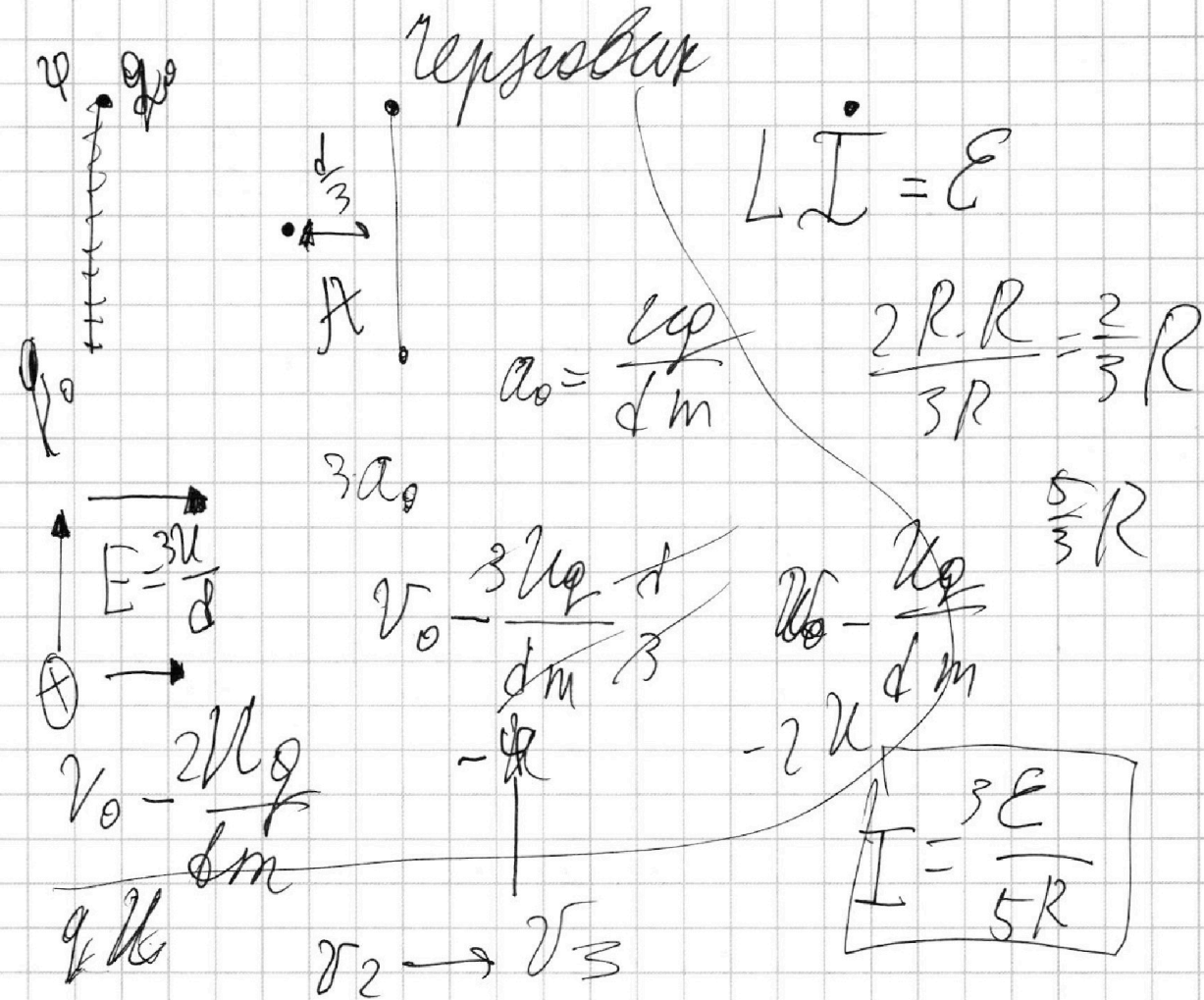
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!



# Зерновка

$P = \text{const}$

$P = v F_{\text{comp}}$

$P = \frac{A}{dt}$

$A = A_{\text{comp}} + \frac{m(v+dv)^2 - v^2}{2}$

$P = \frac{A(t)}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot F(t) = v F(t)$

$\frac{m}{2} (v^2 + 2v dv + dv^2 - v^2) = m v dv$

$A = \int F(t) dx + m v dv$

$P = F(t)v(t) + m v(t)a(t)$

$P = v(t)(F(t) + ma(t)) = \text{const}$

$a = 0: P = v_k \cdot 405 \text{ H}$

$v(F + m \frac{dv}{dt}) = \text{const } P_0$       $v(F + ma) = P_0$

$F + \frac{m dv}{v dt} = \frac{P_0}{v}$       $v F dt + m dv = P_0 dt$

$m dv = (P_0 - v F) dt$

$\int m dv = \int P_0 dt - \int F v dt$

$m v = P_0 t - \int F v dt$

2985  $\frac{5}{1597}$   
48     597  $\frac{3}{1199}$   
35     29  
28

$P_0 = F(t)v(t) + m v(t)a(t)$

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!



Черновик

$$P_0 = F \cdot v(t) + m \cdot v(t) \cdot a(t)$$

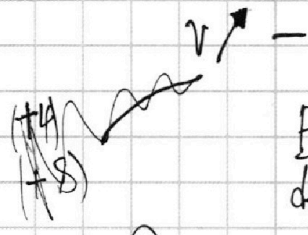
$$a=0: P_0 = 405 \text{ Н} \cdot v_k$$

$$v(0) = 20$$

$$v(14) = 27$$

$$v(18) = 28,75$$

$$v(20) = 28,9$$



$$\frac{F}{dt}$$

$$\frac{m}{2} (v^2 + 2v dv) =$$

$$m v dv = m a dx$$

$$P = F \cdot a + F \cdot v + m \cdot a^2 + m \cdot v \cdot a$$

$$F \cdot (F - m a) = v (F - m a)$$

$$F \cdot F = m v a$$

$$v(26) = 29,4 \text{ м/с}$$

$$v(34) = 29,84 \text{ м/с}$$

$$F_k v_k = F_1 v_1 + m v_1 a_1$$

$$\frac{0,5}{8} = \frac{1}{16} \text{ м/с}^2$$

$$\frac{29,8}{27} \approx 1,1 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{29,8 - 28,75}{8} = \frac{1}{8} \text{ м/с}^2$$

$$\frac{1}{16} \approx \frac{1}{160}$$

$$\begin{matrix} 0,5 \\ 0,25 \\ 0,125 \\ 0,0625 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 18 \\ 45 \end{matrix}$$

$$\begin{array}{r} 405 \\ 3 \\ \hline 1215 \\ 405 \\ -36 \\ \hline 45 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2 \\ 45 \\ 14 \\ \hline 180 \\ 45 \\ \hline 630 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6300 \\ 330 \\ \hline 5970 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5970 \\ 2985 \\ \hline 19 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ 17 \\ \hline 10 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

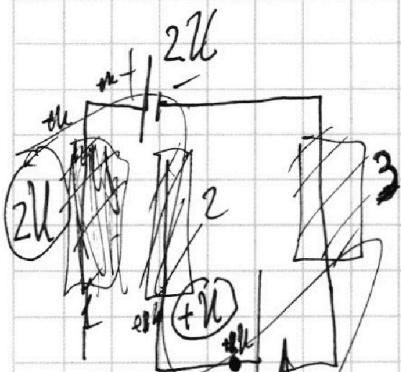
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



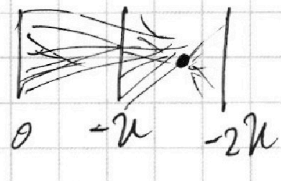
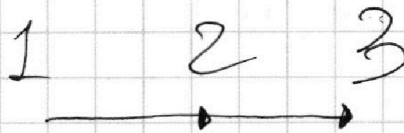
Термовик



$$\varphi_1 = 0$$

$\varphi_A$

$\varphi$



$$\varphi_3 = -2U$$

$$K_3 - K_2 - 2Uq + K_1 q$$

$Uq$

$$E_{23} = \frac{U}{d}$$

$0 = \dots + E$   
 $\vec{F} = q\vec{E}$

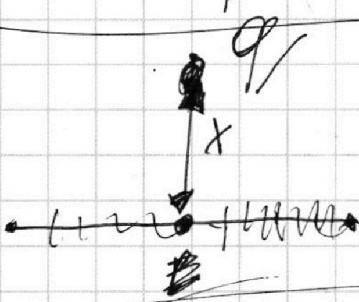
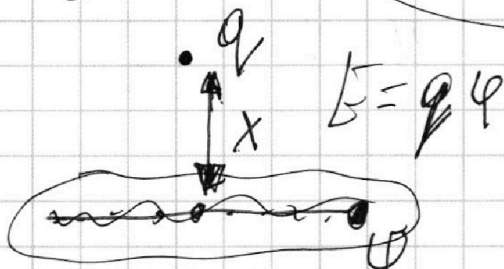
$$\frac{U}{d} q = ma$$

$$a = \frac{Uq}{dm}$$

$\eta =$

$$\frac{mv_0^2}{2} = K_3$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + \varphi q = K_3 + \frac{-2Uq}{x}$$



$$\frac{Kq q_0}{x}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + \varphi q = K_2 + \frac{-Kq}{x}$$

$K_3 - K_2 =$       $K_3 - K_2 =$



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!

*Черновик*

$$P = 4P_0$$

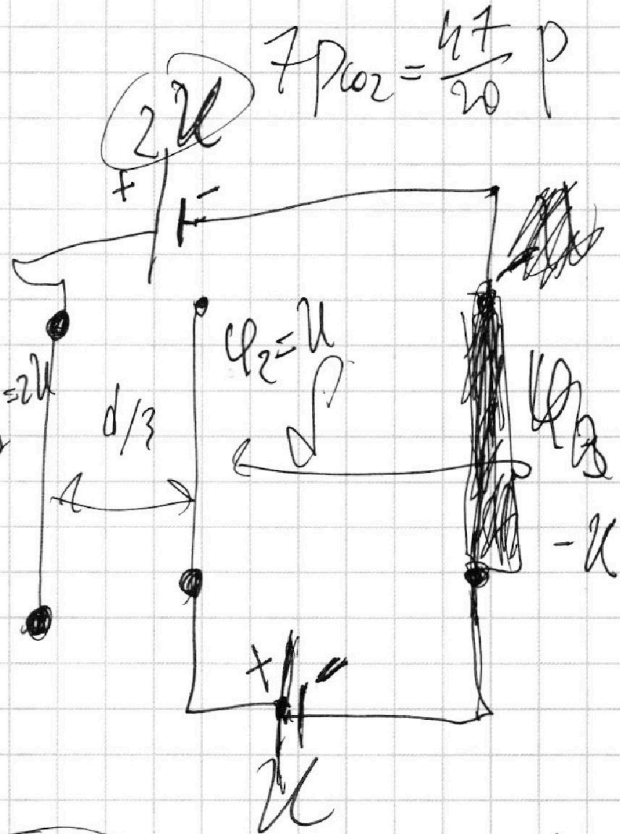
$$P = P_{акт} + P_{\omega 2}$$

$$\frac{7}{12} P_{\omega 2} = \frac{47}{240} P$$

$$P_{\omega 2} = \frac{47}{140} P$$

$$\frac{93}{140} P = P_{акт}$$

$$(2k; k; -k)$$

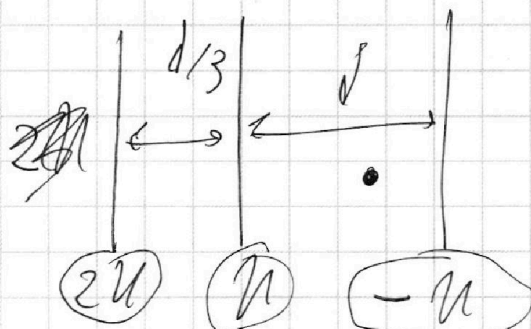
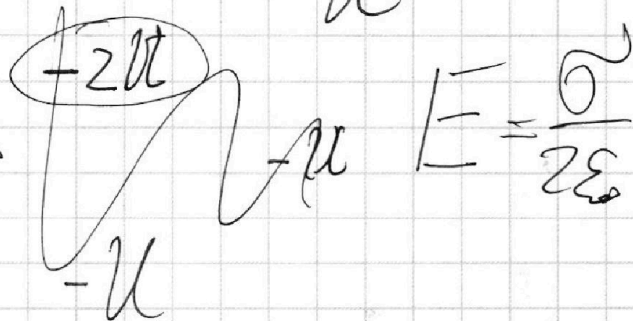
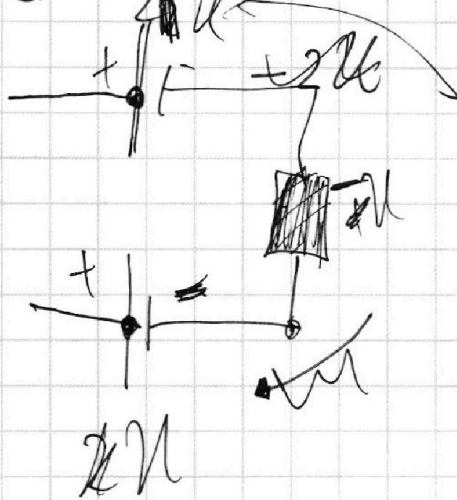


$$7P_{\omega 2} = \frac{47}{20} P$$

$$I_1 = 2k$$

$$I_2 = k$$

$$I_3 = -k$$





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!



*Чертовик*

$\frac{15}{64} \cdot \frac{1}{20} = \frac{15}{1280}$

$d = 1,6x$   
 $x = \frac{5}{8}d$

$\beta = \frac{15}{64}d$

$\beta_0 = \beta_0 \cdot 116 \text{ н}$

$\beta_0 = \frac{10 \beta_0}{10} = \beta$

$d - \frac{\beta}{5} = v_0$

$\beta_0 = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$

$d_0 = \beta_0 - \beta_0 = \frac{3}{8} \beta_0$

$\frac{3}{8} \beta_0 \cdot \frac{8}{5} = v_0$   
 $v_0 = \frac{3}{5} \beta_0$

$\frac{3}{8} \cdot \frac{1}{20} = \frac{3}{160}$

$1,6d = \beta$

$\frac{5}{8}d$

$1,6d$

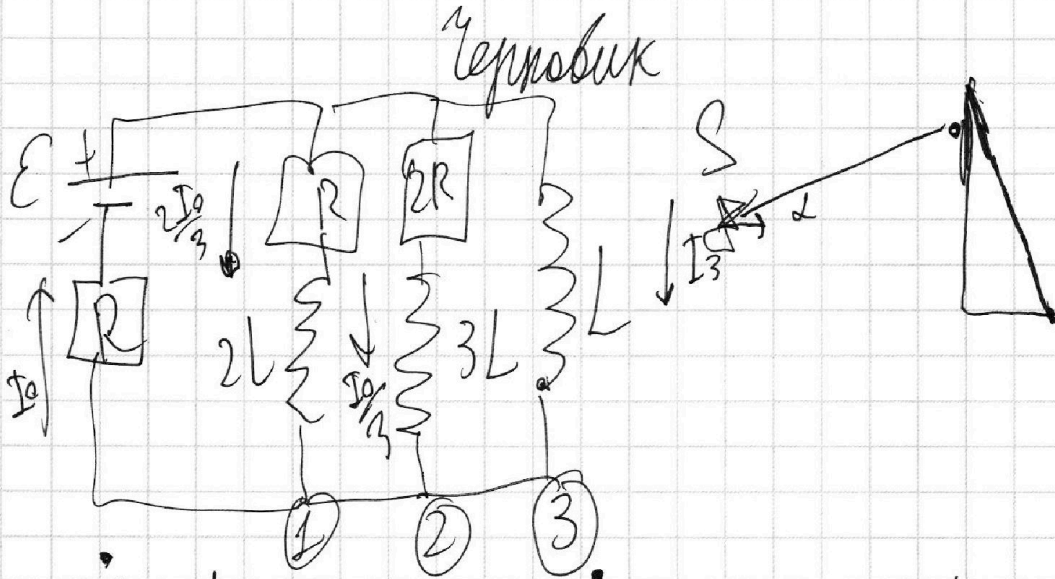
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$I_3 \cdot L = 2RI_2 + 3LI_2$$

$$\text{const} = -3LI_0$$

$$I_3 L = 2R I_2 + 3L I_2 + \text{const}$$

$$U = IR$$

$$0 = 0 + 3LI_0$$

$\epsilon$

$$B = \frac{A \cdot ?}{c}$$

$$\frac{B \cdot c \cdot B}{A \cdot \text{mm} \cdot \text{mm}} = c \cdot \frac{B \cdot c}{A}$$

